



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

TELMA MACHADO DE OLIVEIRA PELUZIO

**IMAGENS AEROFOTOGRAMÉTRICAS E ORBITAIS NA DETERMINAÇÃO
DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE**

**JERÔNIMO MONTEIRO - ES
SETEMBRO – 2010**

IMAGENS AEROFOTOGRAMÉTRICAS E ORBITAIS NA DETERMINAÇÃO DO
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE

TELMA MACHADO DE OLIVEIRA PELUZIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração Sensoriamento Remoto e Manejo de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler.

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
SETEMBRO – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P393i Peluzio, Telma Machado de Oliveira, 1966-
Imagens aerofotogramétricas e orbitais na determinação do uso ecupação da terra e de áreas de preservação permanente / Telma Machado de Oliveira Peluzio. – 2010.
82 f. : il.

Orientador: Alexandre Rosa dos Santos.

Co-orientador: Nilton César Fiedler.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Preservação ambiental. 2. Fotointerpretação. 3. Sistemas de informações geográficas. 4. Sensoriamento remoto. 5. Sustentabilidade. 6. Legislação ambiental. I. Santos, Alexandre Rosa dos. II. Fiedler, Nilton César. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU:630

**IMAGENS AEROFOTOGRAMÉTRICAS E ORBITAIS NA
DETERMINAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E DE
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS)**

Telma Machado de Oliveira Peluzio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 17 de Setembro de 2010.



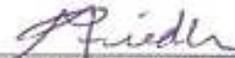
Prof. Dr. João Batista Pavesi Simão
UFES - Campus de Alegre



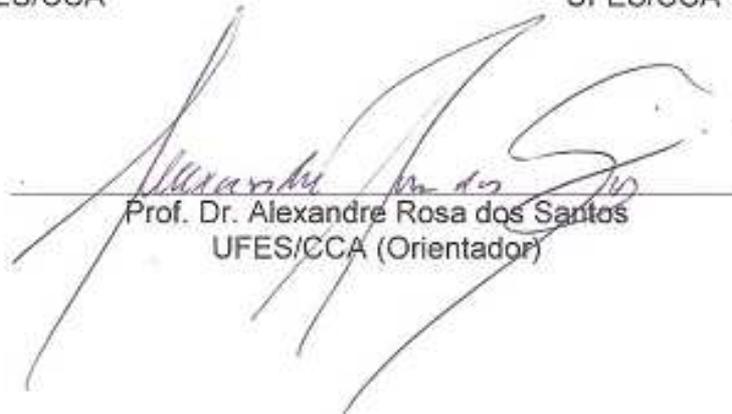
Profª. Dra. Maristela de Oliveira Bauer
UFES/CCA



Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
UFES/CCA



Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler
UFES/CCA



Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos
UFES/CCA (Orientador)

Ao meu esposo João Batista,
Meus filhos Lucas e Rafael.
Pelo amor, compreensão e apoio sempre.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pai e criador, pois sem ele nada seria possível.

À minha família, meu marido João Batista, meus filhos Lucas e Rafael que acompanharam diretamente essa longa caminhada, sempre se mostrando, amorosos, compreensivos, pacientes e me deram força me incentivando, para que eu não desanimasse.

Aos meus pais, Sidney e Maria d'Aparecida (*in memorian*) que sempre foram meu exemplo de vida. A Mauly pelo carinho, compreensão, ensinamentos e por acreditar no meu potencial. A Ruth, pelo auxílio e apoio. Aos meus irmãos (ãs), Rosânia, Wandemberg, Sidinéia, Neyton, Márcio e Lucas (*in memorian*), cunhados (as), e sobrinhos por fazerem parte de minha vida e o apoio incondicional.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias (CCA)-Alegre, ao programa de Pós-graduação em Ciências Florestais.

Ao amigo e professor Alexandre Rosa dos Santos, pelo acolhimento, confiança, paciência, dedicação, incentivo e orientação recebida durante o mestrado. Professor Nilton Cesar Fiedler, pelos ensinamentos, apoio, incentivo e atenção. A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal e do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais; em especial: Marcos Vinícius, Maristela Bauer, José Franklim Chichorro e Clóvis Hegedus pelos ensinamentos, atenção e cordialidade. Aos membros da banca examinadora, os professores Giovanni e Maristela e ao amigo João Batista Pavesi do IFES - *Campus* de Alegre.

A Gleissy pela paciência, apoio, acolhida e por abrir sua casa incondicionalmente. Aos amigos, pelo apoio e auxílio em todos os momentos.

À Fibria Celulose S.A., pela concessão da bolsa de estudos, o que possibilitou a realização desta pesquisa. Ao IEMA e Prefeitura Municipal de Alegre por cederem às imagens utilizadas neste estudo.

Aos colegas Nathália, George, Kmillia e Tiago, que me auxiliaram no trabalho de campo. E a todos que contribuíram de alguma forma para que este projeto fosse concretizado.

Muito obrigada! Consegui!

A humildade é a única base sólida de todas as virtudes.

Confúcio

BIOGRAFIA

TELMA MACHADO DE OLIVEIRA PELUZIO, filha de Sideney Machado Dias e Maria d'Aparecida de Oliveira Dias, nasceu em Vargem Alegre, Minas Gerais, no dia 25 de dezembro de 1966.

Formou-se professora "Escola Nossa Senhora das Graças", em 1984.

Em 1985, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, graduando-se Bacharelado e Licenciatura Plena em Educação Física em janeiro de 1989.

Em 2003, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre-ES, graduando-se em Engenharia Florestal em fevereiro de 2009.

Sua trajetória profissional iniciou no magistério de 1º e 2º graus na rede particular de Ensino e Estadual de Minas Gerais, no ano de 1989 até o ano de 1996. Apartir do ano de 1997 ingressou na rede privada de Ensino do Espírito Santo. Nos anos de 2005- 2009, atuou como professora no Ensino Superior, nos cursos de Pedagogia e Técnico em Segurança do Trabalho na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Alegre (FAFIA)

No biênio 1990-1991, realizou pós-graduação *Lato Sensu* na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Caratinga (FAFIA), no curso de Metodologia do Ensino Superior.

Em março de 2009, iniciou o Curso de Mestrado em Ciências Florestais, na Universidade Federal do Espírito Santo, CCA-UFES, submetendo-se à defesa da dissertação em setembro de 2010.

RESUMO

PELUZIO, Telma Machado de Oliveira. **Imagens aerofotogramétricas e orbitais na determinação do uso e ocupação da terra e de Áreas de Preservação Permanente.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos. Coorientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler.

Com esta pesquisa avaliou-se o resultado de diferentes metodologias na determinação do uso e ocupação da terra e áreas de preservação permanente utilizando aerofotos digitais, com resolução espacial de 1m (cenário 01) e imagens de satélite, com resolução espacial de 0,5m (cenário 02), fotointerpretadas em tela, na escala cartográfica de 1:2.000, da bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES. Foram avaliadas as áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água, entorno de nascentes, terrenos com declividade igual ou superior a 45 graus e terço superior de topo de morros para os cenários 01 e 02. As áreas que deveriam ser destinadas as áreas de preservação permanentes no cenário 01 e 02 totalizam 5,97km² e 5,87km², respectivamente, diferindo apenas nas APPs em torno de nascentes (0,13km² e 0,10km²) e, APPs ao longo dos cursos d'água (1,87km² e 1,79km²), não havendo diferença para as APPs de declividade igual ou superior a 45 graus (0,04 km²) e APPs de terço superior de topo de morro (3,94km²). Utilizou-se os índices de desempenho global e índice Kappa para determinação do erro médio entre os cenários e teste t a 5% de probabilidade para avaliar o grau de significância no processo de fotointerpretação entre os cenários 01 e 02. Das 27 classes de uso da terra identificadas, a pastagem e fragmento florestal ocupam 45,54% e 24,26% no cenário 01 e, 33,50% e 19,54% no cenário 02, respectivamente. Do total de áreas de preservação permanentes determinadas no cenário 01, apenas 33,92% das APPs ocupam essa função, enquanto no cenário 02, esse percentual é de 35,92%. A diferença na fotointerpretação dos cenários em estudo deve-se às bandas vermelho, verde e azul (cenário 01) e vermelho, verde, azul e infravermelho próximo (cenário 02). Verifica-se uma variação positiva do desempenho global em 6,67% do cenário 01 em relação ao cenário 02, e variação positiva do índice Kappa em 2,09%, do cenário 02 em relação ao cenário 01, não apresentando significância pelo teste t no processo de fotointerpretação entre a aerofoto e a imagem de satélite.

Palavras-chave: Preservação ambiental, fotointerpretação, sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto, sustentabilidade.

ABSTRACT

PELUZIO, Telma Machado de Oliveira. **Images aerophotogrametric and orbital in determining the use and occupancy of land and Permanent Preservation Areas (PPAs)**. 2010. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Adviser: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos. Co-adviser: Prof. Dr. Nilton César Fiedler.

With this study we evaluated the result of different methodologies in determining the use and occupancy of land and permanent preservation areas using digital aerial photographs with spatial resolution of 1m (scenario 01) and satellite imagery with a spatial resolution of 0.5 m (scenario 02), photointerpreted screen, on a scale of 1:2000 mapping, watershed stream Horizonte, Alegre-ES. We evaluated the permanent preservation areas along watercourses, around springs, land with slopes greater than 45 degrees and upper third of the top of hills for scenarios 01 and 02. Areas that should be destined to permanent preservation areas in the scene 01 and 02 totaling 5.97 km² and 5.87 km², respectively, differing only in APPs around springs (0.13 km² 0.10 km²) and over the APPs watercourses (1.87 km² 1.79 km²), with no difference for APPs slope less than 45 degrees (0.04 km²) APP and the upper third of the hilltop (3.94 km²). We used the global performance indices and Kappa index for determining the average error between scenarios 01 and 02. Of the 27 classes of land use identified, grassland and forest fragmentation occupy 45.54% and 24.26% in stage 01, and 33.50% and 19.54% in stage 02, respectively. Of the total of permanent preservation areas in certain stage 01, only 33.92% of APPs occupy that role, while in scenario 02, that percentage is 35.92%. The difference in photo-interpretation of the scenarios under study is due to the bands red, green and blue (scenario 01) and red, green, blue and near infrared (scenario 02). There is a positive change in the overall performance of the scenario 01 6.67% compared to 2002 scenario, and positive change in the kappa index 2.09%, the scenario in 2002 compared to 2001 scenario, showing no significance by statistical analysis at 5% level by t test.

Keywords: Environmental Conservation, remote sensing, geographic information systems, remote sensing, and sustainability.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
MENSAGEM	vi
BIOGRAFIA	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
SUMÁRIO	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE QUADROS	xvi
LISTA DE ANEXOS	xvii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. HIPÓTESE.....	04
1.2. OBJETIVO GERAL.....	04
1.2.1. Objetivos Específicos.....	04
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
2.1. BACIA HIDROGRÁFICA	05
2.2. CICLO HIDROLÓGICO.....	06
2.3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE – APPs.....	06
2.4. USO DA TERRA.....	10
2.5. AEROFOTOGRAMENTRIA.....	12
2.6. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	12
2.7. SENSORIAMENTO REMOTO.....	14
2.8. DESEMPENHO GERAL E ÍNDICE KAPPA.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.1.1. Caracterização da Vegetação, Relevo, Clima e Solo.....	21
3.2. MATERIAIS.....	22
3.3. METODOLOGIA.....	23
3.3.1. Etapa 1: Mosaicagem Fotointerpretação das Classes de Uso Terra para os Cenários 01 e 02.....	23
3.3.1.1. Mosaicagem dos cenários 01 e 02.....	23
3.3.1.2. Fotointerpretação das classes amostrais de uso e ocupação da terra dos cenários 01 e 2.....	24
3.3.2. Etapa 2: Determinação das Áreas de Preservação Permanente no Entorno de Nascentes; ao Longo dos Cursos D'água, Declividade Igual ou Superior a 45 graus e de Linha de Cumeada e Terço Superior do Topo de Morro, para os Cenários	

01 e 02.....	25
3.3.2.1. Determinação de APPs ao longo dos cursos d'água e entorno de nascentes para os cenários 01 e 02.....	25
3.3.2.2. Delimitação de APPs de declividade da sub-bacia do córrego Horizonte para os cenários 01 e 02.....	26
3.3.2.3. Delimitação de APPs de linha de cumeada e topo de morro da sub-bacia do córrego Horizonte, para os cenários 01 e 02.....	27
3.3.3. Etapa 3: Comparação de Erros pelo DG e Índice Kappa (K).....	28
3.3.3.1. Coleta de dados.....	28
3.3.3.2. Estimativa do Erro pelo DG e Índice Kappa (K).....	30
3.3.4. Etapa 4: Análise das Irregularidades Verificadas nas APPs para os Cenários 01 e 02.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. MOSAICAGEM E FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA PARA OS CENÁRIOS 01 E 02....	35
4.1.1. Mosaicagem dos Cenários 01 e 02.....	35
4.1.2. Fotointerpretação das Classes Amostrais de Uso e Ocupação da Terra para os Cenários 01 e 02.....	37
4.1.2.1. Fotointerpretação das classes amostrais de uso e ocupação da terra do cenário 01.....	37
4.1.2.2. Fotointerpretação das classes amostrais de uso e ocupação da terra do cenário 02.....	40
4.1.2.3. Comparação da Fotointerpretação das Classes Amostrais de Uso e Ocupação da Terra entre os Cenários 01 e 02.....	43
4.2. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) NO ENTORNO DE NASCENTES; AO LONGO DE CURSOS D'ÁGUA, DECLIVIDADE IGUAL OU SUPERIOR A 45° E, LINHA DE CUMEADA E TERÇO SUPERIOR DE TOPO DE MORRO, PARA OS CENÁRIOS 01 E 02.....	47
4.2.1. Determinação de APPs de Cursos D'Água, Nascentes, Declividade e Topos de Morros para o Cenários 01.....	47
4.2.2. Determinação de APPs de Cursos D'Água, Nascentes, Declividade e Topos de Morros para o Cenário 02.....	50
4.2.3. Confronto das áreas de APPs de curso D'água, Nascentes, Declividade e Topos de Morros entre os Cenários 01 e 02.....	52
4.3. ESTIMATIVA DO ERRO PELO DESEMPENHO GLOBAL (DG) E ÍNDICE KAPPA (K).....	53
4.3.1. Obtenção dos Dados em Coleta de Campo.....	53
4.3.2. Determinação do Desempenho Global (DG) e Índice Kappa (K) para o cenário 01.....	56
4.3.3. Determinação do Desempenho Global e Índice Kappa para o cenário 02.....	58
4.4. ANÁLISE DO CONFRONTO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA COM AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE SEM SOBREPOSIÇÃO PARA A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HORIZONTE, ALEGRE - ES, CONSIDERANDO OS CENÁRIOS 01 E 02.....	61

5. CONCLUSÕES.....	68
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
7. ANEXOS.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema do princípio de conservação de energia da REM.....	15
Figura 2 -	Sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	20
Figura 3 -	Varição da altitude na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	22
Figura 4 -	Fluxograma das Mosaicagem e Fotointerpretação de geração do mapa de uso da terra para os cenários 01 e 02.....	24
Figura 5 -	Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das APPs de curso d'água e APP de nascentes, para os cenários 01 e 02.....	26
Figura 6 -	Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das APPs de declividade para os cenários 01 e 02.....	27
Figura 7 -	Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das APPs de linha de cumeada e topo de morro, para os cenários 01 e 02, adaptado de Hott et al. (2004).....	27
Figura 8 -	Seqüência de passos para alocação da parcela.....	29
Figura 9 -	Representação Matemática da matriz de confusão da sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	31
Figura 10 -	Composição "RGB" da aerofoto da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES (2007).....	35
Figura 11 -	Composição colorida normal e falsa-cor (satélite Geoye) da sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES (2009).....	37
Figura 12 -	Uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 01.....	38
Figura 13 -	Uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 02.....	41
Figura 14 -	Nascentes e cursos d'água do cenário 01 da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	48

Figura 15 -	APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 01.....	49
Figura 16 -	Nascentes e cursos d'água do cenário 02 da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES.....	50
Figura 17 -	APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 02.....	51
Figura 18 -	Localização dos pontos amostrais de campo para estimativa do DG e K, para a sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	54
Figura 19 -	Imagens das áreas em campo onde foram coletadas as coordenadas X e Y correspondentes aos pontos centrais das parcelas utilizadas para estimativa do DG e K.....	55
Figura 20 -	Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas em campo (verdade de campo) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	56
Figura 21 -	Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas na fotointerpretação do cenário 01 do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	57
Figura 22 -	Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas na fotointerpretação do cenário 02 do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	59
Figura 23 -	Confronto de uso e ocupação da terra com as APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 01.....	62
Figura 24 -	Confronto de uso e ocupação da terra com as APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES, considerando o cenário 02.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Intervalo de aceitação dos resultados do desempenho global.....	33
Tabela 2 -	Intervalo de aceitação dos resultados do índice Kappa.....	33
Tabela 3 -	Área e porcentagem do uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, 2007, considerando o cenário 01.....	39
Tabela 4 -	Área e porcentagem em função do uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, 2007, considerando o cenário 02.....	42
Tabela 5 -	Comparação das áreas das classes amostrais de uso e ocupação da terra entre os cenários 01 e 02.....	44
Tabela 6 -	Classes de uso e ocupação da terra com valores maiores no cenário 01 em relação ao cenário 02.....	45
Tabela 7 -	Classes de uso e ocupação da terra com valores maiores no cenário 02 em relação ao cenário 01.....	46
Tabela 8 -	Área real dos diferentes tipos de cada APP e seus percentuais em relação à área total de APP e à área da sub-bacia, considerando o cenário 01.....	48
Tabela 9 -	Área real dos diferentes tipos de APP e seus percentuais em relação à área total de APP para a sub-bacia, considerando o cenário 02.....	52
Tabela 10 -	Coordenadas X e Y dos pontos centrais das parcelas coletados em campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte.....	54
Tabela 11 -	Área, perímetro e porcentagem da área correspondente a APP ocupada de forma irregular, após o confronto sem sobreposição, para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 01.....	64
Tabela 12 -	Área, perímetro e porcentagem do uso e ocupação da terra após o confronto com as áreas de APPs, sem sobreposição, para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 02.....	65
Tabela 13 -	Comparação do percentual de classes de uso da terra em APPs entre os cenários 01 e 02.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 -	Validação cruzada do mapa fotointerpretado para o cenário 01 e o mapa de verdade de campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	57
Quadro 02 -	Validação cruzada das classes de uso e ocupação da terra do mapa fotointerpretado para o cenário 02 e o mapa de verdade de campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	59

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Número e indicador das Classes amostrais fotointerpretadas do uso da terra, com a composição RGB do visível e sua cor final.....	77
Anexo 2 - Amostras de categorias de uso e ocupação da terra extraído de uma imagem do satélite “Quick Bird” com resolução espacial de 0,6 m em composição normal e falsa-cor	78
Anexo 3 - Coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) das amostras matriciais obtidas em campo (VERDADE DE CAMPO) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	79
Anexo 4 - Verdade de campo da matriz cruzada das coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	80
Anexo 5 - Verdade de campo da matriz cruzada das coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) do uso e ocupação da terra do cenário 01 para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	81
Anexo 6 - Verdade de campo da matriz cruzada das coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) do uso e ocupação da terra do cenário 02 para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.....	82

1. INTRODUÇÃO

A preocupação atual com o meio ambiente, provavelmente, acentuou-se na medida em que avançava a industrialização das atividades humanas, principalmente pelo fato do uso de fontes energéticas não renováveis e, conseqüentemente, poluentes. Assim, paralelamente ao crescimento da produção industrial, verificou-se aumento nos problemas ambientais, que atingiram visibilidade global na segunda metade do século XIX e passaram a proporções alarmantes no século XX.

À medida que a sociedade tornava-se consciente dos problemas ambientais, cresciam os movimentos alertando para os efeitos deletérios da presente forma de relacionamento do ser humano com o ambiente, culminando com o envolvimento dos meios acadêmicos e o aumento no número e diversidade de estudos sobre o assunto.

Consolidadas algumas informações, surgiram movimentos na direção do estabelecimento de novos paradigmas, capazes de contribuir na redução das conseqüências desastrosas da presente forma de utilização dos recursos naturais. Destacam-se os trabalhos pioneiros do Clube de Roma e da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente, designada pela ONU. Surge então, respectivamente, os relatórios: “os limites do crescimento” e “nosso futuro comum”. Que orientam para a necessidade do crescimento econômico vinculado às questões ambientais, de forma sustentável (GUIMARÃES, 2009).

O desenvolvimento sustentável, tão almejado, depende de planejamento e do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos e pertencem a todos os seres vivos, das gerações atuais e futuras. Baseia-se, principalmente, em estratégias que envolvam as dimensões social, cultural, econômica e ambiental de cada atividade humana.

Todas as discussões ambientais chegaram ao Brasil e influenciaram a redação da Constituição Federal atual, onde se lê: Todo cidadão tem direito a um ambiente saudável, sendo dever de todos preservá-lo (BRASIL, 1988).

Diversos instrumentos legais foram construídos antes e após a Constituição em vigor. Destacam-se os seguintes: a) Lei nº. 4.771 de 1965, que criou o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965), determina a instituição de áreas de preservação permanente (APPs) e, a reserva legal; b) Lei nº.

6.938/1981, que incorpora, pela primeira vez, uma visão coletiva das questões ambientais e não mais dos interesses particulares, surgindo então, expressões como licenciamento, estudo de impacto e zoneamento ambiental e; c) Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 303, de 2002 (CONAMA, 2002), dispõem sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente.

Ao longo da história da humanidade, foram consolidados aspectos próprios da relação homem-meio ambiente, variados por natureza e cultura, e especialmente diferenciados considerando moradores urbanos, rurais e, numa intensidade menor, moradores da interface entre os dois.

Recentemente, a população urbana mundial, pela primeira vez na história, superou a população rural, estando esta última numa tendência clara de declínio (ONU, 2007).

A existência de aglomerados urbanos próximos ao ambiente rural e, a exploração agropecuária, são objetos de muitas pesquisas científicas, em função da influência dos fatores antropogênicos (SUGUIO, 2003), sobrepondo às forças dinâmicas atuantes, exacerbando as suscetibilidades naturais, introduzindo e criando situações de crises cada vez mais complexas e de diferentes naturezas.

A aplicação de todo o aparato legal em vigor depende de uma série de ações, de natureza multidisciplinar, especialmente focadas em planejamento, educação e fiscalização (TULLI, 2007). Neste contexto é utilizado um grande número de informações, que mediante as ferramentas dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e do Sensoriamento Remoto (SR); minimizam e facilitam o trabalho técnico.

No contexto atual os aplicativos computacionais do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e do SR, possuem um relevante papel para a análise do meio ambiente. Florenzano (2002) afirma que a partir de uma imagem de satélite, pode-se ver o conjunto integrado do ambiente e separá-lo em diferentes unidades; Oliveira (2002) conseguiu delimitar de maneira automática as APPs situadas nos topos do morro e em linhas de cumeada por meio de geoprocessamento; Silva (2008) realizou o mapeamento e avaliação da cobertura e uso da terra no município de Manoel Urbano no estado do Acre,

a partir de imagens Landsat TM (1987-2007), e determinação das APPs tendo como referência o Código Florestal e a Resolução CONAMA nº. 303.

