



FLÁVIO FREIRE DE SOUZA

Utilização do Geoprocessamento na determinação da Aptidão do Solo: Estudo de caso do município de Unaí, região noroeste do Estado de Minas Gerais.

X Curso de especialização em Geoprocessamento  
2007



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartografia@igc.ufmg.br

FLÁVIO FREIRE DE SOUZA

Utilização do Geoprocessamento na determinação da Aptidão do Solo: Estudo de caso do município de Unaí, região noroeste do Estado de Minas Gerais.

Monografia apresentada como requisito à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento, Curso de especialização em geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Profa. Ana Clara Mourão Moura

BELO HORIZONTE  
2007

Souza, Flávio Freire de

Utilização do Geoprocessamento no Estudo da Aptidão do Solo:  
Estudo de caso do município de Unaí, região noroeste do Estado de  
Minas Gerais/Flávio Freire de Souza. Belo Horizonte, 2007.

viii, 86f: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas  
Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, 2006.  
Orientadora: Profa. Ana Clara Mourão Moura

1. Geoprocessamento 2. Solos 3. Aptidão Agrícola 4. Aptidão  
Econômica. I.Título

## **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida.

Aos meus professores, pelos conhecimentos que me proporcionaram, especialmente à professora Ana Clara Mourão Moura, que além de excelente profissional não esqueceu seu lado humano, o que constitui uma grande sabedoria.

Aos monitores, Bráulio, Charles e Diego, sempre prontos a nos apontar um norte no desenvolvimento dos nossos trabalhos.

A Renata, Sheyla, Graziela e Wladmir que nos proporcionaram momentos de aprendizado e inquietação nos primórdios desse curso.

Ao Coordenador Técnico – Solo e Nutrição de Plantas da EMATER-MG Márcio Stoduto de Mello, que em nenhum momento se negou a dar as explicações necessárias ao desenvolvimento deste projeto.

A todos os meus colegas pelo acolhimento e apoio, em especial a Daniel, Felipe e José Jairo, pelo companheirismo e auxílio nos momentos árdusos.

Ao meu pai pelo esforço incondicional em me proporcionar os estudos iniciais, base fundamental para o meu sucesso.

Á minha mãe (*in memorian*), pelos constantes conselhos, no sentido de me manter firme no objetivo de vencer.

Ás minhas irmãs, que jamais me negaram qualquer ajuda.

Á minha esposa, pela paciência, dedicação e apoio nos momentos difíceis.

E aos meus filhos, Juan e Lara, por fazerem parte da minha vida.

## Sumário

Lista de Figuras .....	vii
Resumo .....	viii
1 - Introdução.....	9
2 - Objetivos .....	12
2.1 - Objetivo Geral.....	12
2.2 - Objetivos Específicos .....	12
3 - Fundamentação Teórica .....	13
3.1 - Aptidão .....	13
3.2 - Aptidão Agrícola das terras .....	14
3.3 - Aptidão Econômica.....	15
3.4 - Anisotropia .....	16
3.5 - Ecossistema.....	17
3.6 - Classificação de Solos e Geoprocessamento .....	18
4 - Área de Estudo e Suas Características .....	21
4.1 - Município de Unaí/MG.....	21
4.2 - Características dos Solos Estudados .....	23
4.2.1 - CAMBISSOLOS .....	23
4.2.2 - GLEISSOLOS .....	25
4.2.3 - LATOSSOLOS .....	26
4.2.3.1 - LATOSSOLOS VERMELHO - AMARELOS Distróficos .....	26
4.2.3.2 - LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos.....	28
4.2.4 - NEOSSOLOS .....	30
4.2.4.1 - NEOSSOLOS LITÓLICOS.....	30
4.2.4.2 - NEOSSOLOS FLÚVICOS.....	32
4.3 - Vegetação.....	33
4.3.1 - Campo .....	33
4.3.2 - Cerrado .....	33
4.3.3 - Eucalipto.....	35
4.3.4 - Floresta Semidecídua .....	36
4.4 - Geologia.....	37
4.4.1 - Cobertura detrítico – lateríticas, detríticas e eluvionares em superfície de aplainamento .....	37
4.4.2 - SUPER GRUPO SÃO FRANCISCO – Grupo Bambuí – FM Três Marias: arcoseos e pelitos.....	37
4.4.3 - Grupo Paranoá: quartzitos, pelitos, calcários, dolomitos, chertes e conglomerados.....	38
4.4.4 - Depósitos coluvionares, aluvionares e de terraços/cobertura detrítico –lateríticas, detríticas e eluvionares em superfície de aplainamento.....	39
4.4.5 - FM VAZANTE: ardósias, fosforitos e quartzitos .....	39
4.4.6 - FM Paracatu: filitos carbonosos ou não e quartzitos.....	40
4.5 - Pluviosidade.....	42
4.6 - Insolação .....	42
4.7 - Altimetria .....	43
4.8 – Declividade .....	43
4.9 - Ecossistemas .....	44