Apesar da sua grande aplicabilidade, existem alguns fatores que poderão interferir na exatidão dos dados em análise, em função do tipo de imagem (aerofoto e imagem de satélites), distância entre curvas de nível, das escalas e do manejo do operador. Para saná-los, é necessária a utilização de índices de determinação dos erros, para determinação de sua confiabilidade estatística. Os Índices de desempenho Global (DG) e Índice Kappa (K) são medidas de concordância entre o observado e o real, usado em escalas nominais que nos fornece uma idéia do quanto às observações se aproximam ou afastam daquelas esperadas.

Além da possibilidade de interpretação errônea dos elementos da imagem é necessário considerar o custo de ambas, sendo normalmente mais barata a imagem proveniente de sensores orbitais.

A escolha da sub-bacia do córrego Horizonte, ambiente deste trabalho, levou em consideração a presença dos vários ambientes, urbano, rural e a interface entre os dois, além do seu pequeno tamanho e facilidade de acesso, especialmente na época de menor precipitação pluviométrica. Assim, tornou-se possível responder a questões relativas à ação antrópica e a aplicação da legislação referente às APPs.

Neste estudo determinou-se o uso e ocupação da terra e delimitação de APPs utilizando aerofotos digitais, com resolução espacial de 1m (cenário 01) e imagens de satélite GEOEYE, com resolução espacial de 0,5m (cenário 02), fotointerpretadas em tela, ambas na escala cartográfica de 1:2.000, considerando a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, situado no município de Alegre-ES.

1.1. HIPÓTESE

Ao se utilizar ferramentas de SIG e SR, faz-se necessário identificar e dimensionar os erros inerentes às metodologias empregadas, especialmente as casuais. De posse dessas informações, pode-se obter resultados finais confiáveis, reduzindo a subjetividade nas ações de delimitação de diferentes classes de uso do solo e de APPs.

1.2. OBJETIVO GERAL

Determinar o uso e ocupação da terra e delimitação de APPs utilizando aerofotos digitais, com resolução espacial de 1m (cenário 01) e imagens de satélite Geoeye, com resolução espacial de 0,5m (cenário 02), fotointerpretadas em tela, ambas na escala cartográfica de 1:2.000, considerando a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, situado no município de Alegre, ES.

1.2.1. Objetivos Específicos

- 1) Fotointerpretar as classes de uso e ocupação da terra para os cenários 01 e 02;
- 2) Delimitar as classes de APPs por meio de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para os cenários 01 e 02;
- 3) Analisar os erros pelos índices de Desempenho Global (DG) e Índice Kappa (K) das classes de uso e ocupação da terra fotointerpretadas em tela para os cenários 01 e 02;
- 4) Analisar as irregularidades verificadas nas APPs para os cenários 01 e 02

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BACIA HIDROGRÁFICA

Diversas são as definições que se encontram na literatura, normalmente complementares e ligeiramente diferentes. Abaixo, encontram-se alguns exemplos.

Para Lima (1976) o conceito de bacia hidrográfica está associado a uma compartimentalização geográfica delimitada por divisores de água. Em outros termos, pode ser definida como uma área de captação natural, que drena para um curso d'água principal, incluindo a área entre o divisor topográfico e a saída (foz) da bacia.

Lima e Zakia (2006) definem que as bacias constituem-se em sistemas abertos, recebendo energia por meio de agentes climáticos e perdendo energia por meio do deflúvio. Podem ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico.

Barrella et al. (2001) considera bacia hidrográfica como sendo o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, aonde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios.

Existem muitas definições em relação ao que seja uma bacia hidrográfica e seus tributários. Alguns autores denominam os tributários como sub-bacias enquanto outros como microbacias.

Atanásio (2004), afirma que é a unidade física caracterizada como uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e limitada, perifericamente, pelo chamado divisor de águas.

Santana (2005) considera que as bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo de seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia

hidrográfica liga-se a outra de ordem hierárquica superior. Constituindo-se, em relação à última, numa sub-bacia.

Pelo caráter integrador, Gerra e Cunha (1996) citam que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nesta ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Em nações mais desenvolvidas, a bacia hidrográfica também tem sido utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade.

2.2. CICLO HIDROLÓGICO

As características físicas de uma bacia constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados (VILLELA e MATTOS, 1975).

De acordo com Goldenfum e Tucci (1998) o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado principalmente pela energia solar, associada à gravidade e à rotação terrestre, constituindo-se num elemento fundamental da hidrologia, representando a água em fases distintas e independentes, desde a ocorrência de precipitações até seu retorno à atmosfera, sob a forma de vapor.

O ciclo hidrológico envolve os processos físicos da evaporação, transpiração, precipitação, infiltração, percolação, escoamento superficial, sub-superficial e base, além da vazão, que representam os diferentes caminhos pelos quais a água circula nas três fases do sistema Terra: hidrosfera, litosfera e atmosfera (LIMA, 1976).

2.3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs)

Vislumbrando o cenário nacional em relação ao uso dos recursos naturais, nota-se que a história do Brasil é pautada na exploração, em alguns casos chegando até a exaustão dos recursos naturais e, ou, supressão total de

um ecossistema em nome do desenvolvimento e exploração agropecuária. Fatos estes que afetam diretamente os recursos hídricos e em longo prazo, sem o manejo adequado, levam as baixas produtividades agrícolas e ao aumento de áreas degradadas.

Para Ribeiro et al. (2005) o ritmo do desmatamento atual aponta para uma ampla destruição do restante das florestas nativas.

Numa tentativa de minimizar esse problema, somado a outros, instituiu-se, em 1965, o Código Florestal Brasileiro, Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965). O presente diploma legal introduziu a delimitação das APPs, imprescindível no processo de conservação dos recursos naturais. Enquanto a Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002) dispõe sobre parâmetros, definições e limites das Áreas de Preservação Permanente.

O Código Florestal, no decorrer dos últimos anos sofreu alterações e ajustes, sendo complementada e ou modificada por meio de novas leis, medidas provisórias e resoluções, tais como a Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989; a Lei nº 11.284 de 02 de março de 2006; a Medida Provisória nº 2.166/67, de 24 de agosto de 2001 e a Resolução nº 303 do CONAMA, de 20 de março de 2002.

Para o CONAMA via Resolução nº 303, considera-se “Área de Preservação Permanente como local protegido, coberto ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos; a paisagem; a estabilidade geológica; a biodiversidade; o fluxo gênico de fauna e flora; proteger o solo; e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Ainda referente à Resolução nº 303 (CONAMA, 2002) faz-se necessárias Áreas de Preservação Permanente “ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m de largura; no topo de morros, montes, montanhas e serras; e nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45 graus, equivalente a 100% na linha de maior declive; nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a

100 m em projeções horizontais; em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação”.

Para a legislação nacional em vigor, “consideram-se ainda de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas a: a) atenuar a erosão das terras; b) fixar as dunas; c) formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; d) auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares; e) proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; f) asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; g) manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas e; h) assegurar condições de bem-estar público” (CONAMA, 2002).

A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social (CONAMA, 2002).

As APPs são áreas que por imposição legal, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista a biodiversidade, bem como o bem-estar das populações humanas. O regime de proteção das APPs é bastante rígido: a regra da intocabilidade, admitida excepcionalmente a supressão da vegetação apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previsto (ARAÚJO, 2002).

Apesar da existência de uma legislação pertinente no Brasil, há divergências tanto no campo jurídico quanto técnico em relação à determinação das APPs, especialmente no que tange as áreas situadas em topos de morro, montanhas e linhas de cumeada, uma vez que a lei privilegia o reconhecimento em campo. Necessidade esta de difícil atendimento legal e fiscalização, devido a dimensão continental do país e insuficiente número de servidores públicos responsáveis pela fiscalização (HOTT et al., 2004).

Nesse contexto, o SIG surge como uma ferramenta imprescindível para o planejamento, ordenamento territorial, fiscalização e caracterização dessas potenciais áreas de preservação, traduzindo-as em mapas para a orientação das ações de campo, sejam em âmbito regional ou nacional.

Para Moreira (2001) a cada dia surge um maior número de sensores ativos e passivos, contribuindo no estudo e levantamentos geológicos,

agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, oceanográficos, entre outros (CRÓSTA, 1993; MIRANDA et al., 2002); Santos et al. (2007), Cota e Moura (2009). A utilização de produtos de SR orbital e de técnicas de geoprocessamento poderia contribuir na determinação automática dessas áreas de preservação permanente em topos de morros e montanhas, desde que se utilizassem metodologias e parâmetros adequados a esse fim.

Complementar aos produtos de SR, os aplicativos e técnicas em geoprocessamento constituem-se em ferramentas importantes para a geração, manipulação, análise e integração de informações espaciais, sobretudo relativas ao meio ambiente, podendo subsidiar o processo de tomada de decisão e orientação de políticas públicas (GUIMARÃES, 1999).

Segundo Oliveira et al. (2008) a utilização de imagens de alta resolução espacial permite a elaboração do mapeamento do uso e ocupação da terra, além de fornecer várias ferramentas para determinação das APPs.

Para o delineamento de APPs em topo de morros e montanhas, alguns esforços foram despendidos em escalas maiores, em nível de microbacia (RIBEIRO et al., 2002; MOREIRA et al., 2003; SCHIMITH et al., 2004), permitindo o avanço de técnicas e sistemas empregados, porém não permitindo extrapolação para grandes áreas devido à inexistência de base de dados em escalas maiores parte todo território nacional.

A não observância da delimitação das APPs tem como consequência à ocupação desordenada, sem planejamento, a supressão da vegetação favorecendo a compactação e impermeabilização do solo, o que impede a infiltração e, conseqüentemente, recarga dos cursos d'água. Mais ainda, ocasiona a produção e carreamento de resíduos para os rios, comprometendo a conservação da água em termos de quantidade e qualidade.

Para Maciel et al. (2000) um fator importante que contribui para a poluição e contaminação dos cursos d'água, conferindo risco a saúde humana pela água, refere-se a ocupação dos espaços rurais e urbanos que são realizadas sem um adequado planejamento visando o equilíbrio entre o ambiente e sua utilização.

A proteção dos mananciais que estão conservados e a recuperação daqueles que estão prejudicados, são alternativas para se conservar a água ainda existente. Se houver a preservação da floresta nativa em um manancial,

sua água será de boa qualidade, mas com supressão da vegetação no entorno dos cursos d'água para construção de casas, implantação industriais e de plantações, a sua água começará a receber substâncias além daquelas naturais (TORRES, 2003).

Pinto et al. (2003), detectou o uso conflitivo da terra em APPs, na sub-bacia do ribeirão Santa Cruz. Aproximadamente 58% das áreas identificadas como APPs (entorno dos cursos d'água, nascentes e encostas com declividade superior a 45 graus) estavam ocupadas com algum uso indevido.

Estudo realizado por Nascimento (2007) na fazenda experimental do Canguiri, da Universidade Federal do Paraná, constatou que dos 66,1 ha que deveriam ser de APPs, apenas 36,2 ha estavam preservados.

Essa utilização inadequada é mais evidente em regiões de relevo acidentado. Catelani e Batista (2007) mapearam APPs, em Santo Antônio do Pinhal - SP e detectaram que 52,2% da área total do município deveriam ser alocadas em APPs

A determinação das APPs permite a ordenação e um melhor planejamento por parte dos órgãos públicos e privados, no desenvolvimento de políticas agrícolas e urbanas, permitindo delinear a área com sua real vocação.

2.4. USO DA TERRA

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) os levantamentos de uso e da cobertura da terra indicam a distribuição geográfica da tipologia de uso, que podem ser identificadas por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre; devendo estes estudos serem considerados como importantes instrumentos para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, visto que proporcionam o conhecimento dos diferentes manejos empregados e identificam alternativas que permitem o desenvolvimento sustentável.

A utilização de geotecnologias tem dado suporte metodológico para a produção técnica e científica em diversas frentes, destacadamente quanto ao planejamento ambiental, quanto ao uso e ocupação da terra e, no processo de identificação da cobertura e uso da terra.

Coelho (2008) utilizou imagem do “*Shuttle Radar Topography Mission*” (Missão Topográfica Radar Shuttle - SRTM), em escala de 1:100.000; identificando os principais processos denudacionais e agradacionais que operam no interior das bacias de médio e grande porte, mostrando-se como um importante instrumental de apoio na execução de diversas categorias de planejamento e gestão, a exemplo, de bacias hidrográficas.

Endres et al. (2006), avaliou os impactos ambientais causados pelas atividades agropecuárias sobre o meio rural, indispensáveis para o diagnóstico do processo erosivo do solo, e no planejamento conservacionista no município de Franca-SP, mediante técnicas de fotointerpretação, de aerofotos em escala aproximada 1:35.000.

O Plano de Desenvolvimento Físico e Ambiental (PDFA) do *Campus* da Universidade Federal de Viçosa, instrumento normativo que visa orientar a expansão territorial do Campus de forma social e ambientalmente sustentável, foi elaborado mediante a classificação manual de aerofotos em escala 1:10.000 e posterior elaboração de mapas de APP's. Por meio de análise booleana houve a interseção espacial dos mapas em ambiente SIG (CASTRO et al.,2003).

Ginak et al. (2007) utilizaram as bandas verde, vermelho e azul de uma imagem *quickbird* do ano de 2006, para mapear o uso e ocupação da terra de uma ilha fluvial, localizada entre Ilha Solteira (SP) e Selvíria (MG), com o uso da fotointerpretação e da digitalização manual. Foram classificados seis usos da terra para a região: capoeira, capoeira rala, campo alagadiço, campo-cerrado, uso antrópico e solo exposto.

A retirada da vegetação nativa ou sua substituição por outros tipos de uso da terra podem acelerar os efeitos erosivos e a lixiviação dos minerais dos solos, contribuindo também para o aumento do fluxo de água na superfície, promovendo o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios

Desta forma, a crescente interferência antropogênica no meio natural, corrobora a importância de estudos referentes à paisagem, para que seja minimizada a degradação ambiental proveniente dos processos de desenvolvimento e ocupação do espaço pelas atividades humanas (ROSS, 1991).

2.5. AEROFOTOGRAMETRIA

Segundo Tomaselli et al. (1999) a fotogrametria é uma palavra de origem grega onde *photos* significa luz, *gramma*, desenho ou escrito e *metron* medir.

De acordo com a origem da palavra, fotogrametria significa medir graficamente usando a luz. Já em 1979 a “*American Society of Photogrammetry*”, definiu fotogrametria como sendo “A arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações sobre objetos físicos e o meio ambientes através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas, padrões de energia eletromagnética radiante de outras fontes” (TOMMASELLI et al., 1999).

A fotogrametria pode ser dividida em fotogrametria aérea (aerofotogrametria) onde as fotografias do terreno são tomadas em uma aeronave; fotogrametria terrestre, quando as fotografias são tomadas em posições fixas no terreno; fotogrametria espacial, compreendendo as fotografias de câmeras fixadas em satélites. Constituindo-se como ferramentas multidisciplinar sendo utilizadas em diferentes campos das ciências (SEGANTINE, 2001).

Para o IBGE (2010), a fotogrametria é a ciência que permite executar medições precisas utilizando de fotografias métricas. Embora apresente uma série de aplicações nos mais diferentes campos e ramos da ciência, como na topografia, astronomia, medicina, meteorologia e tantos outros, tem sua maior aplicação no mapeamento topográfico. Tem por finalidade determinar a forma, dimensões e posição dos objetos contidos numa fotografia, através de medidas efetuadas sobre a mesma.

2.6. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

De acordo com Aspiazú e Brites (1989), os sistemas de informações geográficas são técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, tais como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas, cartas climatológicas e censos.

Um sistema de informações geográfico é um sistema auxiliado por computador para adquirir, armazenar, analisar e exibir dados geográficos. Hoje, muitos softwares estão disponíveis para ajudar nesta atividade (EASTMAN, 1995).

Segundo Felgueiras (1987), os SIGs são sistemas que automatizam tarefas realizadas manualmente e facilitam a realização de análises complexas, por meio da integração de dados geocodificados.

Os SIG tem como características principais a capacidade de coletar, armazenar e recuperar informações provenientes de fontes e formatos distintos, além de possibilitar a disponibilidade de programas computacionais para edição de mapas, textos e gráficos (MARBLE e PEUQUET, 1983).

Segundo Ferreira (1997), os SIGs podem ser considerados ferramentas para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

A utilização de técnicas de geoprocessamento constitui-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Estas técnicas permitem agregar dados de diferentes fontes e escalas. O resultado destas manipulações, geralmente, é apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas (MENDES, 1997).

O SIG é moderno e atual devido ao elevado nível de interesse em novos desenvolvimentos da computação e porque tem se mostrado uma elevada técnica para percepção de informações geográficas (PARENT e CHURCH, 1987).

Para Fisher e Lindenberg (1989), o SIG é chamado de “capacitador tecnológico”, porque permite sua utilização numa larga variedade de disciplinas, sendo que, a maior parte delas utiliza dados espaciais. As principais são: Geografia, Hidrologia, Cartografia, Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Agrimensura, Geodésica, Estatística, e outros.

No Manejo e estudo de bacias hidrográficas, permite a interação dos diferentes atributos que a constituem, podendo escolher a característica em análise, determinar se haverá sobreposição e ou não de atributos.

2.7. SENSORIAMENTO REMOTO

Avery e Berlin (1992) e Meneses (2001), definem "Sensoriamento Remoto (SR) como uma técnica para obter informações sobre objetos por meio de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados de forma que a transmissão dos dados só pode ser realizada pela radiação eletromagnética (REM), por ser esta a única forma de energia capaz de se propagar pelo vácuo".

Dessa maneira, o SR é definido como uma medida de trocas de energia resultante da interação entre a energia contida na REM de determinado comprimento de onda e aquela contida nos átomos e moléculas do objeto de estudo (MENESES, 2001).

O funcionamento de um SR depende do objeto de estudo, da radiação eletromagnética e de um sensor.

Pelo princípio da conservação da energia, quando a radiação eletromagnética incide sobre a superfície de um material, parte dela será refletida por esta superfície, parte será absorvida e parte pode ser transmitida, caso a matéria possua alguma transparência.

Para Meneses (2001), o que nossos olhos percebem como cores diferentes são, na verdade, radiação eletromagnética de comprimentos de onda diferentes. A REM do azul corresponde ao intervalo de 0,35 a 0,50 μm , a verde vai de 0,50 a 0,62 μm e a vermelha, de 0,62 a 0,70 μm . Os intervalos são aproximados, e podem variar de acordo com a fonte de consulta.

Uma propriedade muito importante no SR são os tipos de resolução, tais como: a espectral, a espacial, a radiométrica e a temporal.

A resolução espectral permite o estudo e a caracterização do comportamento espectral dos alvos na superfície; a espacial, em que é determinada a menor distância entre dois objetos que o sensor é capaz de identificar como diferentes entre si; a radiométrica define a sensibilidade do sensor, detectando a variação de energia (REM) em gradações de níveis de

cinza, e por último a temporal, que se refere à frequência na passagem do satélite sobre uma mesma área (SIMONETT, 1983).

Para Meneses (2001), a soma dos componentes: reflectância, absorvância e transparência, são sempre iguais, em intensidade, à energia incidente; representado no esquema do princípio de conservação de energia da REM (Figura 1).

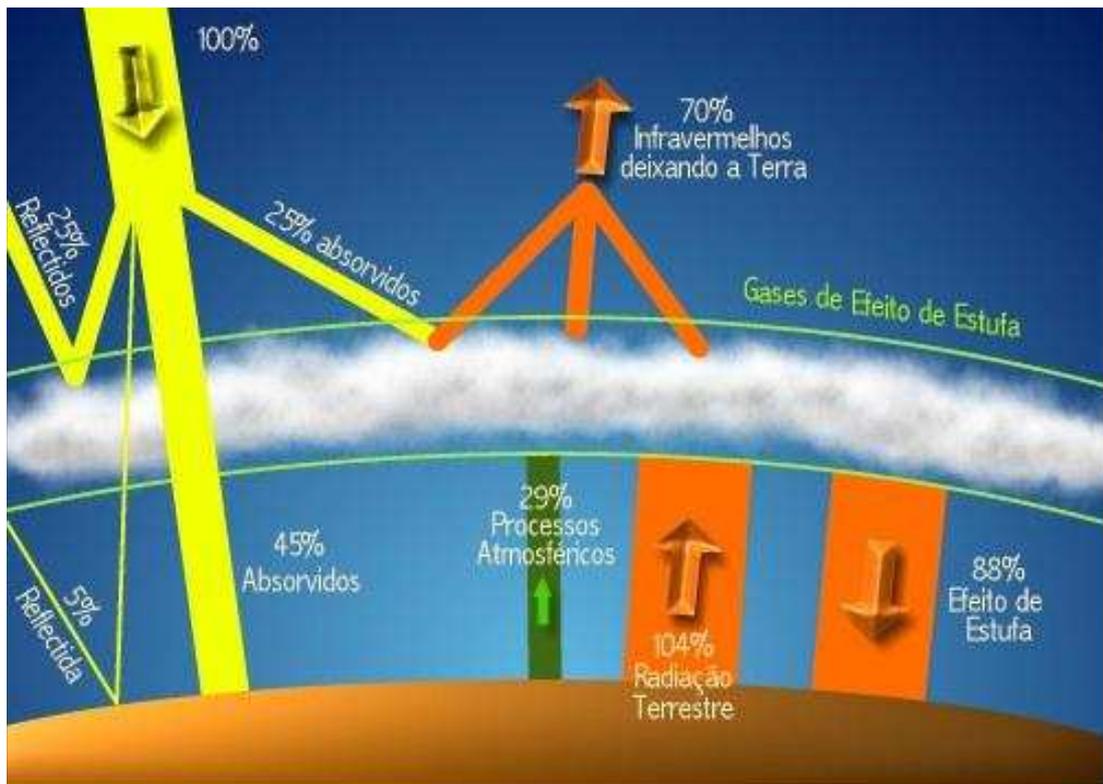


Figura 1 – Esquema do princípio de conservação de energia da REM.
Fonte: eco debate (2010).

Portanto os sensores remotos medem as intensidades do espectro eletromagnético e, a partir dessas medidas, obtém-se imagens nas regiões do visível (azul, verde e vermelho). A partir dessas características, são geradas imagens, tornando possível a identificação e a realização de inferências das diferentes situações de uso e ocupação da terra.

No SR grande parte dos sensores utilizados para quantificar a quantidade de REM advindas dos alvos terrestres, utiliza o Sol como fonte de radiação, enquanto os sensores ativos possuem fonte de energia própria. Podendo detectar informações terrestres sob qualquer condição atmosférica, como os radares.

Segundo Brito e Prudente (2005), a utilização do SR no mapeamento do uso e cobertura da terra, é de suma importância, pois permite a compreensão da organização do espaço e das mudanças ocorridas ao longo do tempo.