4.9.1 - Rampas .....	44
4.9.2 - Planícies.....	44
4.9.3 - Rebordos/Vertentes Ravinadas.....	44
4.9.4 - Superfícies Onduladas – Chapadas .....	45
4.9.5 - Superfícies Tabulares – Chapadas.....	45
4.9.6 - Terraços .....	45
4.9.7 - Vales Encaixados .....	46
4.9.8 - Veredas .....	46
4.10 - Restrições Legais .....	47
4.10.1 - Topo de Morro.....	47
4.10.2 - Área Ciliar .....	47
4.10.3 - Nascentes.....	47
4.10.4 - Rebordos de Chapadas .....	48
4.10.5 - Floresta Semidecídua .....	48
4.10.6 - Vertentes com declividade acima de 45°.....	48
5 - Metodologia .....	49
5.1 - Esquema.....	49
5.2 - Composição da Base de Dados Cartográficos .....	51
5.3 - Coleção Cartográfica Gerada.....	52
5.4 - Análise de Multicritérios .....	53
5.5 - Método Delphi .....	54
5.6 - Álgebra de Mapas .....	57
6 - Resultados Obtidos.....	61
6.1 - Mapa de Altimetria .....	61
6.2 - Mapa de Insolação .....	62
6.3 - Mapa de Declividade .....	63
6.4 - Mapa de Restrições Legais .....	65
6.5 - Mapa de Suscetibilidade à Erosão .....	66
6.6 - Mapa de Suscetibilidade à Inundação.....	67
6.7 - Mapas de Aptidão .....	70
7 - Conclusão .....	77
8 - Bibliografia .....	81
9 - Anexos.....	84

# Lista de figuras

## Figuras

Figura 1 - Esquema para geração de aptidões do município de Unaí.....	50
Figura 2 - Etapas do método <i>Delphi</i> .....	54
Figura 3 - Diagrama esquemático da álgebra de mapas para geração dos mapas de aptidão do município de Unaí .....	58
Figura 4 - Álgebra de mapas.....	59

## Tabelas

Tabela 1 - Classes de aptidão .....	53
Tabela 2 - Questionário para determinação de pesos e notas .....	55
Tabela 3 - Classes de insolação do município de Unaí .....	62
Tabela 4 - Suscetibilidade à erosão do município de Unaí.....	66
Tabela 5 - Suscetibilidade à inundação do município de Unaí .....	68
Tabela 6 - Vocações Média a alta e Alta dos solos do município de Unaí .....	79

## Mapas

Mapa 1 – Mapa de situação do município de Unaí .....	21
Mapa 2 - Mapa de pluviosidade do município de Unaí.....	42
Mapa 3 - Mapa altimétrico do município de Unaí.....	61
Mapa 4 - Mapa de insolação do município de Unaí.....	62
Mapa 5 - Mapa de declividade do município de Unaí.....	64
Mapa 6 - Mapa de APP's do município de Unaí.....	65
Mapa 7 - Mapa de suscetibilidade à erosão do município de Unaí.....	67
Mapa 8 - Mapa de suscetibilidade à inundação do município de Unaí.....	69
Mapa 9 – Mapa de curvas de nível do município de Unaí .....	84
Mapa 10 – Mapa de hidrografia do município de Unaí.....	84
Mapa 11 - Mapa de vegetação do município de Unaí .....	85
Mapa 12 - Mapa de solos do município de Unaí.....	85
Mapa 13 - Mapa da malha viária do município de Unaí .....	86
Mapa 14 - Mapa de geologia do município de Unaí .....	86
Mapa 15 - Mapa de aptidão para Apicultura do município de Unaí .....	70
Mapa 16 - Mapa de aptidão para café do município de Unaí.....	71
Mapa 17 - Mapa de aptidão para extrativismo do município de Unaí .....	71
Mapa 18 - Mapa de aptidão para fruticultura .....	72
Mapa 19 - Mapa de aptidão para lavouras anuais do município de Unaí.....	72
Mapa 20 - Mapa de aptidão para lavouras permanentes do município de Unaí.....	73
Mapa 21 - Mapa de aptidão para lazer e turismo do município de Unaí.....	73
Mapa 22 - Mapa de aptidão para mineração do município de Unaí.....	74
Mapa 23 - Mapa de aptidão para olericultura do município de Unaí.....	74
Mapa 24 - Mapa de aptidão para pastagem do município de Unaí .....	75
Mapa 25 - Mapa de aptidão para piscicultura do município de Unaí.....	75
Mapa 26 - Mapa de aptidão para silvicultura do município de Unaí .....	76