O avanço da tecnologia espacial colocou a disposição dos estudantes, empresas, pesquisadores e demais interessados uma gama de satélites imagiadores da terra, cujos produtos são amplamente utilizados em diferentes áreas, em especial nos estudos dos recursos naturais, numa perspectiva espacial e temporal, permitindo a apropriação do conhecimento do espaço geográfico e local (IBGE, 2006).

Vale ressaltar que os dados espaciais necessitam de dados exógenos, no intuito de complementar sua identificação e classificação, isso se dá devido ao limite da resolução da imagem, equipamento de obtenção da imagem e aplicativo computacional utilizado no processamento dos dados.

Muitos estudos têm sido realizados mediante técnicas de SR e SIG. Martins et al. (2003), avaliaram a metodologia de detecção de mudanças ocorridas na cobertura vegetal da Ilha do Formoso, em Lagoa da Confusão, TO. Foram avaliadas técnicas de detecção de mudanças de diferença entre as bandas, e da razão entre as bandas, com vista às análises quantitativas e qualitativas, num período pré-determinado.

Para avaliar mudanças em plantações de eucaliptos e outras coberturas vegetais, Soares e Hoffer (1996) utilizaram técnicas de SR, associado as diferenças entre as bandas Landsat TM, de diferentes épocas, obtendo resultados quantitativos e qualitativos das bandas espectrais bem como a determinação de quais são mais eficientes no processo de classificação da superfície terrestre.

Fidalgo et al. (2003), utilizou informações de SR para a identificação do uso e cobertura da terra em nove municípios da região amazônica, e a partir deles propôs um indicador em função da proporção da vegetação remanescente disponível, no processo de identificação da reserva legal.

Em função do desenvolvimento tecnológico e as exigências da sociedade atual por qualidade e quantidade de informações num menor tempo, o SR vem ocupando um lugar de destaque, especialmente pela possibilidade de obter imagens e perfis de regiões de relevo acidentado e de difícil acesso,

além da obtenção periódica dos dados, facilitando a confecção de mapas temáticos associados a análises ambientais.

2.8. DESEMPENHO GLOBAL (DG) E ÍNDICE KAPPA (K)

Com o advento de novas tecnologias, a quantidade de dados e informações passíveis de serem adquiridas relativas aos SIGs e SR tornou-se muito grande. No entanto, não são comuns trabalhos que avaliem a acurácia desses dados.

Segundo Foody (2002), o método padrão para avaliação da precisão temática, tem sido índices derivados da matriz de confusão. A matriz de confusão fornece a base para descrever a precisão da classificação e caracterizar os erros, ajudando a refinar a classificação. De uma matriz de confusão podem ser derivadas varias medidas de precisão da classificação, sendo o DG uma das mais conhecidas.

Juntamente com o DG, o K é uma medida de concordância usada em escalas nominais que nos fornece uma idéia do quanto as observações se aproximam e, ou, se afastam daquelas esperadas como sendo verdadeiras ou reais.

Muitos trabalhos referentes ao mapeamento digital de cobertura vegetal regional são realizados por meio de imagens de sensoriamento remoto, mediante técnicas de classificação supervisionadas e associadas ao processamento digital de imagens, dando bons resultados na extração de informação que compõe determinada região. No entanto, todo o processo de uso e classificação está sujeito a erros de variados tipos e fontes, sistemáticos ou casuais. A avaliação da acurácia dos dados extraídos das imagens está diretamente relacionada com a qualidade do mapeamento.

Todas as classes que compõem a imagem ou o mapa temático devem ser associadas a um controle de qualidade para que estas possam ser validadas. Nem sempre os mapas temáticos provenientes de classificação digital ou mesmo da fotointerpretação apresentam um relatório de acurácia das informações, apesar da maioria dos *softwares* de processamento digital de imagem possuir ferramentas para tal fim (MOREIRA, 2001).

Dessa forma, Soares et al. (2009) analisou os valores de K, para cada uma das classes temáticas no mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia do Rio Piancó - GO, utilizando-se de imagens do sensor AVNIR-2/ALOS. As classes de uso e ocupação da terra fotointerpretadas foram: corpo d'água, solo exposto, pastagem, cerrado e floresta, o que auxiliou na obtenção de acurácia, de forma a se obter um trabalho mais próximo da verdade de campo.

Neste sentido, o K proposto por Cohen (1960), é uma medida estatística da concordância entre avaliadores, ou acordo inter-anotador e as categorias qualitativas dos itens observados, constituindo-se num instrumento eficaz, sensível as variações de erros de omissão e comissão. Sua vantagem em relação ao DG ocorre porque para o seu cálculo não incluem somente os elementos da diagonal principal e sim todos os elementos da matriz de erro (MOREIRA, 2001).

O erro de omissão consiste na não interpretação de pixels existentes no terreno, já o erro de comissão, consiste na interpretação de pixels não existentes no terreno (SANTOS, 2001)

O produto obtido por meio de processamento digital de imagens pode variar em função da cena, da área de estudo, da época em que foi adquirida a imagem e dos métodos utilizados para extrair informações da imagem, mas estes são fundamentais para o alcance do objetivo a que o pesquisador se propõe. Diante dessa variação de possibilidades é praticamente impossível obter dados exatos. A incerteza e o erro são inerentes a qualquer aquisição de dados.

Em estatística, a precisão é uma grandeza que mede a dispersão, ou seja, a repetição dos dados próximos a um valor enquanto a acurácia está relacionada à veracidade de obtenção de dados em um intervalo de probabilidade especificado. Logo, medir a precisão é primordial no processo de mensuração de dados.

Para o cálculo do K é necessário a construção de um mapa de verdade de campo, para que se possa fazer uma tabulação cruzada indicando a proporção de casos presentes e, ou, ausentes nos mapas a serem elaborados. Ou seja, o mapa classificado via aplicativo computacional e o mapa real da paisagem em estudo.

Segundo Silva (1999) a utilização de SIG não garante soluções corretas se não houver controle da qualidade dos dados a serem incorporados. Nesta perspectiva, sem mensuração de erros, não é possível avaliar a qualidade dos dados gerados e garantir que as informações obtidas constituem apropriadas para o uso.

A acurácia dos dados geográficos deve ser observada levando-se em consideração três pontos fundamentais: a posição dos dados; a época de aquisição dos dados e a temática investigada. Desta forma, o erro deve ser avaliado sobre três aspectos: O erro posicional, o erro temporal e o erro temático (LINGNAU et al., 2003).

É constante a preocupação de estudiosos da área de Sensoriamento Remoto com a identificação de algum índice que determine os erros, de forma a fazer com esse campo da ciência torne-se cada vez mais confiável e preciso. Dessa forma, o K é uma medida de concordância usada em escalas nominais que nos fornece uma idéia do quanto às observações se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso (PINTO et al., 2010).

Os valores do K variam de 0 a 1, sendo que “0” representa não haver concordância além do puro acaso, e “1” representa a concordância perfeita (PINTO et al., 2010).

O K tem demonstrado ser uma boa ferramenta na avaliação das classes de imagens em estudos de SR, por considerar os erros de comissão e omissão da matriz de erros no seu cálculo, fazendo-se necessária a associação do índice de DG (FOODY, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, afluente do rio Itapemirim, distrito de Rive, município de Alegre, Estado do Espírito Santo (Figura 2), localizada entre as coordenadas de geográficas 41°24'55" e 41°31'50" de longitude Oeste e 20° 44'39 e 20°54'30" de latitude Sul, DATUM - WGS 84, Fuso 24K. Que posteriormente foram convertidas para o sistema universal Transversa de Mercator (UTM).

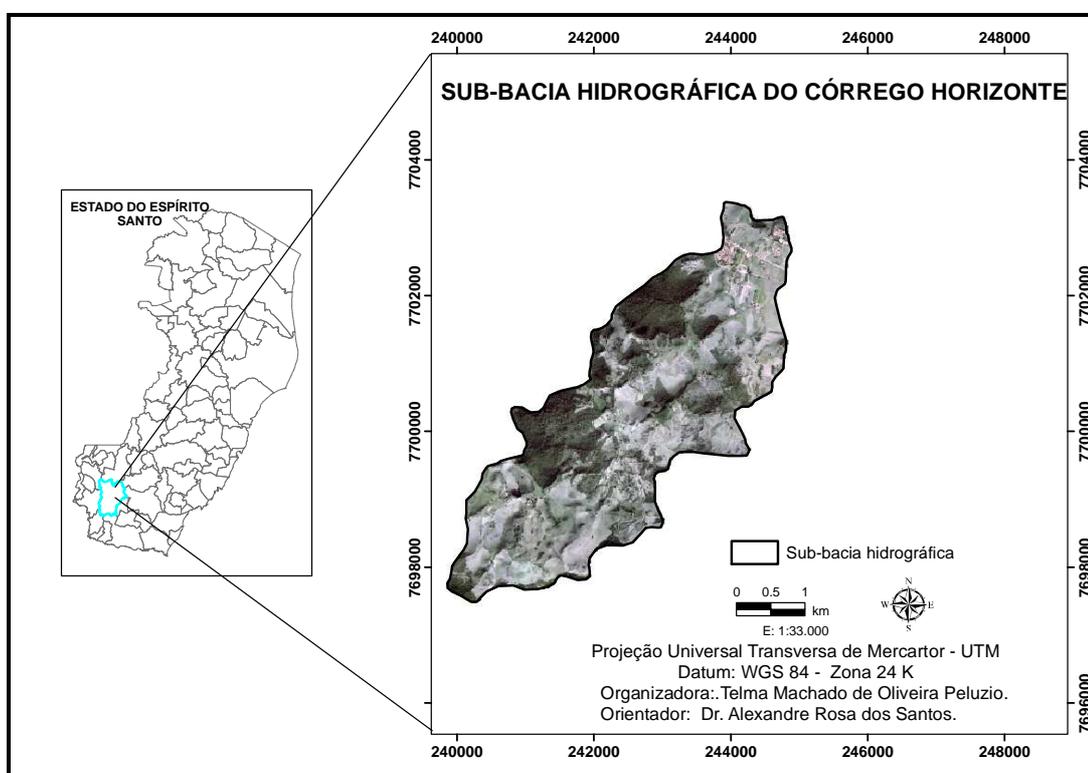


Figura 2 – Sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES.

A sub-bacia do córrego Horizonte em sua maior porção envolve propriedades rurais, parte da fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) - *Campus* de Alegre, parte da zona urbana do distrito de Rive, pertencente ao município de Alegre, ES; possuindo área total de 13,17 km², equivalente a 1316,61 hectares e 771,87 km de perímetro.

3.1.1. Caracterização da Vegetação, Relevo, Clima e Solo

Segundo o IBGE (2003), a região localiza-se na área de domínio do Bioma Mata Atlântica, apresentando alguns fragmentos representativos; em especial os situados na área do Ifes - *Campus* de Alegre, bem como outros localizados nas cabeceiras dos morros. De forma geral, apresenta predomínio de pastagens, agricultura de subsistência e café, possuindo uma malha viária de acessos a zona rural de estradas não pavimentadas e pela rodovia BR 482, que liga Itapemirim-ES a Conselheiro Lafaiete-MG.

O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (Inverno seco e Verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen.

A hidrografia é constituída por uma rede de drenagem densa e diversificada, formando rios encaixados e algumas cachoeiras.

A temperatura média anual é de 24°C. Já a pluviosidade média anual é de 1.200mm, podendo, dependendo da localização, atingir até 1.600mm (INMET, 2010). Observam-se grandes áreas desmatadas, como resultado histórico da ocupação antrópica, agravando os problemas das cheias, diminuindo os tempos de concentração e aumentando os picos das enchentes

O relevo da área de estudo é representativo da região, especialmente da microrregião de planejamento do Caparaó, Território do Caparaó, abrangendo 11 municípios Espíritos Santenses, em que, numa pequena variação espacial, apresenta regiões planas e outras com declividade acentuada.

Com um relevo bastante movimentado, a área é constituída por uma paisagem fortemente ondulada e montanhosa, apresentado ainda uma topografia muito acidentada, intercaladas por reduzidas áreas planas (MENDONÇA, 2007).

A altitude da sub- bacia do córrego Horizonte varia entre 120 e 680m (Figura 3), com curvas de nível com equidistância vertical de 20 x 20 m nas cartas do IBGE (1977).

Segundo um mapeamento realizado por Barbosa et al. (1992), na área do atual Ifes - *campus* de Alegre, a área de estudo apresenta uma gama de diferentes tipos de solos. Essa grande variedade de solos é facilmente observada em função da variabilidade do relevo (FIGURA 3), com presença de

fragmentos rochosos, apresentando solos com constituição mais nova, solos hidromórficos nas regiões de várzea, e predominância dos latossolos, permitindo uma melhor utilização de algumas áreas para a instalação de práticas agrícolas.

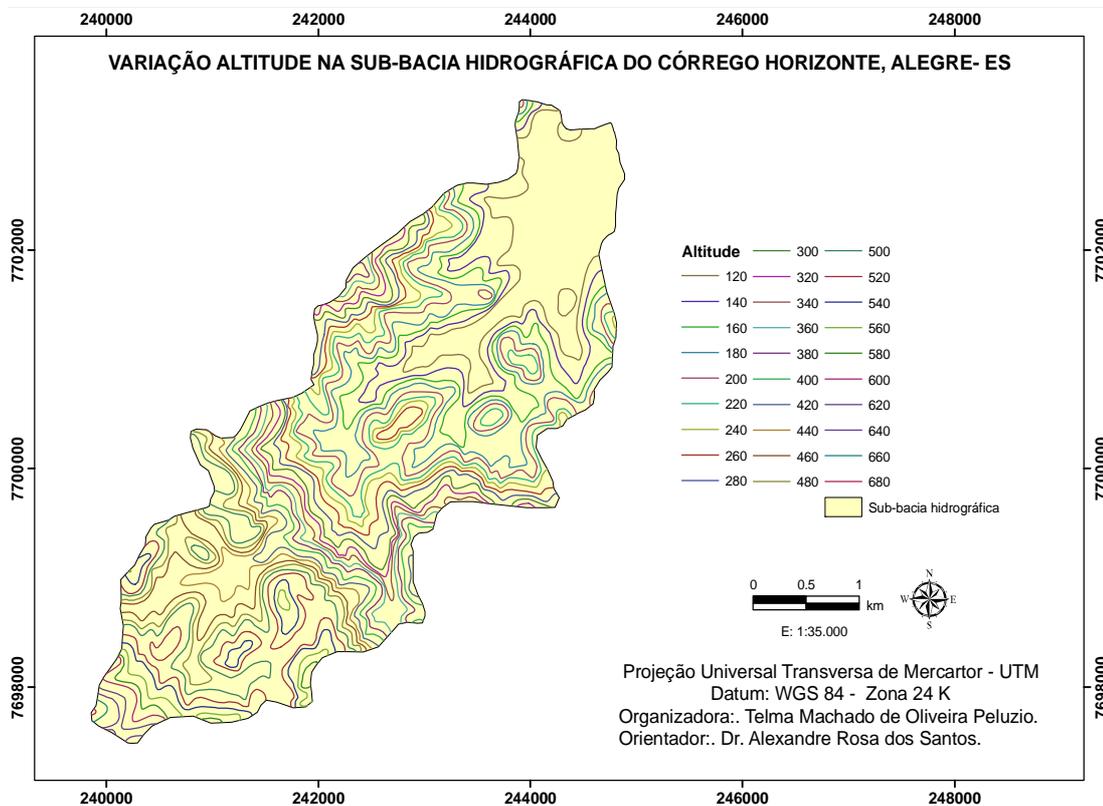


Figura 3 – Variação da altitude na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.

3.2. MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram:

- Software ArcGis 9.3;
- computador com 3 Gb de memória RAM e HD de 250 Gb;
- esquadro de agrimensor, cedido pelo Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da UFES;
- trena de 50 m;
- câmera digital;
- GPS;

- g) bússula;
- h) cartas na escala de 1:50.000 do IBGE (FOLHAS: SF-24-V-A-IV-4, 1977);
- i) aerofotos correspondentes à área de estudo no ano de 2007 (disponibilizada pelo IEMA - Escala: 1:35.000, com resolução espacial de 1m);
- j) imagem Satélite GEOEYE (Digital Globe/Engesat com resolução espacial: 0,50m), disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Alegre.

3.3. METODOLOGIA

Para melhor organização desta pesquisa, sua metodologia foi dividida em etapas, para a determinação do uso e ocupação da terra e delimitação de APPs utilizando aerofotos digitais, com resolução espacial de 1m (cenário 01) e imagens de satélite GEOEYE, com resolução espacial de 0,5m (cenário 02), fotointerpretadas em tela, ambas na escala cartográfica de 1:2.000, considerando a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, situado no município de Alegre,ES. As etapas são:

- a) Mosaicagem e fotointerpretação das classes de uso da terra;
- b) Determinação das Áreas de Preservação Permanente do entorno de nascentes, ao longo dos cursos d'água, declividade igual ou superior a 45 graus e de topo de morro;
- c) Comparação de erros pelo DG e K; e
- d) Análise ambiental dos impactos antropogênicos contidos dentro das APPs Delimitadas para os Cenários 01 e 02.

3.3.1. **Etapa 1: Mosaicagem e Fotointerpretação das Classes de Uso da Terra para os Cenários 01 e 02**

3.3.1.1. Mosaicagem dos cenários 01 e 02

As imagens aerofotogramétricas (2007) na escala 1:35.000, com resolução de 1,0 m, foram cedidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), caracterizando o cenário 01; e do

satélite GEOEYE (2009), com resolução espacial de 0,5 m, que passa numa altitude orbital de 681 km, disponibilizada pela Prefeitura municipal de Alegre, caracterizando o cenário 02.

A mosaicagem constitui-se numa etapa fundamental para a realização do processo de fotointerpretação de uso e ocupação da terra. A Figura 4 demonstra o Fluxograma das Mosaicagem e Fotointerpretação das imagens e geração do mapa de uso da terra para os cenários 01 e 02.

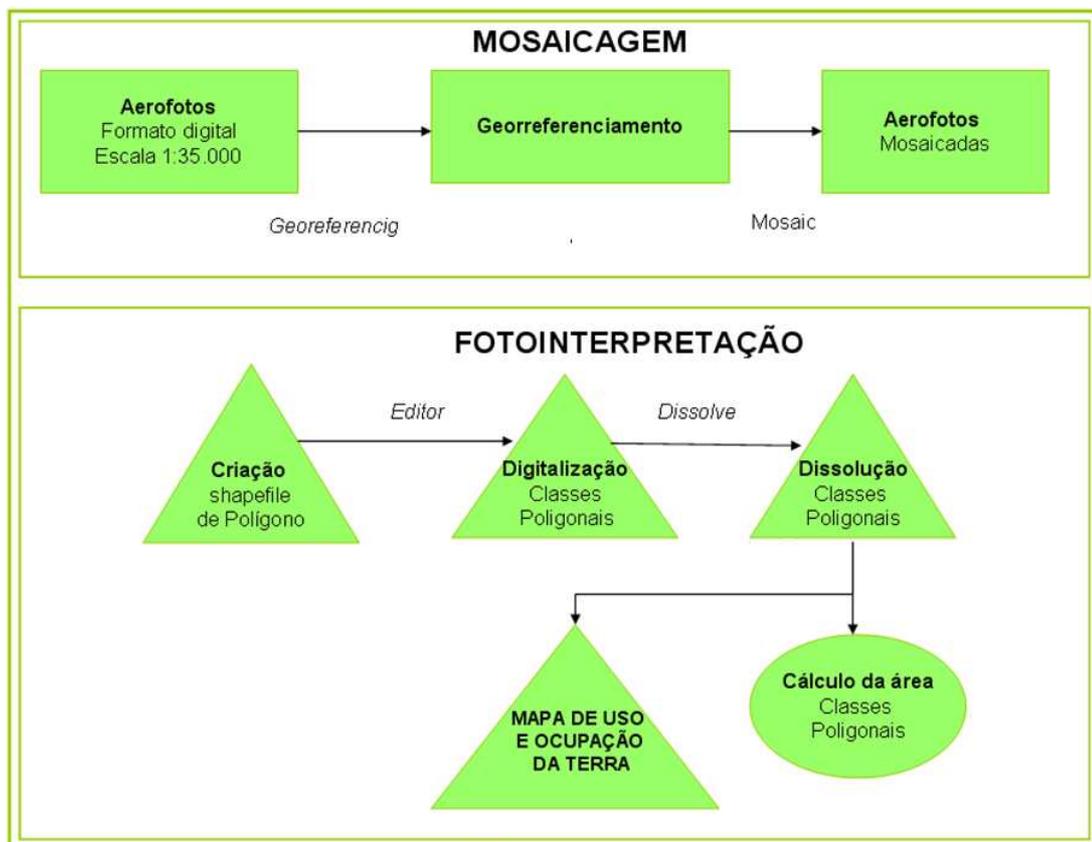


Figura 4 - Fluxograma da Mosaicagem e Fotointerpretação de geração do mapa de uso da terra para os cenários 01 e 02.

3.3.1.2. Fotointerpretação das classes amostrais de uso e ocupação da terra dos cenários 01 e 02

Mediante a utilização do aplicativo computacional *ArcGIS 9.3*, foram digitalizadas em tela, em estado de edição, na escala cartográfica de 1:2.000, 27 classes do uso da terra para os cenários 01 e 02, em composição colorida normal e falsa-cor, respectivamente. Após a fotointerpretação, as classes de uso e ocupação da terra foram dissolvidas com o objetivo de realizar o cálculo

de suas áreas. No intuito de homogeneização dos layouts de saída dos mapas, adotou-se uma padronização contendo o número e indicador das Classes amostrais fotointerpretadas do uso da terra, com a composição RGB do visível e sua cor final (ANEXO I).

O fluxograma para realização da Mosaicagem e Fotointerpretação de geração do mapa de uso da terra para os cenários 01 e 02 (Figura 4), citado anteriormente, mostra desde a entrada dos dados no sistema até a elaboração do mapa final de uso de ocupação da terra para os cenários 01 e 02.

3.3.2. Etapa 2 : Determinação das APPs no Entorno de Nascentes; ao Longo dos Cursos D'água; Declividade Igual ou Superior a 45 Graus; e Topo de Morro, para os Cenários 01 e 02

Devido ao nível de detalhamento que envolve a determinação das APPs, realizou-se uma subdivisão para determinação de cada grupo de APP: ao longo dos cursos d'água e entorno de nascentes; Declividade Igual ou Superior a 45 Graus; e Topo de Morro, para os cenários 01 e 02, e posterior junção, sem sobreposição das áreas determinadas.

3.3.2.1. Determinação de APPs ao longo dos cursos d'água e entorno de nascentes para os cenários 01 e 02

Foi realizado a digitalização em tela dos cursos d'água, na escala de 1:2000, considerando cada o início de cada curso correspondia a uma nascente, e posteriormente foi aplicado um buffer, em função da legislação vigente, Código Florestal (BRASIL, 1965), regulamentada pela resolução do CONAMA, nº 303 (CONAMA, 2002) de forma a determinar a área de APPs.

Em função da largura dos cursos d'água ser inferiores a 10m aplicou-se um buffer de 30m; e 50m no entorno das nascentes.

Na Figura 5 encontra-se o fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das APPs de curso d'água e APP de nascentes, para os cenários 01 e 02.

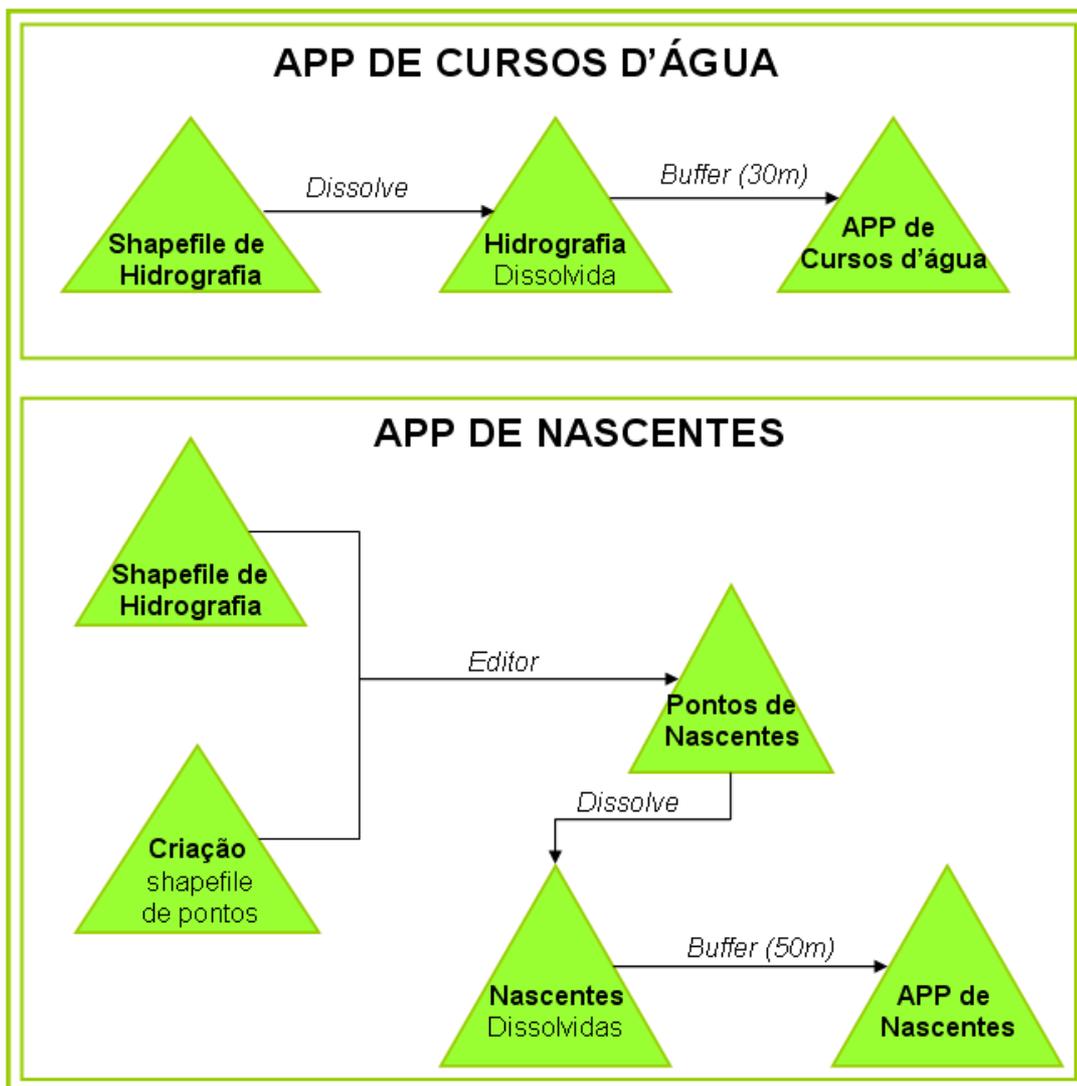


Figura 05 – Fluxograma da metodologia utilizada para delimitação das APPs de curso d'água e APP de nascente, para os cenários 01 e 02.

3.3.2.2. Delimitação de APPs de declividade da sub-bacia do córrego Horizonte para os cenários 01 e 02

De posse das curvas de nível com equidistância vertical de 20 m, utilizou-se a função *Topo to Raster* do aplicativo computacional *ArcGIS 9.3* para geração do Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente (MDEHC), com resolução espacial de 2 m, fundamental para a elaboração do mapa vetorial de APP de declividade, para os cenários 01 e 02, demonstrado no fluxograma da Figura 6.

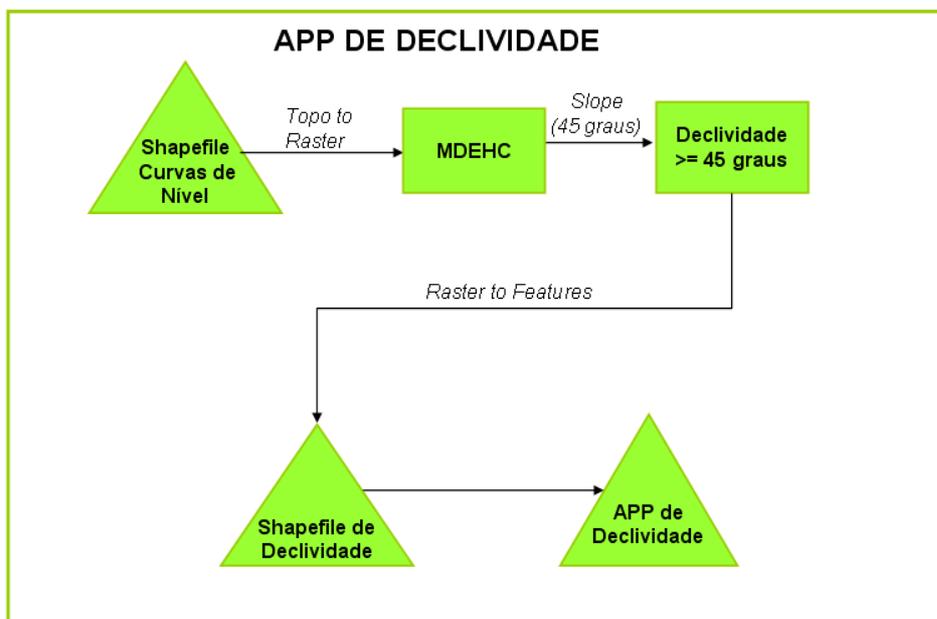


Figura 6 – Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das APPs de declividade para os cenários 01 e 02.

3.3.2.3. Delimitação de APPs de topo de morro da sub-bacia do córrego Horizonte, para os cenários 01 e 02

Para a delimitação das áreas de preservação permanente de topo de morro, para os cenários 01 e 02, foi adotada metodologia proposta por Hott et al. (2004), demonstradas no fluxograma a seguir (Figura 7).

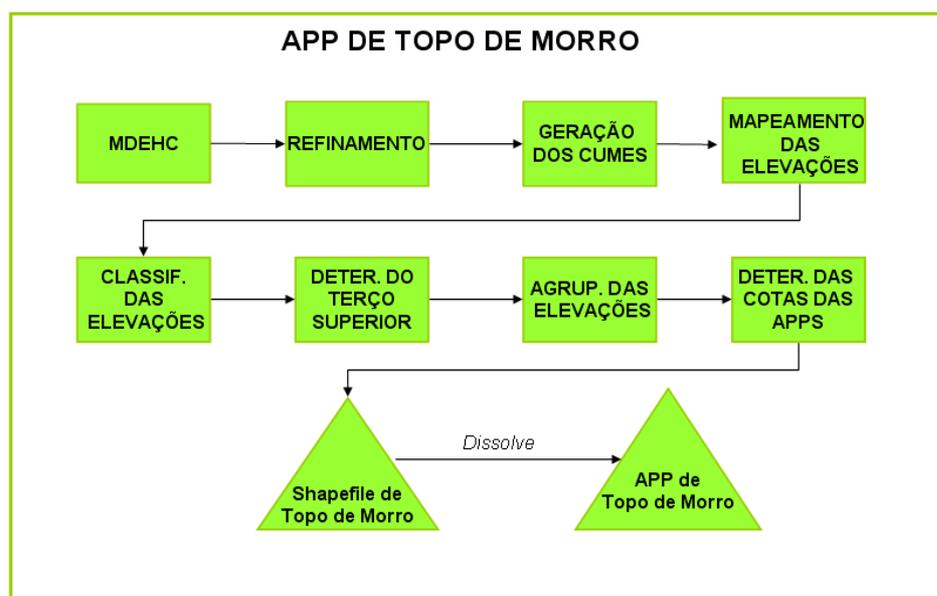


Figura 7 – Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das APPs de linha de cumeada e topo de morro, para os cenários 01 e 02, adaptado de Hott et al. (2004).

3.3.3. Etapa 3: Comparação de Erros pelo Desempenho Global e Índice Kappa

3.3.3.1. Coleta de dados

Após aquisição dos dados no formato digital, alocaram-se seis (06) amostras em campo, com área de 6400 m²/parcela, por meio de espacialização sistemática, determinada no ArcGis 9.3, contendo as Coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) das amostras matriciais obtidas em campo (VERDADE DE CAMPO) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES (ANEXO 3); tendendo ao eixo diagonal da sub-bacia hidrográfica. Cada parcela possui o formato de uma matriz 4X4 representativa da verdade de campo contendo as classes de uso e ocupação da terra obtidas segundo as amostras de categorias de uso e ocupação da terra extraído de uma imagem do satélite "Quick Bird" com resolução espacial de 0,6 m em composição colorida normal e falsa-cor (ANEXO 02).

Para a demarcação da parcela, foi adotado uma sequência de passos (Figura 8), sendo:

- a) Localização da coordenada UTM X e Y central da matriz;
- b) fixação do esquadro de agrimensor e, localização do Norte magnético com a bússola;
- c) caminhamento pela parcela de 80m x 80m, sempre a partir do ponto central iniciando pelo Norte, Leste, Sul e Oeste;
- d) demonstração do ângulo de 90 graus na demarcação das parcelas e;
- e) esquema representativo de uma sub-parcela de 20m x 20m.

Os pontos coletados em campo são representativos das condições reais de campo (verdade de campo) contendo as classes de uso e ocupação da terra. Associados às coordenadas geográficas X e Y, foram realizados registros fotográficos com a câmera digital.

Os dados obtidos em campo, em cada matriz 4 x 4, foram agrupados de forma a constituir uma matriz única da área, matriz 6 x 6, possibilitando a construção da matriz de confusão e a determinação do cálculo DG e K.



Figura 8 – Sequência de passos para alocação da parcela.

3.3.3.2. Estimativa do Erro pelo Desempenho Global e Índice Kappa e análise estatística

Foi montada a matriz de confusão, a qual é formada por um arranjo quadrado de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de unidades amostrais de uma categoria particular relativa inferida por um classificador (ou regra de decisão), comparada com a categoria atual verificada no campo (CONGALTON e GREEN, 1998).

A representação matemática da matriz de confusão, adotada para a representação do estudo encontra-se na Figura 9.

Abaixo nas colunas, representou-se o conjunto de dados de referência (mapa de verdade de campo) que foi comparado com os dados do produto da classificação (mapa fotointerpretado) representados ao longo das linhas. Realizou-se a tabulação cruzada entre os dados do mapa fotointerpretado e o mapa de verdade de campo. Os elementos da diagonal principal (em negrito) indicaram o nível de concordância entre os mapas de verdade de campo e o fotointerpretado.

MATRIZ 6 X 6		MAPA DE VERDADE DE CAMPO						
MAPA FOTOINTERPRETADO	CLASSES	Campo Sujo	Capoeira	Fragmento Rochoso	Pastagem	Solo exposto	Várzea	Soma Linhas
	Campo Sujo	X₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X_{1j}
	Capoeira	X ₂₁	X₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X_{2j}
	Fragmento Rochoso	X ₃₁	X ₃₂	X₃₃	X ₃₄	X ₃₅	X ₃₆	X_{3j}
	Pastagem	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X₄₄	X ₄₅	X ₄₆	X_{4j}
	Solo exposto	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X₅₅	X ₅₆	X_{5j}
	Várzea	X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅	X₆₆	X_{6j}
	Soma das Colunas	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}	X_{i5}	X_{i6}	$X_n = \sum \sum X_{ij}$

Figura 9 - Representação Matemática da matriz de confusão da sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre – ES.

Com o propósito de avaliar a acurácia dos mapas de uso e ocupação da terra para os cenários 1 e 2, aplicou-se o cálculo do DG e do K.

O DG é calculado dividindo a soma da diagonal principal da matriz de erros X_{ij} , pelo número total de amostras (X_n), determinado pela Equação 1 (FONSECA, 2000).

$$DG = \frac{D}{T} \quad (1)$$

Em que:

DG = Desempenho global;
D = Elementos da diagonal principal; e
T = Número total de amostras.

O IK varia de 0 a 1, e os dados serão mais acurados quanto mais o índice se aproximar de 1. O IK pode ser representado pela Equação 2 (CONGALTON e GREEN, 1998):

$$IK = \frac{(D - Q)}{(T - Q)} \quad (2)$$

Em que:

IK = índice de Kappa;
D = soma dos valores da diagonal principal da matriz;
Q = coeficiente entre o erro de comissão e o erro de omissão; e
T = número total de amostras.

Para determinação do coeficiente entre o erro de comissão e o erro de omissão (Q), é utilizada a Equação 3 (CONGALTON e GREEN, 1998):

$$Q = (EO * EC / T + \dots + EOn * ECn / T) \quad (3)$$

Em que:

Q = Coeficiente entre o erro de comissão e o erro de omissão;

EO = Erro de Omissão; e

EC = Erro de Comissão.

Os níveis de intervalos e concordância dos resultados do desempenho global encontram-se na Tabela 1 e os do índice Kappa na Tabela 2.

Tabela 1 – Níveis de intervalos e concordância dos resultados do desempenho global

Valor de Desempenho Global	Concordância
$K \leq 0$	Pobre
$0,2 \leq K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 \leq K \leq 0,6$	Bom
$0,6 \leq K \leq 0,8$	Muito bom
$K \geq 0,8$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000).

Tabela 2 – Níveis de intervalos e concordância dos resultados do índice Kappa

Valor de kappa	Concordância
$K \leq 0,4$	Pobre
$0,4 \leq K \leq 0,8$	Razoável
$K \geq 0,8$	Excelente

Fonte: Congalton e Green (1998).

De posse das áreas (km²) e perímetros (km) dos mapas de uso e ocupação do solo, inicialmente será realizada a comparação estatística pelo Teste *t* entre os cenários 1 e 2, objetivando avaliar diferença existente entre sensores sub-orbitais (aerofotos digitais – cenário 1) e orbitais (imagens do satélite GEOEYE – cenário 2).

O Teste *t* consiste num testes de comparação entre duas médias, Equação 4, a partir das hipóteses:

$$H_0: M_x = M_y$$

$$H_a: M_x \neq M_y$$

Com α : 5% e Gl: $n_1 + n_2 - 2$

Sendo utilizada a seguinte fórmula:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{Sc^2 * \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny} \right)}} \quad (4)$$

Em que:

\overline{X}_1 = média do tratamento X;

\overline{X}_2 = média do tratamento Y;

Sc^2 = variância;

nx = número de amostras de X;

ny = número de amostras de Y; e

Gl = grau de liberdade.

3.3.4. Etapa 4: Análise do Confronto de Uso e Ocupação da Terra com as Áreas de Preservação Permanente sem Sobreposição para a Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre - ES, considerando os Cenários 01 e 02

Determinadas as áreas de APPs para os cenários 01 e 02, realizou-se a verificação “in loco”, por meio de fotografias digitais e GPS, sobre a real utilização e ocupação da terra. Foram avaliadas as situações em que se encontravam as APPs em confronto com a legislação vigente, tendo como foco a variabilidade de classes, relevo e ambientes comumente encontrados na sub-bacia do córrego Horizonte.

Foi realizada a quantificação percentual da área de APPs real em relação à exigência legal; bem como o percentual de uso e ocupação da terra que diverge das APPs, localizadas dentro da área total das APPs.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MOSAICAGEM E FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA PARA OS CENÁRIOS 01 E 02

4.1.1. Mosaicagem dos Cenários 01 e 02

A composição “RGB” das bandas espectrais para o cenário 01 da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, permitiram a composição de uma imagem que se aproxima da capacidade de percepção do olho humano (Figura10).

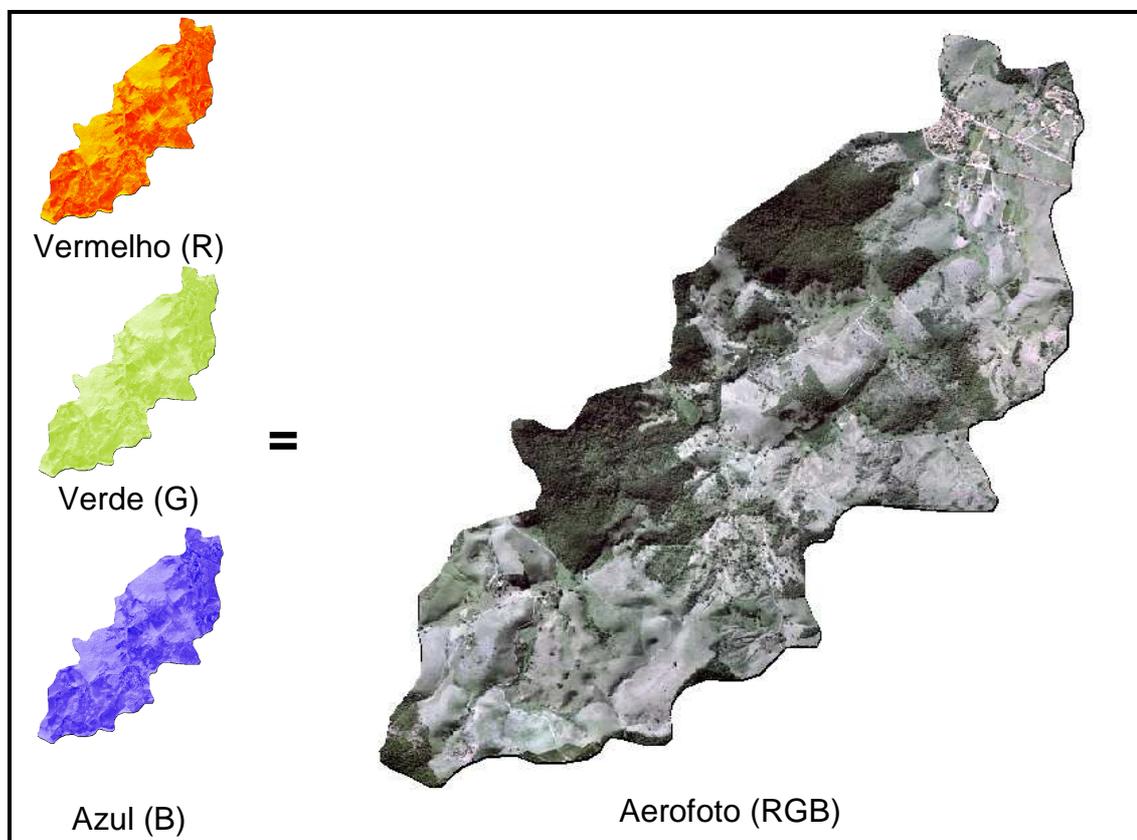


Figura 10 – Composição “RGB” da aerofoto da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre – ES (2007) .

O pré-processamento da imagem matricial foi fundamental, porque as imagens apresentam diferentes respostas em relação à energia eletromagnética, devido à variação na cobertura sobre a terra (água, solo, vegetação, minerais e outros). Além disso, as imagens sofrem também influência da vizinhança, que devido à condição e incidência da iluminação

poderá ocasionar o sombreamento topográfico, interferindo na fotointerpretação (SANTOS et al., 2010).

Para Santos et al. (2010) uma das características das imagens digitais é o parâmetro denominado frequência espacial, o qual é definido como o número de mudanças no valor de brilho por unidade de distância para qualquer parte da imagem.

Em áreas relativamente grandes, comumente utilizadas em monocultivos, tem-se pouca variação no valor de brilho, caracterizando a região como de baixa frequência. Contrariamente, em pequenas áreas, tem-se grande variação nos valores de brilho, caracterizando a região como de alta frequência (limites de plantações, redes de transporte, estruturas geológicas, dentre outros).

As distorções podem ser classificadas em radiométricas e geométricas. As distorções radiométricas alteram os níveis de cinza de cada elemento da imagem enquanto as geométricas alteram a distribuição espacial dos elementos de imagem, especialmente na escala, na afinidade e na orientação.

No cenário 02, de posse das composições coloridas normal e falsa-cor, oriundas da transformação "IHS/RGB", foi possível fotointerpretar com maior qualidade as classes amostrais de uso e ocupação da terra para a sub-bacia do córrego Horizonte (Figura 11), diminuindo, consideravelmente, o erro, culminando com a obtenção de medidas mais precisas e exatas.

A interação da REM com a vegetação produz vários efeitos, em função da composição "RGB" e da falsa cor. Na faixa do visível, a pigmentação das folhas é predominante, sendo a maior parte absorvida e o restante refletido, sendo possível observar, a predominância da "REM" verde, pela coloração das folhas.

A interação da REM também é influenciada pelo teor de umidade no ambiente; onde quanto maior a umidade ambiental, maior absorção e menor reflectividade.

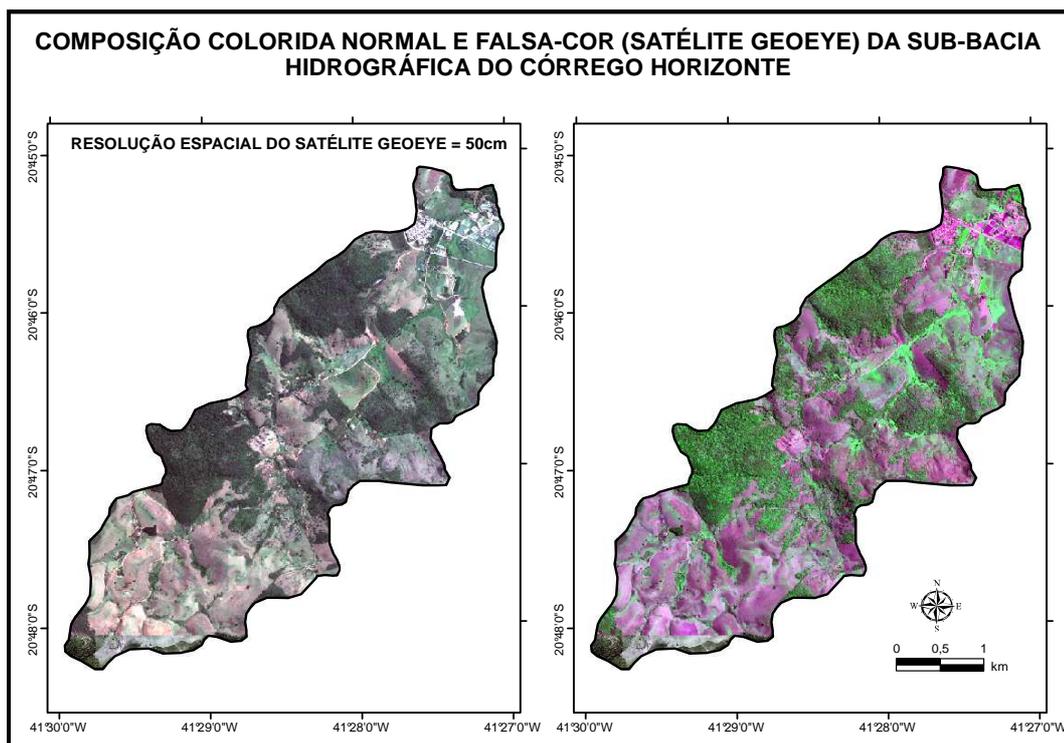


Figura 11 - Composição colorida normal e falsa-cor (satélite Geoye) da sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES (2009).

4.1.2. Fotointerpretação das Classes Amostrais de Uso e Ocupação da Terra para os Cenários 01 e 02

4.1.2.1. Fotointerpretação das classes amostrais de uso e ocupação da terra do cenário 01

No presente cenário, verificou-se a grande variedade de usos da terra, sendo interessante destacar, de forma geral, a diversidade de relevos; de ambientes, rurais e urbanos; de vias, com e sem pavimentação e de hidrografia.

No mapa de uso e ocupação da terra para o cenário 01 (Figura 12), é possível a visualização da fotointerpretação da sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre-ES.

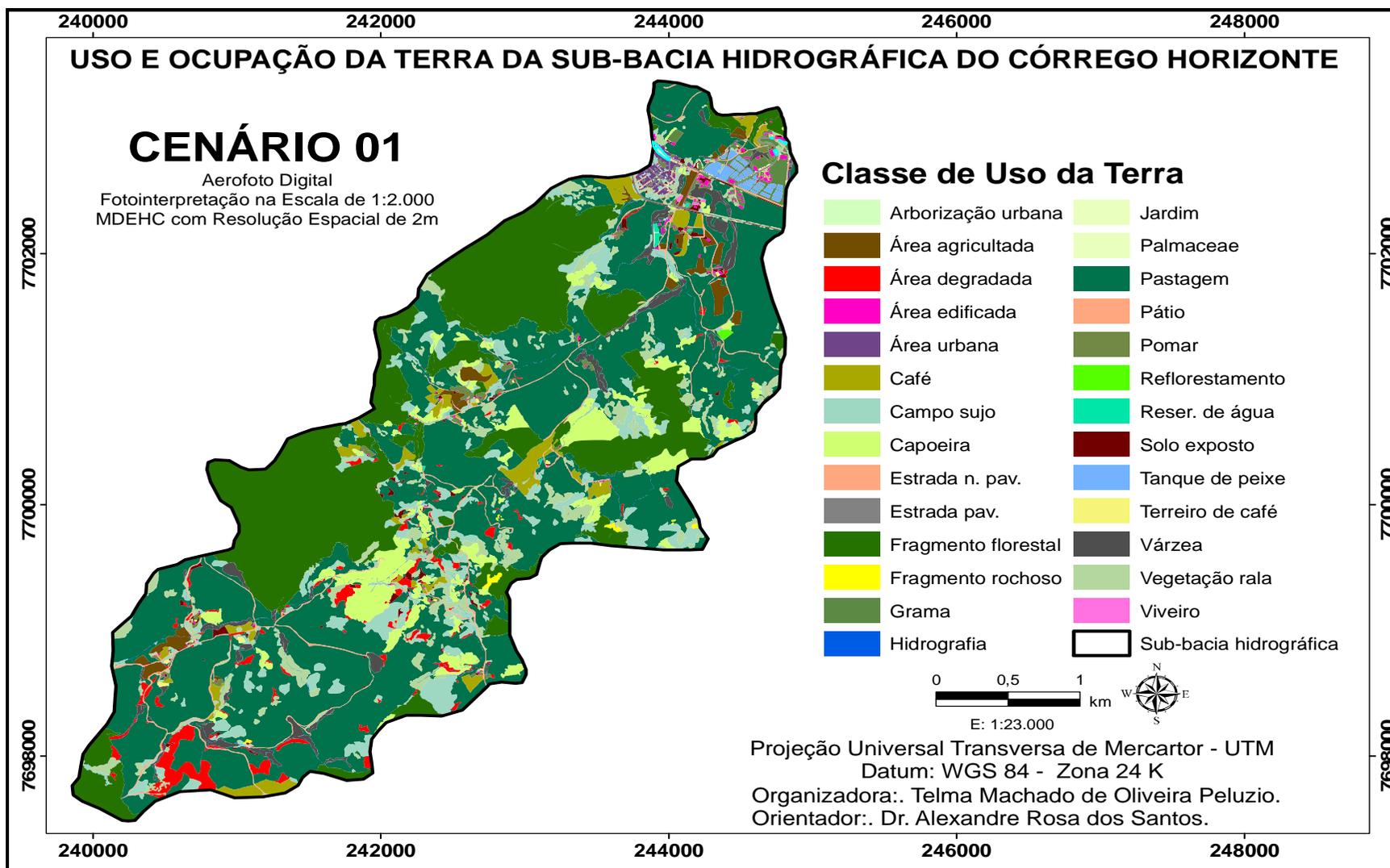


Figura 12. Uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES, considerando o cenário 01.

Os dados da fotointerpretação da área de estudo para o cenário 01 encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Área e porcentagem do uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES, 2007, considerando o cenário 01

Classes	Área (ha)	Porcentagem (%)
Arborização urbana	1,05	0,08
Área agricultada	17,15	1,30
Área degradada	25,78	1,96
Área edificada	3,87	0,29
Área urbana	4,07	0,31
Café	33,68	2,56
Campo sujo	80,43	6,11
Capoeira	70,76	5,37
Estrada n. pavimentada	17,11	1,30
Estrada pavimentada	3,05	0,23
Fragmento florestal	319,45	24,26
Fragmento rochoso	1,60	0,12
Grama	11,19	0,85
Hidrografia	3,00	0,23
Jardim	0,56	0,04
Palmaceae	0,33	0,03
Pastagem	599,62	45,54
Pátio	0,56	0,04
Pomar	8,82	0,67
Reflorestamento	0,56	0,04
Reservatório de água	0,77	0,06
Solo exposto	8,80	0,67
Tanque de peixe	5,80	0,44
Terreiro de café	0,93	0,07
Várzea	28,42	2,16
Vegetação rala	68,90	5,23
Viveiro	0,34	0,03
Total	1316,61	100,00

Avaliando-se os resultados que constam da Tabela 3, percebe-se que apesar da diversidade de uso da terra na área estudada, ocorre o predomínio de pastagem (45,54%) e de fragmentos florestais (24,26%), que em conjunto compõem 69,80% da área total. Se a estas classes se acrescer as áreas ocupadas com campo sujo (6,11%) e vegetação rala (5,23%), considerando-as, respectivamente, como pastagem mal cuidada e fragmento florestal em recuperação, verificar-se-á que 81,14% da área de estudo encontra-se ocupada por estas quatro classes.

Grande parte da variabilidade do uso da terra se deve a presença do Ifes – *campus* de Alegre, por ser uma escola-fazenda e possuir usos múltiplos em sua área, tais como: área agricultada; campo sujo; café; capoeira; estrada não pavimentada; estrada pavimentada; gramado; cursos d'água (hidrografia); palmáceas; pastagem; pátio; reservatório de água; tanque de peixe; várzea; vegetação rala; fragmento florestal; viveiro e; área degradada.

Em fotointerpretação das interações da REM com o solo; Swain e Davis (1978) observaram que as interações com o solo são possíveis em solo nu associados à textura (proporção de argila, silte e areia), do teor de matéria orgânica e, dos elementos químicos constituintes do solo, pois as demais situações sempre são influenciadas pela vegetação e, ou, pelo elemento que está sobre a superfície.

4.1.2.2. Fotointerpretação das classes amostrais de uso e ocupação da terra para o cenário 02.

Foram identificadas 27 classes de uso da terra. O grande número de classes deveu-se às mesmas razões apresentadas no cenário 01, item 4.1.2.1.

Os dados da fotointerpretação para o cenário 02, contendo o mapa de uso e ocupação da terra da sub-bacia do córrego Horizonte (Figura 13); enquanto a área e porcentagem em função do uso e ocupação da terra do local de estudo, encontram-se na Tabela 4.

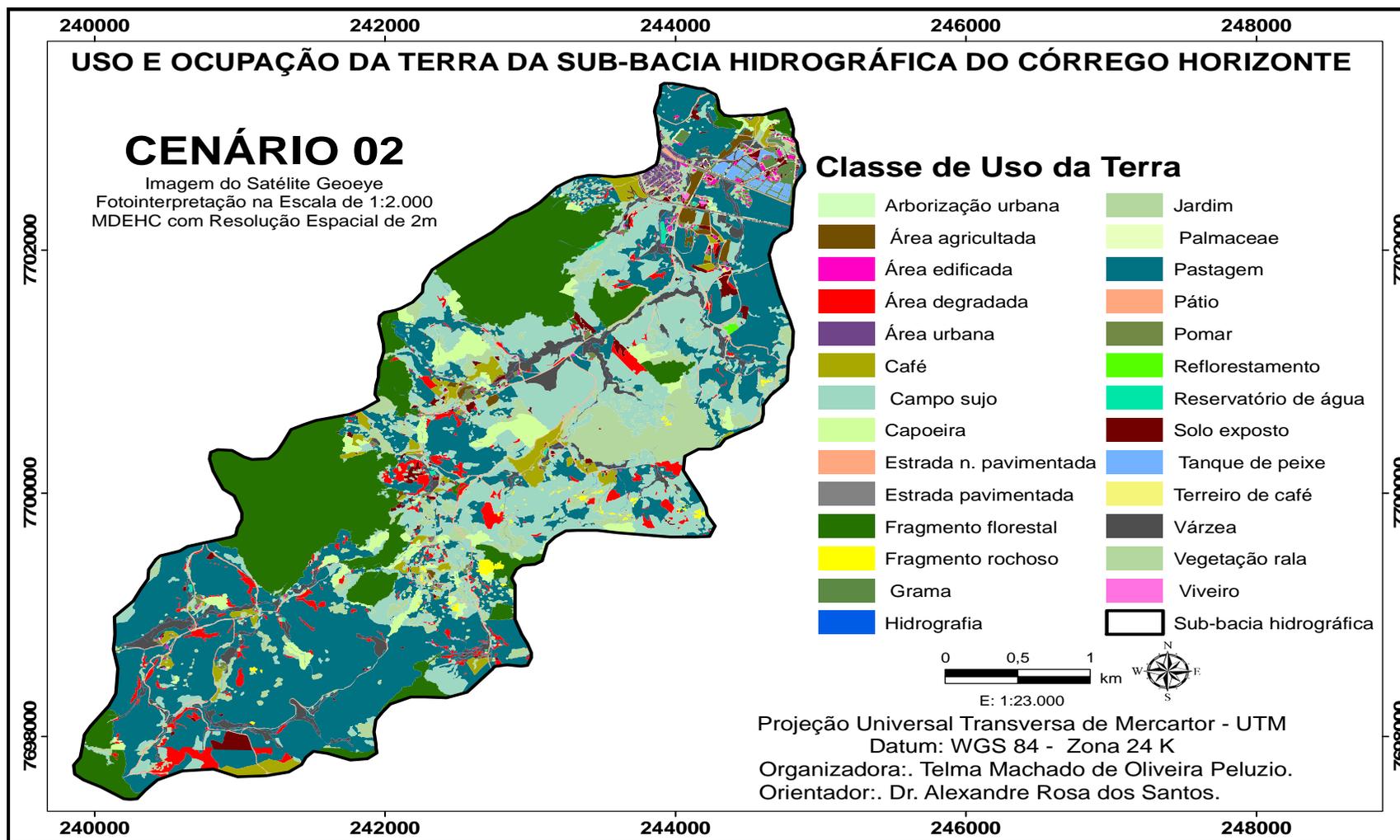


Figura 13. Uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES, considerando o cenário 02.

Tabela 4 – Área e porcentagem em função do uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES, 2007, considerando o cenário 02

Classes	Área (ha)	Porcentagem (%)
Arborização urbana	1,37	0,10
Área agricultada	9,09	0,69
Área degradada	38,76	2,93
Área edificada	4,11	0,31
Área urbana	4,21	0,32
Café	32,69	2,48
Capoeira	41,71	3,16
Campo sujo	239,79	18,16
Estrada n. pavimentada	16,46	1,25
Estrada pavimentada	3,21	0,24
Fragmento florestal	258,07	19,54
Fragmento rochoso	4,56	0,35
Gramma	8,05	0,61
Hidrografia	3,52	0,27
Jardim	0,57	0,04
Palmaceae	0,34	0,03
Pastagem	442,43	33,50
Pátio	0,81	0,06
Pomar	7,01	0,53
Reflorestamento	0,54	0,04
Reservatório de água	1,53	0,12
Solo exposto	21,43	1,62
Tanque de peixe	6,13	0,46
Terreiro de café	0,26	0,02
Várzea	48,88	3,70
Vegetação rala	124,78	9,45
Viveiro	0,34	0,03
Total	1320,64	100,00

A aplicação da falsa-cor facilitou a fotointerpretação, permitindo boa diferenciação entre classes de uso similares, especialmente nos matizes de cores formados por tons de verde, pertencentes à área foliar e ao teor de água da vegetação e do solo.

Em estudo de fotointerpretação de solos com diferentes granulometrias, Swain e Davis (1978), detectaram que um solo argiloso possui maior superfície específica e maior capacidade de retenção de água; portanto, apresenta maior absorção da REM. Por outro lado, um solo arenoso reflete mais do que absorve. O teor de matéria orgânica também afeta a absorção da REM, de forma parecida com o que ocorre com um solo argiloso, sendo

necessário observar, além da presença de água, as condições climáticas e o grau de intemperismo a que foi submetida a região.

Endres et al. (2006), no processo de fotointerpretação das classes de uso do solo em Franca – SP, observou que as áreas de matas, capoeiras e várzeas apresentaram características semelhantes quanto a tonalidade e estrutura. As áreas de pastagens são identificadas por porte rasteiro da comunidade vegetal instalada, diferente do campo sujo que apresenta irregularidade na vegetação espaçada com porte herbáceo.

Associado as similaridades dos usos e ocupação da terra, o cenário 02 também apresenta maior teor de iluminação, ocasionando reflexão principalmente nos solos expostos e nas coberturas das casas. Apesar de melhor qualidade da imagem do cenário 02 em relação ao cenário 01, o brilho dificultou o processo de fotointerpretação.

Apesar de apresentar grande diversidade de uso e ocupação da terra na área de estudo, destacam-se as pastagens (33,50%), os fragmentos florestais (19,54%), o campo sujo (18,16%) e a vegetação rala (9,45%), enquanto as demais categorias apresentam valores inferiores a 4% individualmente.

É interessante destacar que as quatro classes acima descritas, em conjunto, somam 80,65% da área total da sub-bacia.

4.1.2.3. Comparação da Fotointerpretação das Classes Amostrais de Uso e Ocupação da Terra entre os Cenários 01 e 02

Os dados para comparação das áreas das classes amostrais de uso e ocupação da terra entre os cenários 1 e 2 encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação das áreas das classes amostrais de uso e ocupação da terra entre os cenários 01 e 02

Classes	Área (ha)	Área (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)*
	Cenário 01 (C1)	Cenário 02 (C2)	C1 - C2	C1 - C2
Arb. urbana	1,05	1,37	-0,32	-23,36
Área agricultada	17,15	9,09	8,06	47,00
Área degradada	25,78	38,76	-12,98	-33,49
Área edificada	3,87	4,11	-0,24	-5,84
Área urbana	4,07	4,21	-0,14	-3,33
Café	33,68	32,69	0,99	2,94
Campo sujo	80,43	41,71	38,72	48,14
Capoeira	70,76	239,79	-169,03	-70,49
Est. n. pavimentada	17,11	16,46	0,65	3,80
Est. pavimentada	3,05	3,21	-0,16	-4,98
Frag. florestal	319,45	258,07	61,38	19,21
Frag. rochoso	1,6	4,56	-2,96	-64,91
Gramma	11,19	8,05	3,14	28,06
Hidrografia	3	3,52	-0,52	-14,77
Jardim	0,56	0,57	-0,01	-1,75
Palmaceae	0,33	0,34	-0,01	-2,94
Pastagem	599,62	442,43	157,19	26,21
Pátio	0,56	0,81	-0,25	-30,86
Pomar	8,82	7,01	1,81	20,52
Reflorestamento	0,56	0,54	0,02	3,57
Reser. de água	0,77	1,53	-0,76	-49,67
Solo exposto	8,8	21,43	-12,63	-58,94
Tanque de peixe	5,8	6,13	-0,33	-5,38
Terreiro de café	0,93	0,26	0,67	72,04
Várzea	28,42	48,88	-20,46	-41,86
Vegetação rala	68,9	124,78	-55,88	-44,78
Viveiro	0,34	0,34	0	0,00
Total	1316,61	1320,64	-4,03	-0,31

* A diferença porcentual é realizada mediante a equação $\frac{C1 - C2}{C1} \times 100$.

As imagens utilizadas no estudo foram obtidas por equipamentos que possuem diferentes resoluções, interferindo diretamente na qualidade da fotointerpretação e na quantificação das áreas de uso e ocupação da terra.

Das 27 classes fotointerpretadas, existem diferenças positivas e negativas entre os cenários 01 e 02, da área em estudo. Analisando os dados

apresentados anteriormente na Tabela 5, é possível fazer várias subdivisões entre as categorias de uso e ocupação da terra, sendo possível verificar que algumas classes apresentam valores percentuais maiores no cenário 01 em relação ao cenário 02; valores percentuais próximos, considerando os cenários 01 e 02 e valores percentuais maiores do cenário 02 em relação ao cenário 01.

As classes que apresentaram valores percentuais maiores no Cenário 01 em relação ao cenário 02 encontram-se na Tabela 6

Tabela 6 – Classes de uso e ocupação da terra com valores maiores no cenário 01 em relação ao cenário 02

Classes	Área (ha)	Área (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)*
	C1	C2	C1-C2	C1-C2
Área agricultada	17,15	9,09	8,06	47,00
Campo sujo	80,43	41,71	38,72	48,14
Café	33,68	32,69	0,99	2,94
Est. n. pavimentada	17,11	16,46	0,65	3,80
Fragmento florestal	319,45	258,07	61,38	19,21
Gramma	11,19	8,05	3,14	28,06
Pastagem	599,62	442,43	157,19	26,21
Pomar	8,82	7,01	1,81	20,52
Terreiro de café	0,93	0,26	0,67	72,04

A diferença percentual verificada na fotointerpretação das classes do cenário 01 em relação ao cenário 02: área agricultada (47%), café (2,94%), estrada não pavimentada (3,80%), fragmento florestal (19,21%), grama (28,06%), pastagem (26,21%), pomar (20,52%) e terreiro de café (72,04%); se deu em função da interação dos alvos terrestre e a REM, bem como o predomínio de classe que possuem menos confusão, sendo de fácil interpretação, apresentando características de homogeneidade, quando analisada a composição RGB, além de possuírem características específicas tipo curvas de nível para a classe café e outras práticas agrícolas e dossel denso como os fragmentos florestais.

As classes que apresentaram valores percentuais maiores no Cenário 02 em relação ao cenário 01 encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Classes de uso e ocupação da terra com valores maiores no cenário 02 em relação ao cenário 01

Classes	Área (ha)	Área (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)*
	C1	C2	C1-C2	C1-C2
Arbor. urbana	1,05	1,37	-0,32	-23,36
Área degradada	25,78	38,76	-12,98	-33,49
Área edificada	3,87	4,11	-0,24	-5,84
Área urbana	4,07	4,21	-0,14	-3,33
Capoeira	70,76	239,79	-169,03	-70,49
Est. pavimentada	3,05	3,21	-0,16	-4,98
Frag. rochoso	1,60	4,56	-2,96	-64,91
Hidrografia	3,00	3,52	-0,52	-14,77
Pátio	0,56	0,81	-0,25	-30,86
Reser. de água	0,77	1,53	-0,76	-49,67
Solo exposto	8,80	21,43	-12,63	-58,94
Tanque de peixe	5,8	6,13	-0,33	-5,38
Várzea	28,42	48,88	-20,46	-41,86
Vegetação rala	68,9	124,78	-55,88	-44,78

A variação verificada no uso e ocupação do solo no cenário 02 em relação ao cenário 01: Arborização urbana (-23,36%), área degradada (-33,49%), área edificada (-5,840%), área urbana (-3,33%), capoeira (-70,49%), estrada pavimentada (-4,98%), fragmento rochoso (-64,91%), hidrografia (-14,77%), pátio (-30,86%), reservatório de água (-49,67%), solo exposto (-58,94%), tanque de peixe (5,38%), várzea (-41,86%) e vegetação rala (-44,78%). Essa variação deve-se à interação dos alvos terrestres e a REM e a capacidade de composição da imagem com as bandas pancromáticas e infravermelhas, possibilitando um maior detalhamento das áreas, quando envolvem a associação de um maior teor de água e vegetação.

Entre a área edificada e a área urbana, no processo de fotointerpretação, há similaridades entre as cores dos telhados, especialmente quando a telha é de cerâmica; comportando-se como solo exposto, possível de diferenciar devido a sua figura geométrica no formato de quadrado e ou retângulo.

As hidrografias, os tanques de peixe e reservatórios de água, absorvem as REM, se apresentando numa coloração escurecida, facilitando o trabalho de fotointerpretação.

As classes jardim, palmácea, reflorestamento e viveiro apresentam-se idênticas nas fotointerpretações dos cenários 01 e 02. Um fator bastante significativo neste caso foi o conhecimento prévio da área: o jardim, palmácea e viveiro se encontram na área do Ifes - *campus* de Alegre. Observou-se que o efeito sombra da folhagem na classe palmácea auxilia na sua identificação. A área de reflorestamento apresenta folhagens homogêneas (*Eucaliptus sp.*), diferenciando da vegetação nativa.

Apesar da variabilidade na fotointerpretação entre os cenários 01 e 02, após a aplicação do teste t, não existe diferença significativa entre as imagens.

As diferenças encontradas, para mais e para menos, também podem ser influenciadas pela variação temporal de dois anos entre a obtenção do material que constituem o cenário 01 e cenário 02; bem como, modificações devido ao uso e ocupação da terra pelos proprietários.

4.2. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) NO ENTORNO DE NASCENTES; AO LONGO DE CURSOS D'ÁGUA, DECLIVIDADE IGUAL OU SUPERIOR A 45° E TERÇO SUPERIOR DE TOPO DE MORRO, PARA OS CENÁRIOS 01 E 02

4.2.1. Determinação de APPs de Nascentes, Cursos D'Água, Declividade e Topos de Morros para o Cenários 01

De posse do mapa vetorial de hidrografia digitalizada anteriormente para o cenário 01; foram obtidos um total de 60 pontos, representativos das nascentes (Figura 14).

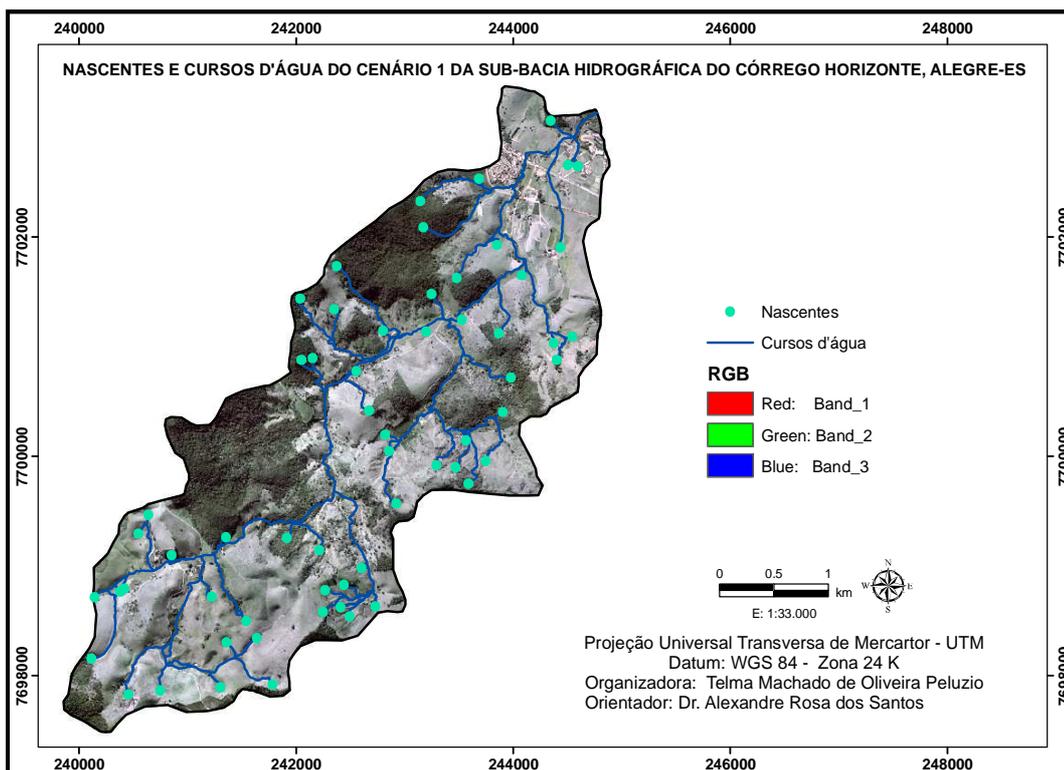


Figura 14 – Nascentes e cursos d’água do cenário 01 da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.

Após a geração dos mapas de APPs do entorno de nascentes, ao longo dos cursos d’água, de declividade e topo de morro, obteve-se o mapa final de APPs da sub-bacia do córrego Horizonte, sem sobreposição de áreas para o cenário 01 (Figura 15); e a quantificação da área real dos diferentes tipos de cada APP e seus percentuais em relação à área total de APP e à área da sub-bacia, considerando o cenário 01 (Tabela 8).

Tabela 8 - Área real dos diferentes tipos de cada APP e seus percentuais em relação à área total de APP e à área da sub-bacia, considerando o cenário 01

APPs	Área (km ²)	Porcentagem da área em relação à área total de APP (%)	Porcentagem da área em relação à área de estudo (%)
Nascentes	0,13	2,11	0,96
Cursos d'água	1,87	31,29	14,17
Declividade	0,04	0,62	0,28
Topo de morro	3,94	65,98	29,89
Total	5,97	100,00	45,29

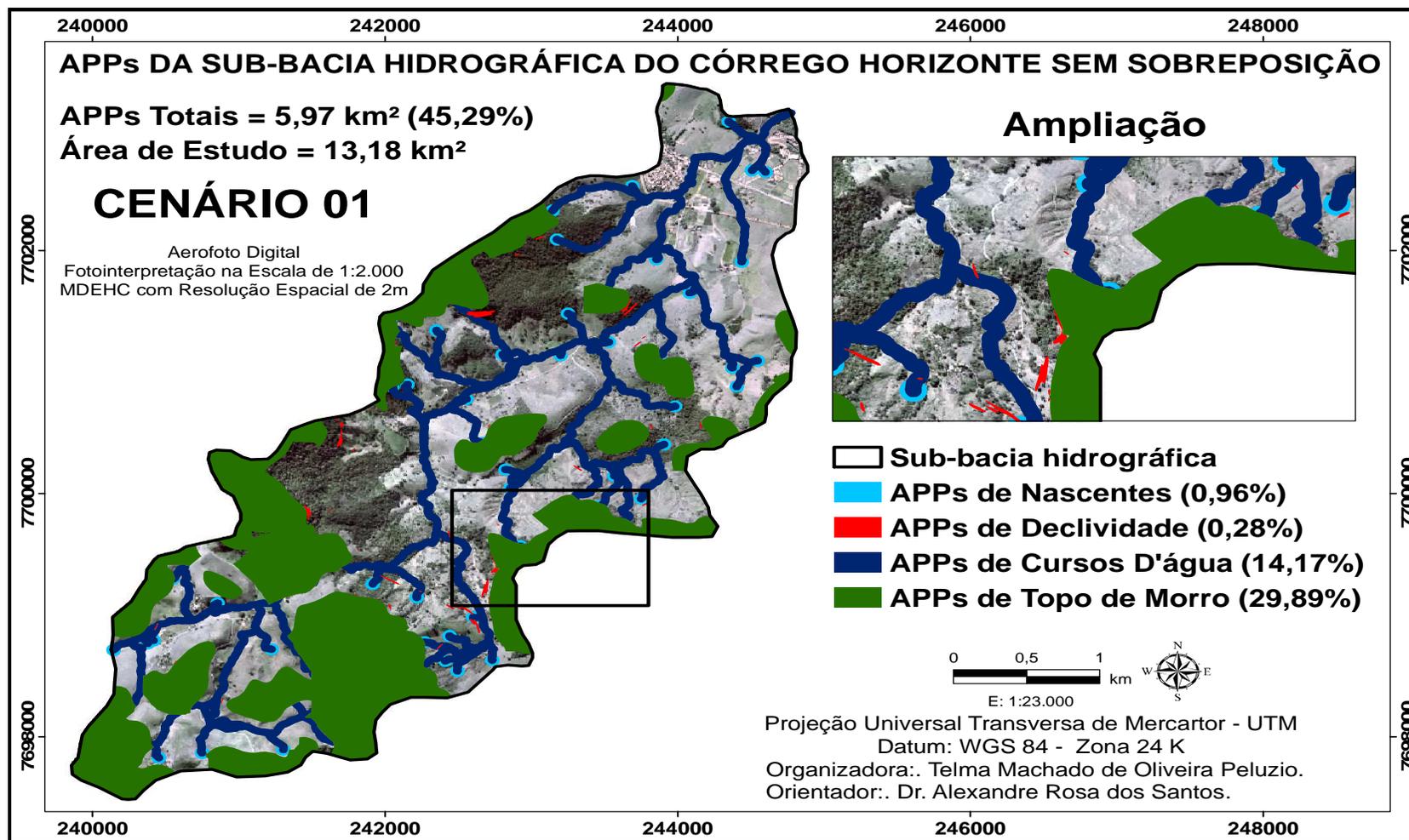


Figura 15 - APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 01.

O somatório das APPs foi de 5,97 km² para o cenário 01, de acordo com o demonstrado na Tabela 6. Sendo possível observar também que as APPs do entorno de nascentes corresponde a 0,13 km² (0,96%), ao longo dos cursos d'água 1,87 km² (14,17%), declividade igual ou superior a 45 graus 0,04 km² (0,28%) e terço superior de topo de morros 3,94 km² (29,89%).

4.2.2. Determinação de APPs de Cursos D'Água, Nascentes, Declividade e Topos de Morros para o Cenário 02

De posse do mapa vetorial de hidrografia digitalizado anteriormente para o cenário 02 foram obtidas um total de 52 pontos, representativos das nascentes (Figura 16).

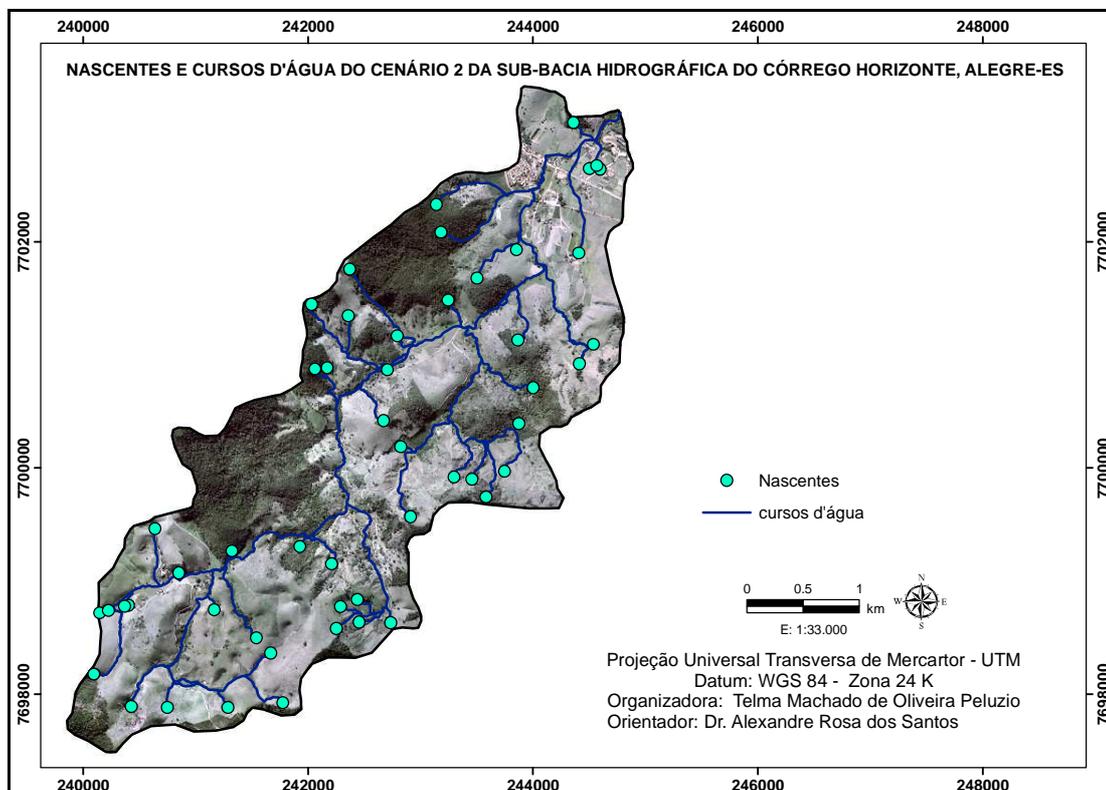


Figura 16 – Nascentes e cursos d'água do cenário 02 da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.

Após a geração dos mapas de APPs do entorno de nascentes, ao longo dos cursos d'água, de declividade e topo de morro, obteve-se o mapa final de APPs da sub-bacia do córrego Horizonte, sem sobreposição de áreas para o cenário 02 (Figura 17).

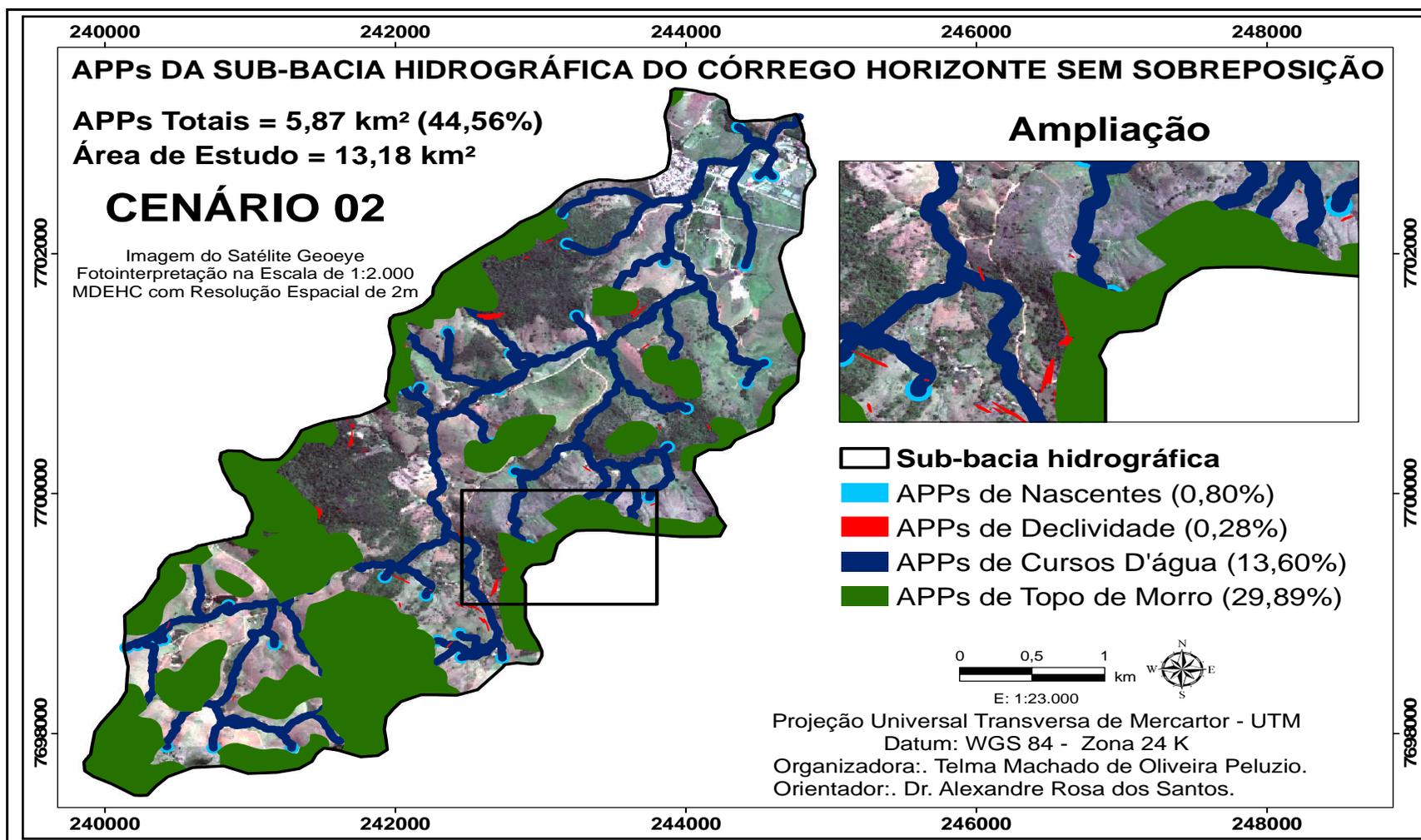


Figura 17- APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES, considerando o cenário 02.

Na Tabela 9, é possível observar a área real dos diferentes tipos de APP e seus percentuais em relação à área total de APP e à área da sub-bacia considerando o cenário 02.

Tabela 9 - Área real dos diferentes tipos de APP e seus percentuais em relação à área total de APP para a sub-bacia, considerando o cenário 02

APPs	Área (km²)	Porcentagem da área em relação à área total de APP (%)	Porcentagem da área em relação à área de estudo (%)
Nascentes	0,10	1,79	0,80
Cursos d'água	1,79	30,52	13,60
Declividade	0,04	0,62	0,28
Topo de morro	3,94	67,06	29,89
Total	5,87	100,00	44,56

O somatório das APPs foi de 5,87 km² para o cenário 02, de acordo com o demonstrado na Tabela 7. Sendo possível observar também que as APPs do entorno de nascentes corresponde a 0,10 km² (0,80%), ao longo dos cursos d'água 1,79 km² (13,60%), declividade igual ou superior a 45 graus 0,04 km² (0,28%) e terço superior de topo de morros 3,94 km² (29,89%).

4.2.3. Confronto das Áreas de APPs de Nascentes, Cursos D'água, Declividade e Topos de Morros entre os Cenários 01 e 02

Ao se comparar os resultados obtidos na quantificação das áreas de APPs dos cenário 01 e 02, constata-se que existe diferença entre as áreas de nascente e cursos d'água, devido ao fato da digitalização individualizada de cada hidrografia, em que o cenário 01 com 1,87 km² ocupa uma maior área que o no cenário 02 com 1,79 km². Conseqüentemente maior nº de nascentes, 60 para o cenário 01 e, 52 no cenário 02, equivalendo a 0,96 km² e 0,80 km² respectivamente. Influenciando no resultado final das áreas de APPs que para o cenário 01 é de 5,97 km², equivale a 45,29 % da área total de estudo; e para o cenário 02 é 5,87Km², equivale a 45,29 % da área total da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte.

Entretanto não foi verificada diferença entre as APPs de declividade (0,04 km²) e topos de morros (3,94 km²), devido ao fato da utilização das mesmas curvas de nível de 20m x 20m que originaram o MDHEC. Neste caso

as qualidades das imagens do cenário 01 e 02, não interferiram no resultado final.

A diversidade do relevo, com muitos morros, característico desta porção do entorno do Caparaó, contribui para predominância das APPs de topos de morros ocupando 65,98% das áreas totais APPs para o cenário 01 e 67,06% para o cenário 02.

A imagem de satélite influenciou na caracterização de uso e ocupação da terra em relação à aerofoto, devido ao nível de maior detalhamento das feições. Quando se compara as Figuras 16 e 18, correspondentes as APPs da área em estudo, sem sobreposição, cenários 01 e 02, constata-se que a área restante de uso e ocupação da terra no cenário 01 é maior em 0,10 km² do que no cenário 2; equivalendo a 0,79% da área total de APPs.

4.3. ESTIMATIVA DO ERRO PELO DESEMPENHO GLOBAL (DG) E ÍNDICE KAPPA (K)

4.3.1. Obtenção dos Dados em Coleta de Campo

Após espacialização dos pontos de coleta de dados em campo em computador, foram selecionadas 6 áreas, totalizando 6400 m² cada, nas quais coletou-se informações para estimar o DG e K. Cada amostra de campo consistiu numa matriz 4 x 4.

Devido a grande variabilidade do relevo da sub-bacia do córrego Horizonte, foram encontrados diversos obstáculos de acesso aos locais determinados previamente pelo programa ArcGis 9.3, tais como: Mata fechada, precipício, pasto muito sujo, brejos e escarpas. Dessa forma, foram feitos ajustes nos pontos sorteados anteriormente, com o objetivo de possibilitar sua obtenção e posterior realização do DG e K. A localização dos pontos amostrais de campo para estimativa do DG e do K, para a sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre - ES encontra-se na Figura 18; enquanto as coordenadas X e Y dos pontos coletados em campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte encontram-se na Tabela 10.

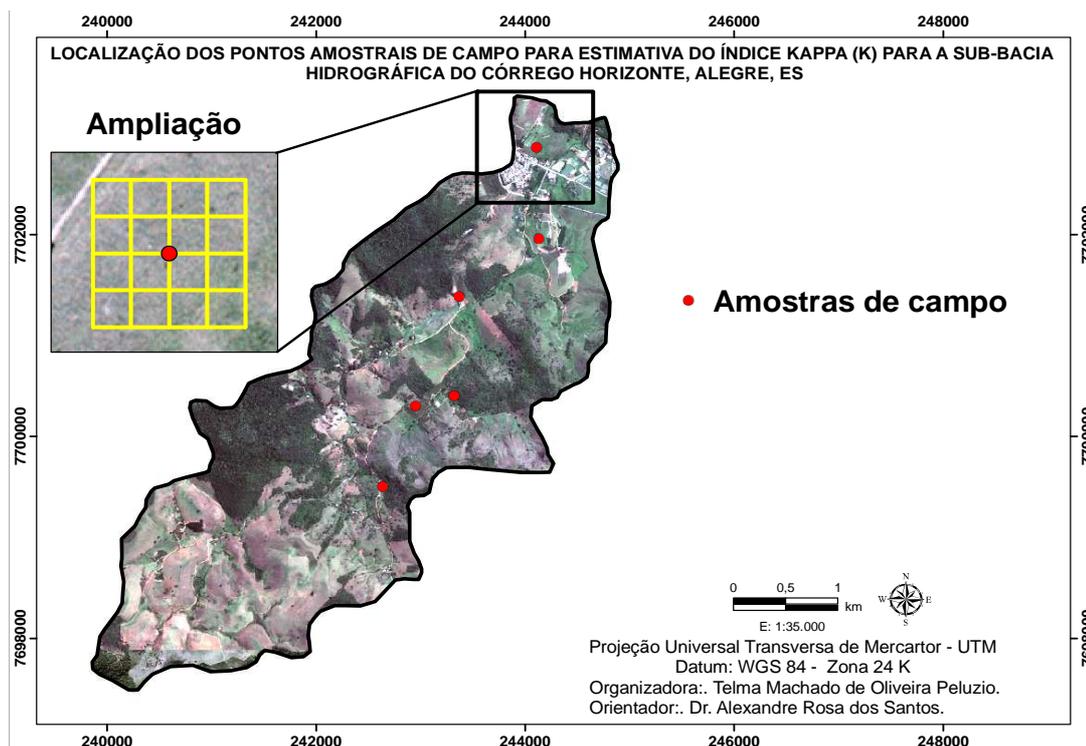


Figura 18: Localização dos pontos amostrais de campo para estimativa do DG e K, para a sub-bacia do córrego Horizonte, Alegre, ES.

Tabela 10 – Coordenadas X e Y dos pontos centrais das parcelas coletados em campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte

Matriz	Coordenadas X (m)	Coordenadas Y (m)
01	2424108	7702866
02	244132	7701963
03	243367	7701387
04	242951	7700304
05	242636	7699503
06	243381	77003881

As imagens das áreas em que foram coletadas as coordenadas nos pontos em campo são mostradas na Figura 19.

No ANEXO 2 estão disponibilizados os exemplos de amostras de categorias de uso e ocupação da terra extraído de uma imagem do satélite *Quick Bird* com resolução espacial de 0,6 m em composição colorida normal e falsa-cor que serviram como referência para a fotointerpretação das amostras das matrizes de fotointerpretação do cenário 01 e 02.

A área “1” é a única que apresenta homogeneidade nos pontos de coletas amostras, as demais parcelas apresentam alguma forma de variação no uso e ocupação da terra, sendo caracterizadas como campo sujo, pastagens, solo exposto, várzea.

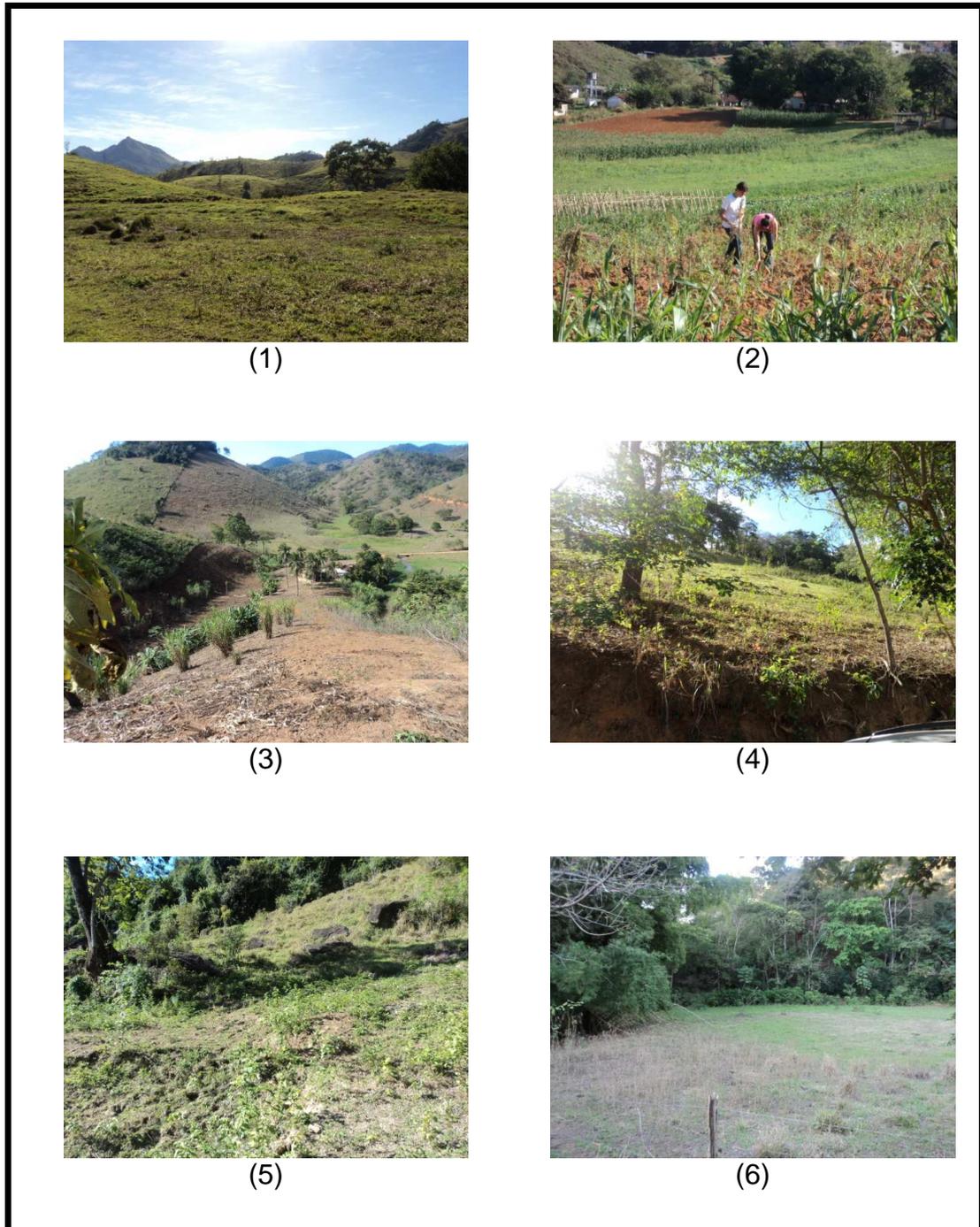


Figura 19 – Imagens das áreas em campo onde foram coletadas as coordenadas X e Y correspondentes aos pontos centrais das parcelas utilizadas para estimativa do DG e K.

4.3.2. Determinação do Desempenho Global e Índice Kappa para o cenário 01

A partir dos resultados obtidos nas coletas em campo das coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) das amostras matriciais obtidas em campo (verdade de campo) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES (ANEXO 03), foi possível a confecção da Figuras 20 e bem como a verdade de campo da matriz cruzada das coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES (ANEXO 04).

AMOSTRA 1 X: 2424108 m e Y: 7702866m				AMOSTRA 2 X: 244132 m e Y: 7701963m				AMOSTRA 3 X: 243367 m e Y: 7701387m			
13	13	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15
13	13	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15
13	13	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15
13	13	13	13	13	13	13	13	7	15	15	15
AMOSTRA 4 X: 242951m e Y: 7700304m				AMOSTRA 5 X: 242636 m e Y: 7699503m				AMOSTRA 6 X: 243381 m e Y: 77003881m			
6	6	6	6	11	13	13	13	16	16	16	13
6	6	6	6	13	13	13	13	6	16	16	16
6	6	6	6	13	13	13	13	13	13	13	16
6	6	6	6	13	13	13	13	13	13	13	13

Figura 20 - Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas em campo (verdade de campo) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES.

Bem como a elaboração da Figura 21, envolvendo as Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas na foteointerpretação do cenário 01 do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, e verdade de campo da matriz cruzada do uso e ocupação da terra para o cenário 01 na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, nas coordenadas UTM (ANEXO 05).

AMOSTRA 1 X: 2424108 m e Y: 7702866m				AMOSTRA 2 X: 244132 m e Y: 7701963m				AMOSTRA 3 X: 243367 m e Y: 7701387m			
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13	7	15	15	13
AMOSTRA 4 X: 242951m e Y: 7700304m				AMOSTRA 5 X: 242636 m e Y: 7699503m				AMOSTRA 6 X: 243381 m e Y: 77003881m			
13	13	13	6	11	13	13	13	16	16	16	13
13	13	6	6	13	13	13	7	16	16	16	16
13	6	6	6	13	13	13	6	13	13	13	16
6	6	6	6	13	6	6	13	13	13	13	13

Figura 21 - Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas na fotointerpretação do cenário 01 do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES.

Construindo a validação cruzada das classes de uso e ocupação da terra entre o mapa fotointerpretado para o cenário 01 e o mapa de verdade de campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES (Quadro 01), sendo possível a realização da estimativa do DG e K para cenário 01.

MATRIZ 6 X 6		MAPA DE VERDADE DE CAMPO						
MAPA FOTOINTERPRETADO	CLASSES	Campo Sujo	Capoeira	Frag. Rochoso	Pastagem	Solo exposto	Várzea	Soma Linhas
	Campo Sujo	10	0	0	3	0	0	13
	Capoeira	0	1	0	1	0	0	2
	Frag. Rochoso	0	0	1	0	0	0	1
	Pastagem	6	0	0	54	10	0	70
	Solo exposto	0	0	0	0	2	0	2
	Várzea	1	0	0	0	0	7	8
	Soma Colunas	17	1	1	58	12	7	96

Quadro 01 - Validação cruzada do mapa fotointerpretado para o cenário 01 e o mapa de verdade de campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES.

Utilizando os dados obtidos na tabela de validação cruzada, para a determinação do DG e K, obteve-se:

$$DG = \frac{D}{T}$$

$$DG = \frac{10+1+1+54+2+7}{96} = \frac{75}{96} = 0,7813 = 78,13\%$$

$$K = \frac{D-Q}{T-Q}$$

$$T = 96$$

$$D = 75$$

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{T} = \frac{13*17+2*1+1*1+70*58+2*12+8*7}{96} = \frac{4364}{96} = 45,46$$

$$K = \frac{D-Q}{T-Q} = \frac{75-45,46}{96-45,46} = \frac{29,54}{50,54} = 0,584 = 58,40\%$$

O DG apresenta 78,13% e K 58,40% quando comparado o mapa de fotointerpretação do cenário 01 em relação ao mapa de verdade de campo. Segundo Congalton e Green (1998), o DG é considerado bom e o K razoável. Já Fonseca (2000), considera tanto DG quanto K bons.

4.3.3. Determinação do Desempenho Global e Índice Kappa para o Cenário 02

A partir dos resultados apresentados anteriormente da Figura 20 e ANEXO 04 (matriz de verdade de campo), e das coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas na fotointerpretação do cenário 02 do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES (Figura 22) e da verdade de campo da matriz cruzada do uso e ocupação da terra para o cenário 02 na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, nas coordenadas UTM Datum WGS84, zona 24 K (ANEXO 06) e da Validação cruzada das classes de uso e ocupação da terra do mapa fotointerpretado para o cenário 02 e o mapa de verdade de campo da sub-

bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES (QUADRO 02), foi possível realizar a estimativa do DG e K para cenário 02.

AMOSTRA 1 X: 2424108 m e Y: 7702866m				AMOSTRA 2 X: 244132 m e Y: 7701963m				AMOSTRA 3 X: 243367 m e Y: 7701387m			
13	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15	6
13	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15	15
13	13	13	13	13	13	13	13	6	15	15	15
13	13	13	13	13	13	13	13	7	15	15	15
AMOSTRA 4 X: 242951m e Y: 7700304m				AMOSTRA 5 X: 242636 m e Y: 7699503m				AMOSTRA 6 X: 243381 m e Y: 77003881m			
13	6	6	6	11	6	6	6	16	16	16	16
13	13	6	6	13	13	6	6	16	16	16	16
6	6	6	6	13	6	6	6	16	16	16	16
6	6	6	6	13	6	6	6	6	16	16	13

Figura 22 - Coordenadas UTM das amostras matriciais obtidas na fotointerpretação do cenário 02 do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.

MATRIZ 6 X 6		MAPA DE VERDADE DE CAMPO						
MAPA FOTINTERPRETADO	CLASSES	Campo Sujo	Capoeira	Frag. Rochoso	Pastagem	Solo exposto	Várzea	Soma Linhas
	Campo Sujo	13	0	0	13	1	0	27
	Capoeira	0	1	0	0	0	0	1
	Frag. Rochoso	0	0	1	0	0	0	1
	Pastagem	03	0	0	37	0	0	40
	Solo exposto	0	0	0	02	11	0	13
	Várzea	01	0	0	6	0	7	14
	Soma Colunas	17	1	1	58	12	7	96

Quadro 02 - Validação cruzada das classes de uso e ocupação da terra do mapa fotointerpretado para o cenário 02 e o mapa de verdade de campo da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES.

Utilizando os dados obtidos na tabela de validação cruzada, para a determinação do DG e K, obteve-se:

$$DG = \frac{D}{T}$$

$$DG = \frac{13+1+1+37+11+7}{96} = \frac{70}{96} = 0,72916 = 72,92\%$$

$$K = \frac{D-Q}{T-Q}$$

$$T = 96$$

$$D = 70$$

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{T} = \frac{27*17 + 1*1 + 1*1 + 40*58 + 13*12 + 14*7}{96} = \frac{3035}{96} = 31,6145$$

$$K = \frac{D-Q}{T-Q} = \frac{70-31,62}{96-31,62} = \frac{38,38}{64,38} = 0,59615 = 59,62\%$$

O DG apresenta 72,93% e K 59,62% quando comparado o mapa de fotointerpretação do cenário em relação ao mapa de verdade de campo. Segundo Congalton e Green (1998), o DG é considerado bom e o K razoável. Já Fonseca (2000), considera tanto DG quanto K bons.

Quando se comparam os índices de DG e K entre os cenários 01 e 02, verifica-se uma variação positiva do DG em 6,67% do cenário 01 em relação ao cenário 02. Entretanto, o K demonstra que o cenário 02 possui uma menor taxa entre os erros de omissão e comissão, em 2,09%, quando comparado com o cenário 01, caracterizando maior nível de detalhamento da imagem do cenário 02.

Essa variação entre os valores de índices de DG e K demonstra que, dependendo do objetivo da fotointerpretação, pode-se optar por uma metodologia ou outra. Se a área em estudo for homogênea, deve-se utilizar a metodologia adotada no cenário 01, visto que, seu DG é superior ao do cenário 02. Caso seja necessário maior detalhamento, deve-se utilizar a metodologia do cenário 02, em decorrência da melhor qualidade aparente e a possibilidade de possuir maiores recursos em relação ao contraste.

Para Nascimento et al. (2005), a utilização do K mostrou-se excelente, na análise do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de APPs na bacia hidrográfica do rio Alegre; condições semelhantes foram encontradas por Soares (2009), no mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia do rio Piancó, com imagens do sensor AVNIR-2/ALOS.

Através da análise estatística pelo teste t, a variação entre os teste de DG e K, não apresenta significância.

4.4. ANÁLISE DO CONFRONTO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA COM AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE SEM SOBREPOSIÇÃO PARA A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HORIZONTE, ALEGRE - ES, CONSIDERANDO OS CENÁRIOS 01 E 02

Existe uma grande preocupação na atualidade, especialmente no meio acadêmico, de se estabelecer métodos que possibilitem a utilização dos recursos naturais de forma sustentável. Uma das estratégias mais adotadas é a criação de diplomas legais que na maioria das vezes, em função de dificuldades na sua aplicação prática, não desencadeiam as ações desejadas ou essas, quando ocorrem, demandam um enorme hiato de tempo a partir da promulgação. Chega-se ao ponto, no Brasil, de haver orientações legais que “pegam” e outras, “que não pegam”. Um exemplo desse tipo de legislação é o Código Florestal, que está em vigor há 45 anos e pouco contribuiu para a efetivação das mudanças nele propostas.

Os mapas que apresentam o confronto do uso e ocupação da terra com as APPs, sem sobreposição, para a área em estudo nos cenários 01 e 02, encontram-se, respectivamente, nas Figuras 23 e 24.

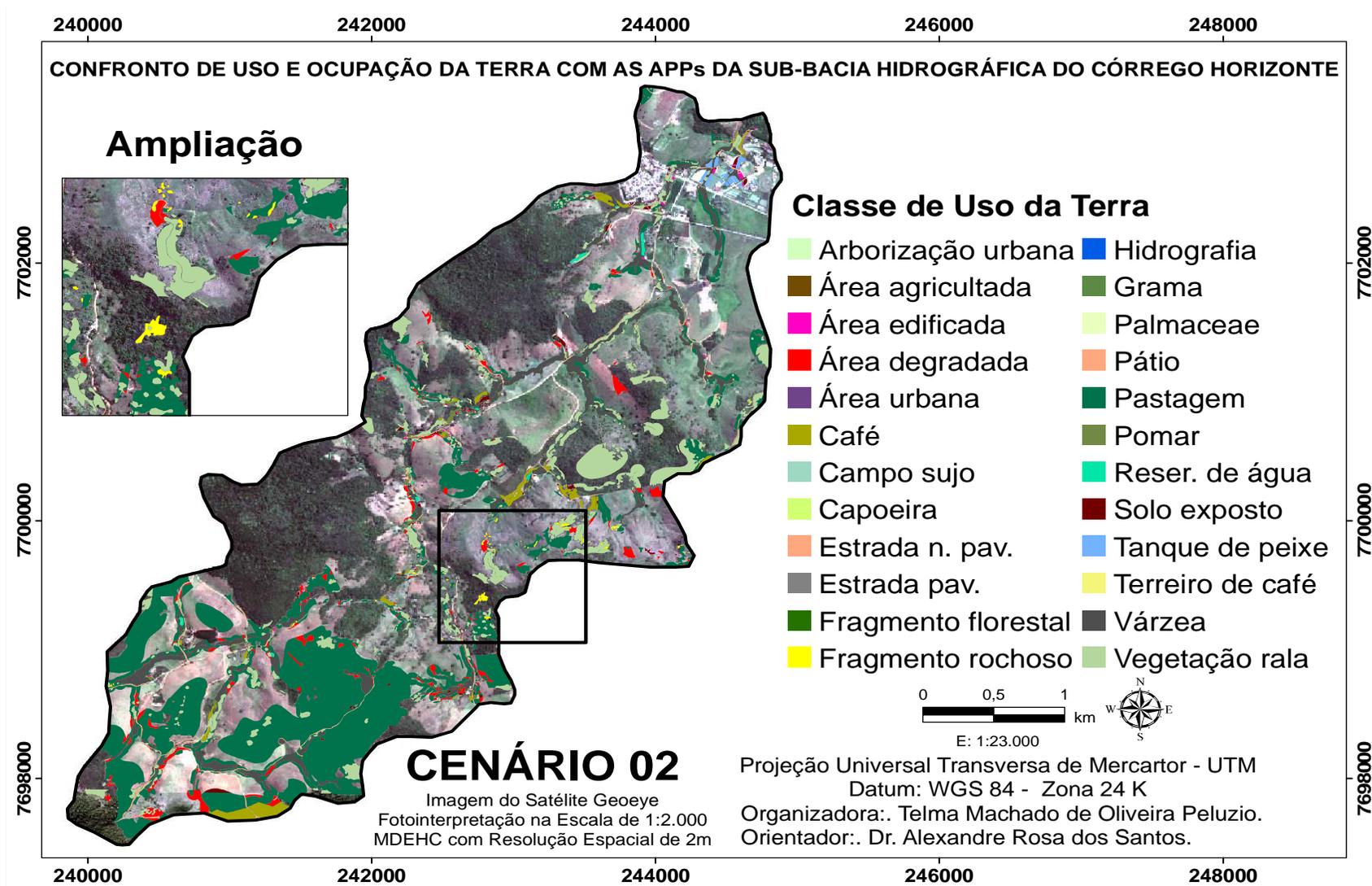


Figura 24 - Confronto de uso e ocupação da terra com as APPs sem sobreposição para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, considerando o cenário 02.

Os valores percentuais e áreas totais relativas a cada classe de uso e ocupação da terra, para os cenários 01 e 02, exaradas dos mapas de confronto de uso e ocupação da terra com as APPs sem sobreposição, são mostrados, respectivamente, nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Área, perímetro e porcentagem da área correspondente a APP ocupada de forma irregular, após o confronto sem sobreposição, para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES, considerando o cenário 01

Classe	Área (ha)	Porcentagem da área (%)
Arborização urbana	0,20	0,03
Área agricultada	4,27	0,72
Área degradada	11,01	1,85
Área edificada	0,61	0,10
Área urbana	0,26	0,04
Café	11,27	1,89
Campo sujo	38,65	6,50
Capoeira	33,40	5,61
Estrada não pavimentada	6,44	1,08
Estrada pavimentada	0,36	0,06
Fragmento florestal	171,96	28,90
Fragmento rochoso	0,97	0,16
Gramma	1,36	0,23
Hidrografia	2,98	0,50
Palmaceae	0,04	0,01
Pastagem	248,63	41,79
Pátio	0,02	0,00
Pomar	3,32	0,56
Reservatório de água	0,40	0,07
Solo exposto	1,48	0,25
Tanque de peixe	1,56	0,26
Terreiro de café	0,14	0,02
Várzea	22,20	3,73
Vegetação rala	33,47	5,63
Total	595,00	100,00

No cenário 01, observa-se que do total de área que deveria estar ocupada com APPs, somente 35,92% (213,73 ha) encontra-se como tal, havendo um déficit de 64,08% (381,28 ha) que se encontra ocupado por outras classes (Tabela 12). Para esta avaliação, considerou-se as seguintes classes como pertencentes a APP: fragmento florestal e rochoso; várzea; hidrografia; reservatório de água e; capoeira. Faz-se necessário lembrar que a área total da sub-bacia, neste cenário foi de 1316,61 ha.

Ainda no cenário 01, percebe-se que a pastagem representa a classe que mais ocupa as áreas enquanto, que estas deveriam ser destinadas à preservação permanente, correspondendo a 41,79% (248,63 ha) da área total ou 65,22% do déficit de APP para o cenário em questão.

Tabela 12 - Área, perímetro e porcentagem do uso e ocupação da terra após o confronto com as áreas de APPs, sem sobreposição, para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre - ES, considerando o cenário 02

Classe	Área (ha)	Porcentagem da área (%)
Arborização urbana	0,15	0,03
Área agricultada	2,25	0,38
Área degradada	13,80	2,34
Área edificada	0,76	0,13
Área urbana	0,27	0,05
Café	10,69	1,82
Campo sujo	79,86	13,57
Capoeira	24,28	4,13
Estrada n. pavimentada	5,30	0,90
Estrada pavimentada	0,33	0,06
Fragmento florestal	137,81	23,42
Fragmento rochoso	1,36	0,23
Gramma	0,57	0,10
Hidrografia	3,52	0,60
Palmaceae	0,04	0,01
Pastagem	200,78	34,12
Pátio	0,05	0,01
Pomar	2,36	0,40
Reservatório de água	1,18	0,20
Solo exposto	3,62	0,62
Tanque de peixe	1,81	0,31
Terreiro de café	0,02	0,01
Várzea	38,40	6,53
Vegetação rala	59,25	10,07
Total	588,41	100,00

No cenário 02, observa-se que do total de área que deveria estar ocupada com APPs somente 35,11% (206,59 ha) encontra-se como tal, havendo um déficit de 64,89% (381,82 ha), que se encontra ocupado por outras classes (Tabela 13). Para esta avaliação, considerou-se as mesmas classes adotadas no cenário 01. Faz-se necessário lembrar que a área total da sub-bacia, neste cenário 1320,64 ha.

Ainda no cenário 02, como ocorreu no cenário 01, a pastagem, também representa a classe que mais ocupa as áreas que deveriam ser destinadas à

preservação permanente, correspondendo a 34,12% (200,78 ha) da área total ou 52,58% do déficit de APP para o cenário em questão.

Confrontando-se os resultados obtidos nos dois cenários, verifica-se que as imagens utilizadas conduziram a valores diferentes, tanto na área total quanto nas áreas individualizadas por classe (Tabelas 11 e 12). As observadas diferenças conduziram a comparação do percentual de classes de uso da terra em APPs entre os cenários 01 e 02 (Tabela 13).

Tabela 13 - Comparação do percentual de classes de uso da terra em APPs entre os cenários 01 e 02

Classe	Cenário 1 (C1) (%)	Cenário 2 (C2) (%)	Diferença C1-C2	Diferença porcentual*
Arborização urbana	0,03	0,03	00	00
Área agricultada	0,72	0,38	0,34	47,22
Área degradada	1,85	2,34	-0,49	-26,47
Área edificada	0,10	0,13	-0,03	-30,00
Área urbana	0,04	0,05	-0,01	-25,00
Café	1,89	1,82	0,07	3,70
Campo sujo	6,50	13,57	-7,07	-108,77
Capoeira	5,61	4,13	1,48	26,38
Estrada n. pavimentada	1,08	0,90	0,18	16,67
Estrada pavimentada	0,06	0,06	00	00
Fragmento florestal	28,90	23,42	5,48	18,96
Fragmento rochoso	0,16	0,23	-0,07	-43,75
Grama	0,23	0,10	0,13	56,52
Hidrografia	0,50	0,60	-0,10	-20,00
Palmaceae	0,01	0,01	00	00
Pastagem	41,79	34,12	7,67	18,35
Pátio	0,00	0,01	-0,01	-100
Pomar	0,56	0,40	0,16	28,57
Reservatório de água	0,07	0,20	-0,13	-185,71
Solo exposto	0,25	0,62	-0,37	-148,00
Tanque de peixe	0,26	0,31	-0,05	-19,23
Terreiro de café	0,02	0,01	0,01	50,00
Várzea	3,73	6,53	-2,8	-75,08
Vegetação rala	5,63	10,07	-4,44	-78,86

Verifica-se divergência entre as classes de ocupação das APPs, em decorrência da fotointerpretação dos cenários 01 e 02 que serviram de base para esse confronto. Verificando-se que, existem diferenças positivas e negativas entre os cenários 01 e 02, da área em estudo.

As classes que apresentaram valores percentuais maiores de classes de uso da terra em APPs no Cenário 01 em relação ao cenário 02, são: Área

agricultada, capoeira, estrada não pavimentada, fragmento florestal, grama, pastagem, pomar e terreiro de café.

As classes que apresentaram valores porcentuais maiores de classes de uso da terra em APPs no Cenário 02 em relação ao cenário 01, são: Área degradada, área edificada, área urbana, campo sujo, fragmento rochoso, hidrografia, pátio, reservatório de água, solo exposto, tanque de peixe, várzea, vegetação rala.

É possível afirmar que entre as classes de arborização urbana, café, estrada pavimentada e, Palmaceae não existe variação entre as imagens do cenário 01 e 02.

Devido a estas diferenças faz-se necessário a padronização de uma metodologia nacional para determinação das APPs, equalizada em função das características regionais, de forma a evitar contestação judicial, nem prejudicar as partes interessadas.

A sub-bacia do córrego Horizonte devido a suas características do relevo, e possuir um aglomerado urbano em seu domínio, estão muito susceptíveis a ação antropogênica, podendo afetar negativamente a manutenção dos seus recursos naturais. Em longo prazo pode ocasionar perdas irreparáveis para a agricultura local, tais como a perda da fertilidade do solo, redução da infiltração de água no lençol freático, elevação do leito dos córregos, assoreamento dos cursos d'água, deslizamento de barreiras, perda da qualidade da água dentre outros.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que os estudos foram conduzidos, a análise dos resultados permitiu-se apresentar as seguintes conclusões:

5.1. Foram identificadas 27 classes de uso da terra para os cenários 01 e 02. As classes de pastagem e fragmento florestal ocupam maiores áreas nos dois cenários; correspondendo a 45,54% e 24,26% no cenário 01 e 33,50% e 19,54% no cenário 02, respectivamente.

5.2. As áreas que deveriam ser destinadas a APPS no cenário 01 e 02 totalizam 5,97 km² e 5,87 Km², respectivamente, diferindo apenas nas categorias de em torno de nascentes (0,13 km² e 0,10 km²) e, ao longo dos cursos d'água (1,87 km² e 1,79 km²), não havendo diferença para as APPs de declividade igual ou superior a 45 graus (0,04 km²) e APPs de terço superior de topo de morro (3,94 km²).

5.3. Verificou-se uma variação positiva do DG em 6,67% do cenário 01 em relação ao cenário 02. Entretanto o K demonstra que o cenário 02 possui uma menor taxa entre os erros de omissão e comissão em 2,09%, não apresentado significância pela análise estatística em nível de 5% pelo teste t.

5.4. Da área de 5,97 km² que deveria ser destinada para APPs no cenário 01; apenas 35,92% (213,72 ha) dessa área é utilizada para esse fim, havendo um déficit de 64,08% (381,28 ha), dos quais as pastagens ocupam 41,79% (248,63 ha) da área total ou 65,22% do déficit de APP para o cenário em questão.

5.5. Da área de 5,87 km² que deveria ser destinada para APPs no cenário 02; apenas 35,11% (206,59 ha) dessa área são utilizadas para esse fim, havendo um déficit de 52,58%, dos quais as pastagens ocupam 34,12% (200,78 ha) da área total ou 65,22% do déficit de APP.

5.6. Confrontando-se os resultados obtidos para os cenários 01 e 02, verificou-se que as imagens utilizadas conduziram a valores diferentes, tanto na área total quanto nas áreas individualizadas por classe em função da diferença temporal entre as imagens, da interação entre a REM e as feições de cobertura da terra, associadas aos dispositivos tecnológicos das bandas espectrais do RGB e infravermelho próximo dos diferentes sensores aerofotogramétricos (cenário 01) e orbitais (cenário 02).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO. S.M.V.G. **As áreas de preservação permanente e a questão urbana**. Consultoria legislativa da Câmara dos Deputados, Brasília, ago. 2002. Disponível em : <http://www2.camara.gov.br/publicações/estnottecqtema14qpdfq2007730.pdf>; Acesso em: 27/07/2010.

ASPIAZÚ, C., BRITES, R. S. SIGs. **Sistemas de informações geográficas; Conceituação e importância**. Viçosa: UFV/SIF, 1989. 29 p. (Boletim técnico, 2).

ATTANASIO, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacia hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 193 p.2004.

AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall. 1992.

BARBOSA, R. O. et al. **Avaliação da aptidão agrícola dos solos da fazenda caixa d'água da escola agrotécnica Federal de Alegre (Eafa) Distrito de Rive, município de Alegre-ES**. Plântula: boletim informativo nº1. Escola Agrotécnica federal de Alegre, V. 5, 1992.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BRASIL. **Lei N.º771, de 15 setembro de 1965**. Insitui o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4711.htm; Acesso em 20 de abril de 2010.

_____**Lei N.º 6938, de 31 agosto de 1981**. Insitui o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4711.htm; Acesso em 20 de abril de 2010.

_____**Lei Nº 9.296, de 05 de outubro 1988. Institui a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm**Acesso em 20 de abril de 2010.**

_____**Resolução CONAMA n.º 03 de 20 de março de 2002**. Dispõem sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.ibamapr.hpg.ig.com.br/30302RC.htm>; Acesso em 21 de abril de 2010.

_____ **Lei N.º 7.803, de 18 de julho de 1989.** Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7803.htm; Acesso em 30 de julho de 2010.

_____ **Lei Nº 11.284, de 2 de março de 2006.** Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm; Acesso em: 30/07/2010.

_____ **Medida provisória Nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.** Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm; Acesso em 30/07/2010.

BRITO, J.L.S.; PRUDENTE, T.D. Análise temporal de uso do solo cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+Landsata 7. **Rev. Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.17, 2005. p37-46.

CASTRO, T.A.; ALVES, J.M.P. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, V. 33, 2003.

CATELANI, C.S.; BATISTA, G.T. Mapeamento das Áreas de Preservação permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: Um subsídio à preservação ambiental. **Rev. Ambiente e água**, v. 2, 2007. 30-43p.

COELHO, A.L.N. Uso de dados SRTM como ferramenta de apoio ao mapeamento geomorfológico de bacia de médio grande porte. **Rev. Geogr. Acadêmica**; v.2 n.2 (viii. 2008) 138-153.

COHEN, J. **A Coefficient of Agreement for Nominal Scales.** Educational and Measurement. v. XX, No 1, p. 37-46, 1960.

COTA, M.A.; MOURA, A.C.M. Áreas de preservação permanente (APP) - estudo de caso sobre o parâmetro declividade e as divergências nos resultados de mapeamento em função das bases cartográficas e escalas e/ou softwares utilizados. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3697-3704.

CONGALTON, R.G.; MEAD R.A. **A review of assessing the accuracy of classifications of remote sensed data.** *Remote Sensing of Environment*, v.37, n.1, p.35-46, 1991

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** New York: Lewis Publishers, 1998. 137 p.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Ed. Ver. Campinas: G/UNICAMP, 1993. 164 p.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows: User's guide**. Massachusetts: Clark University, 1995. 367 p.

ENDRES, P.A.; PISSARRA, T.C.T.; BORJES, M.J.; POLITANO, W. Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca – SP. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v.26, n.1, p.200-207, 2006.

FERREIRA, C.C.M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1997.

FELGUEIRAS, C.A.; ERTHAL, G.J. Aplicações de Modelos Numéricos de elevação e Integração com Imagens Digitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5.,1988, Natal. **Anais...** Seção de Comunicações Técnico-Científicas. 1988.p. 485-489.

FIDALGO, E.C.C.; CREPANI, E.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO Y.E.; PINTO, R.M.S.; DOUSSEAU, S.L. Mapeamento do uso e cobertura atual da terra para indicação de áreas disponíveis para reservas legais: estudo em nove municípios da região amazônica. **Revista Árvore**, n.6, p. 871-877, 2003

FISHER, P.F.; LINDENBERG, R. On distinctions among Cartography, Remote Sensing, and Geographic Information Systems. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 55 (10): p. 1431-1434. Reviews definitions of each of the three and shows how the disciplines are interrelated. 1989.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97 p.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FOODY, G.M. **Status of land cover classification accuracy assessment**. Remote Sensing of Environment, v. 80, p. 185– 201, 2002.

GAVA, G.J.C. et al. **Ciclo hidrológico**. Disponível em: <http://www.maenatureza.org.br/projetoeducando/folders/ciclohidrologico/index.htm>. Acesso em 01/08/2010.

GERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 337-339. 1996.

GINAK, S.G. et al. Uso de imagem Quickbird para o mapeamento do uso e ocupação do solo da ilha fluvial denominada Ilha Solteira. **Anais...** XIII

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 539-546.

GOLDENFUM, J.; TUCCI, C.E.M. Hidrologia de águas superficiais. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1998.

GUIMARÃES, H. **Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21**(2009). Disponível em: http://www.fundacaoaprender.org.br/desenvolvimento_agenda. Acesso em 27/08/2010.

GUIMARÃES, M. **Cartografia Ambiental da Região de Vitória da Conquista – BA**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). São Paulo: USP-IB-DEG, 1999, 200p.

HOTT et al. **Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morros, para o Estado de São Paulo com base no geoprocessamento**. Campinas: Embrapa monitoramento por Satélites. SP, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cartas topográficas na escala 1:50.000, Alegre. Folha: **SF-24-V-A-IV-4**. Rio de Janeiro, 1977.

Manual

Técnico do uso da terra. 2ª Ed. Manuais técnicos em geociências nº7. Rio de Janeiro, 2006.91p.

Mapas de

biomas e de vegetação. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169; Acesso em 01/08/2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Climatologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php#> . Acessado em 23/08/2010.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP. 143p. 1976.

LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. **As florestas plantadas e a água**. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.

LINGNAU, C.; ANTUNES, A.F.B. **Avaliação da Acurácia de Mapas Temáticos Oriundos de Classificação Digital de Imagens**. Disponível In: <http://cieg.ufpr.br/Producao/artigos/simgeo.htm>, 2003. Acesso em 03/08/2010.

MARBLE, D. F., PEUQUET, D. J. **Geographics information system and remote sensing: manual of remote sensing**. 2. Ed. Falls Church: American Society of Photogrametry, 1983. p. 923-958.

MARTINS, A.E.; SOARES, V.P.; FERNADES FILHO, E.I.; BRITES,R.S. Avaliação de algoritmos para detecção de mudanças da cobertura terrestre, usando imagens TM/Landsat-5, na ilha do Formoso, Estado do Tocantins. **Ciência agrária**, Belém, nº39, 2003. p. 55-67.

MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF, 2001.

MENDES, C. A. B. **Planejamento nacional de recursos hídricos baseado no uso de técnicas de geoprocessamento**. Porto Alegre: [s.n]. 9p. 1997.

MENDONÇA, G.S. et al. Uso de SIG no zoneamento agroecológico de pequena escala para *Araucaria angustifolia*, *Hymenaea courbaril* e *Myrcarpus frondosus* para a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim – ES. **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1741-1748.

MIRANDA, E. E. DE; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, J. R. **Monitoramento do uso e cobertura das terras na região de Barrinhas, Jaboticabal e Sertãozinho**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 32 p. (relatório técnico).

MOREIRA, A. DE A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, J. C.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação de áreas de preservação permanente em uma micro bacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos campos: INPE, 2003. p.1381-1389.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p.

NASCIMENTO, L.A.; LINGNAU, C.; STOLLE, L. Diagnóstico da Reserva Legal e Área de Preservação Permanente em uma propriedade rural Estação Experimental Canguiri da Universidade Federal do Paraná. **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4081-4087.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, G. S. S. C.; RODRIGUES, S. C. Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Revista Ambi-Água**. Taubaté, v.3, n. 1, p. 54-67, 2008.

ONU: **State of world population 2007**. Unleashing the potential of urban growth. Disponível em:<http://www.unfpa.org/swp/2007/english/introduction.html>. Acessado em: 05 de setembro de 2010.

PARENT, P.; CHURCH, R. **Evolution of geographical information systems as decision making tools. Proceedings, GIS, 87.** p. 63-71, ASPRS/ACSM, Falls. 1987.

PINTO, L.V.A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Delimitação e uso conflitivo do solo das Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz. **Anais... XI SBSR**, Belo horizonte, Brasil, INPE, 2003. p. 595-601.

PINTO, J. S. et al. (2010). **Estatística Kappa (K)**. Métodos para estimação de reprodutividade de medidas. Disponível em: <http://users.med.up.pt/joakim/intromed/estatisticakappa.htm>. Acessado em 30/08/2010.

RIBEIRO, C. A. A. S.; OLIVEIRA, M. J. DE; SOARES, V. P.; PINTO, F. DE A. DE C. Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada: Metodologia e estudo de caso. In: Seminário de Atualização em sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas aplicados à engenharia florestal, 5.,2002, Curitiba. **Anais... Curitiba: FUPEF**, 2002.

RIBEIRO, C.A.A.S.; SOARES, V.P.; OLIVEIRA, A.M.S.; GLERIANI, J.M.O. Desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**. n. 2, v. 29, 2005. p.203-212.

SANTANA, L. O.; SILVEIRA, O.F.M. Análise da drenagem da microbacia hidrográfica dos rios Gurijuba e Pírim. In: **Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 673-680.

SANTOS et al. Conflito de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, São Lourenço/MG - uma contribuição para a preservação dos mananciais de água mineral. **Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4217-4224.

SANTOS, A.R.; PELUZIO, T.M.O.; SAITO, N.S. **SPRING 5.1.2: passo a passo: Aplicações práticas**. Ed. CAUFES, Alegre, 2010.

SEGATINE, P. C. L. Estudo do sinergismo entre os sistemas de informação geográfica e o posicionamento global. São Paulo. EDUSP. 2001.

SILVA, A.B. **Sistemas de Informações Georeferenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Unicamp, 1999

SCHIMITH, R. F.; VIEIRA, E. M.; XAVIER, F. V.; OLIVEIRA, J. C. DE; FILHO, ELPÍDIO INÁCIO FERNANDES. Identificação de áreas de preservação permanente e monitoramento utilizando imagens Aster. In: VI Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2004, Goiânia. **Anais... Goiânia: UFG**, 2004.

SIMONETT, D.S. The development and principles of remote sensing. In: manual of remote sensing. **Falls Church**, VA: American Society of Photogrammetry, 1983. v.1, p. 1-34.

SOARES, V.P.; HOFFER, R.M. Detecção de mudança em povoamentos de *Eucalyptus spp* e outros usos da terra através de imagens TM/Landsat-5 na região do vale do rio Doce-MG. **Revista Árvore**, v.20, n.1, 1996.p.117-127.

SOARES, V.P. *et al.* Mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia do Rio Piancó-GO, utilizando-se de imagens do sensor AVNIR-2/ALOS. **Anais... XIV Simpósio brasileiro de Sensoriamento remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7167-7172.

SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas**. Geologia USP: Série Didática, v. 2, n. 1, p. 1-40, 2003. Disponível em: <http://www.igc.usp.br/geologiausp/sd1/art.php?artigo=598> Acesso em 6/08/ 2010.

SWAIN, P.H.; DAVIS S.M. **Remote Sensing. The Quantitative Approach**. Editora McGraw-Hill Book Company. United States of America, 1978.

TOMASSELLI, A.M.G.; SILVA, J.F.C.; HASEGAWA, J.K; GALO, M. DALPOZ, A.P. **Fotogrametria: aplicações a curta distância**. In: MENEGUETE Jr, M.; ALVES, N. (Organizadores), **FCT 40 anos. Perfil científico Educacional**. Presidente Prudente - SP, p. 147-159, 1999.

TORRES, P. L.; BOCHNIAK, **Uma leitura para os temas transversais: ensino fundamental**. Curitiba: SENAR – PR, 2003. 620p.

TULLI, L.M.A. **Vulnerabilidade à ação antrópica e uso e ocupação do solo para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. 2007. 106 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

ANEXOS

Anexo 1 - Número e indicador das Classes amostrais fotointerpretadas do uso da terra, com a composição RGB do visível e sua cor final

Nº	Indicador	Uso da terra	R	G	B	Cor
01	23	Arborização urbana	211	255	190	
02	01	Área agricultada	115	76	00	
03	02	Área degradada	255	00	00	
04	03	Área edificada	255	00	197	
05	04	Área urbana	112	68	137	
06	05	Café	168	168	00	
07	06	Campo sujo	158	215	194	
08	07	Capoeira	209	255	115	
09	09	Estrada n. pavimentada	255	167	127	
10	10	Estrada pavimentada	130	130	130	
11	12	Fragmento florestal	38	115	00	
12	11	Fragmento rochoso	255	255	00	
13	21	Grama	92	137	68	
14	08	Hidrografia	00	92	230	
15	25	Jardim	170	215	158	
16	26	Palmáceas	233	255	190	
17	13	Pastagem	00	115	130	
18	24	Pátio	255	167	127	
19	20	Pomar	114	137	68	
20	14	Reflorestamento	85	255	00	
21	18	Reservatório de água	00	230	169	
22	15	Solo exposto	115	00	00	
23	22	Tanque de peixe	115	178	255	
24	19	Terreiro de café	245	245	122	
25	16	Várzea	78	78	78	
26	17	Vegetação rala	180	215	158	
27	27	Viveiro	255	115	223	

Anexo 02 - Amostras de categorias de uso e ocupação da terra extraído de uma imagem do satélite "Quick Bird" com resolução espacial de 0,6 m em composição colorida normal e falsa-cor

Área agriculturada	Área degradada	Área edificada	Área urbana	Café	Campo sujo
Capoeira	Corpos d'água	Estrada não pavimentada	Estrada pavimentada	Formação rochosa	Fragmento florestal
Pastagem	Reflorestamento	Reservatório	Solo exposto	Várzea	Vegetação rala

Fonte: Santos, Peluzio e Saito (2010).

Anexo 03 - Coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) das amostras matriciais obtidas em campo (VERDADE DE CAMPO) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES

AMOSTRA 1				AMOSTRA 2			
X: 2424108 m e Y: 7702866m				X: 244132 m e Y: 7701963m			
13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13
AMOSTRA 3				AMOSTRA 4			
X: 243367 m e Y: 7701387m				X: 242951m e Y: 7700304m			
13	15	15	15	6	6	6	6
13	15	15	15	6	6	6	6
13	15	15	15	6	6	6	6
7	15	15	15	6	6	6	6
AMOSTRA 5				AMOSTRA 5			
X: 242636 m e Y: 7699503m				X: 243381 m e Y: 77003881m			
11	13	13	13	11	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	13	13	13	13

Anexo 04 - Verdade de campo da matriz cruzada das coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K) do uso e ocupação da terra para a sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES

CATEGORIAS	CRUZAMENTOS
CATEGORIA 1	L5C1 / L5C2 / L5C3 / L5C4 / L6C1 / L6C2 / L6C3 / L6C4 / L6C9 / L7C1 / L7C2 / L7C3 / L7C4 / L8C1 / L8C2 / L8C3 / L8C4
CATEGORIA 2	L4C9
CATEGORIA 3	L5C5
CATEGORIA 4	L1C1 / L1C2 / L1C3 / L1C4 / L1C5 / L1C6 / L1C7 / L1C8 / L1C9 / L2C1 / L2C2 / L2C3 / L2C4 / L2C5 / L2C6 / L2C7 / L2C8 / L2C9 / L3C1 / L3C2 / L3C3 / L3C4 / L3C5 / L3C6 / L3C7 / L3C8 / L3C9 / L4C1 / L4C2 / L4C3 / L4C4 / L4C5 / L4C6 / L4C7 / L4C8 / L5C6 / L5C7 / L5C8 / L5C12 / L6C5 / L6C6 / L6C7 / L6C8 / L7C5 / L7C6 / L7C7 / L7C8 / L7C9 / L7C10 / L7C11 / L8C5 / L8C6 / L8C7 / L8C8 / L8C9 / L8C10 / L8C11 / L8C12
CATEGORIA 5	L1C10 / L1C11 / L1C12 / L2C10 / L2C11 / L2C12 / L3C10 / L3C11 / L3C12 / L4C10 / L4C11 / L4C12
CATEGORIA 6	L5C9 / L5C10 / L5C11 / L6C10 / L6C11 / L6C12 / L7C12

Anexo 05 - Verdade de campo da matriz cruzada do uso e ocupação da terra para o cenário 01 na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, nas coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K)

CATEGORIAS	CRUZAMENTOS
CATEGORIA 1	L5C1 / L5C2 / L5C3 / L5C4 / L6C1 / L6C2 / L6C3 / L6C4 / L6C9 / L7C1 / L7C2 / L7C3 / L7C4 / L8C1 / L8C2 / L8C3 / L8C4
CATEGORIA 2	L4C9
CATEGORIA 3	L5C5
CATEGORIA 4	L1C1 / L1C2 / L1C3 / L1C4 / L1C5 / L1C6 / L1C7 / L1C8 / L1C9 / L2C1 / L2C2 / L2C3 / L2C4 / L2C5 / L2C6 / L2C7 / L2C8 / L2C9 / L3C1 / L3C2 / L3C3 / L3C4 / L3C5 / L3C6 / L3C7 / L3C8 / L3C9 / L4C1 / L4C2 / L4C3 / L4C4 / L4C5 / L4C6 / L4C7 / L4C8 / L5C6 / L5C7 / L5C8 / L5C12 / L6C5 / L6C6 / L6C7 / L6C8 / L7C5 / L7C6 / L7C7 / L7C8 / L7C9 / L7C10 / L7C11 / L8C5 / L8C6 / L8C7 / L8C8 / L8C9 / L8C10 / L8C11 / L8C12
CATEGORIA 5	L1C10 / L1C11 / L1C12 / L2C10 / L2C11 / L2C12 / L3C10 / L3C11 / L3C12 / L4C10 / L4C11 / L4C12
CATEGORIA 6	L5C9 / L5C10 / L5C11 / L6C10 / L6C11 / L6C12 / L7C12

Anexo 6 - Verdade de campo da matriz cruzada do uso e ocupação da terra para o cenário 02 na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, nas coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 24 K)

CATEGORIA	CRUZAMENTOS
CATEGORIA 1	L1C12 / L3C9 / L5C2 / L5C3 / L5C4 / L5C6 / L5C7 / L5C8 / L6C3 / L6C4 / L6C7 / L6C8 / L7C1 / L7C2 / L7C3 / L7C4 / L7C6 / L7C7 / L7C8 / L8C1 / L8C2 / L8C3 / L8C4 / L8C6 / L8C7 / L8C8 / L8C9
CATEGORIA 2	L4C9
CATEGORIA 3	L5C5
CATEGORIA 4	L1C1 / L1C2 / L1C3 / L1C4 / L1C5 / L1C6 / L1C7 / L1C8 / L2C1 / L2C2 / L2C3 / L2C4 / L2C5 / L2C6 / L2C7 / L2C8 / L3C1 / L3C2 / L3C3 / L3C4 / L3C5 / L3C6 / L3C7 / L3C8 / L4C1 / L4C2 / L4C3 / L4C4 / L4C5 / L4C6 / L4C7 / L4C8 / L5C1 / L6C1 / L6C2 / L6C5 / L6C6 / L7C5 / L8C5 / L8C12
CATEGORIA 5	L1C9 / L1C10 / L1C11 / L2C9 / L2C10 / L2C11 / L2C12 / L3C10 / L3C11 / L3C12 / L4C10 / L4C11 / L4C12
CATEGORIA 6	L5C9 / L5C10 / L5C11 / L5C12 / L6C9 / L6C10 / L6C11 / L6C12 / L7C9 / L7C10 / L7C11 / L7C12 / L8C10 / L8C11