## Resumo

Técnicas de Geoprocessamento para o estudo dos solos e determinação da aptidão agrícola são práticas cada vez mais utilizadas no processo de otimização da produção. O presente trabalho teve como objetivo testar uma metodologia, aplicando o método *Delphi* e análise de multicritérios para gerar mapas de Aptidão da terra direcionados à deliberação da atividade mais apropriada à vocação dos solos utilizando o Geoprocessamento para este fim. A área escolhida foi o município de Unaí, localizado na região noroeste do Estado de Minas Gerais, por apresentar um alto investimento no setor agrícola. Para a construção da base de dados foram utilizados dados do IBGE/GEOMINAS, IEF, CETEC, EMATER-MG, CPRM e MG/TEMPO. Finalmente foram gerados mapas temáticos das aptidões características do município de Unaí. Os dados gerados foram validados pela equipe técnica da EMATER-MG, confirmando a eficácia do modelo testado. Para trabalhos posteriores espera-se que modelos de classificação sejam aplicados com uma escala maior no sentido de dirimir quaisquer problemas relacionados à qualidade dos resultados obtidos, em razão da precisão das bases de dados. Além disso serão de suma importância as visitas técnicas a campo para uma validação mais consistente desses resultados.



## 1 - Introdução

*“Nesta terra em se plantando tudo dá”.*

Pero Vaz de Caminha, em carta enviada ao Rei de Portugal.

A utilização das técnicas de Geoprocessamento aplicadas ao estudo do solo, ou mais precisamente à sua classificação, no sentido de determinar a aptidão agrícola, objetivando excelência produtiva é uma prática cada vez mais utilizada. Para que não se torne demasiadamente exaustivo, serão citados apenas alguns pesquisadores / autores que dão exemplos da utilização do Geoprocessamento com esse objetivo.

Em Agroecologia e Aptidão Agrícola das Terras: as bases científicas para uma agricultura sustentável, - EMBRAPA - Lauro Charlet Pereira *et al.*, 2006, abordam a questão da avaliação da Aptidão agrícola, definindo-a como uma metodologia de classificação das terras para uso agrícola. A aplicação dessa metodologia inicia-se no Brasil na década de sessenta com BENNEMA *et al.*, 1964, voltando-se para a classificação do potencial das terras agricultáveis em clima tropical. Porém, não se restringe a apenas este sistema metodológico, para classificação do solo. Segundo Kouakou (2004), dois sistemas são mais utilizados no Brasil, estruturados a partir de levantamentos de solos. Além do Sistema FAO/Brasileiro de Aptidão Agrícola, citado acima, outro que merece destaque é o Sistema de Classificação da Capacidade de Uso da Terra.

Remi N'Dri Kouakou, 2004, atesta a eficiência do Geoprocessamento, num estudo relacionado à aptidão agrícola de terras, tendo como área de aplicação o território da República de Côte d'Ivoire, gerando um mapa de geopotencialidade agroterritorial da República em questão.

Em estudo dos solos e uso atual da terra no agreste paraibano, região de Puxinanã, George do Nascimento Ribeiro, *et al.*, 2005, defende que o desenvolvimento agrícola de uma região, depende principalmente de seus recursos naturais, destarte, é indispensável o conhecimento dos recursos ali existentes, sendo imprescindível a utilização de técnicas de SR e Geoprocessamento para este fim.

Por fim, o estudo da aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura da Mamona, por Ridelson Farias de Sousa *et al.*, 2004, baseou-se em PARAÍBA (1978), com adaptação da nova tecnologia aportada por SIG – Sistemas de Informações Geográficas, o que permitiu o georreferenciamento dos dados cartografados.

O solo, como define Moniz (1975), é “um corpo natural que ocupa parte da superfície do globo e cuja formação se dá através da ação do clima e organismos em certa topografia, sobre um material original, em determinado tempo”.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa – 1999), “o solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta...”.

Partindo da definição proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, que esclarece de forma mais contundente o que vem a ser solo - podemos deduzir que os solos são anisotrópicos, limitados lateralmente por outros tipos, por afloramentos rochosos e espelho d’água. Cabe ressaltar que os limites laterais, ou contatos com outros tipos de solos não acontecem de forma brusca. Ocorre de forma contínua e, à medida que nos afastamos do tipo A em direção ao tipo B, este vai se tornando mais evidente, enquanto aquele vai perdendo sua característica.

A frase citada por Pero Vaz de Caminha generaliza uma prática que apenas tecnicamente poderia ser explicitada. A inexistência de bases científicas que subsidiem essa afirmação é evidente, pois como afirma Von Liebig (1840) em seu famoso relatório *Chemist Phylology*: na ausência ou deficiência de qualquer constituinte que seja necessário a uma determinada cultura, mesmo que os outros estejam presentes, um solo é considerado improdutivo para o tipo de cultura em questão. A frase citada por Caminha coloca em pauta uma abordagem técnica a respeito da necessidade do conhecimento dos componentes do solo, suas características químicas e físicas e as variáveis que atuam diretamente ou não na relação solo – planta. Igualmente importante é a necessidade de um modelo que forneça informações confiáveis relativas às alterações que precisam ser efetuadas para que o solo esteja apto a receber um tipo determinado de cultura. Pode-se, portanto, com base no relatório referido acima, presumir que não existe solo que possa admitir qualquer espécie

de cultura em qualquer época do ano sem que se faça algum tipo de alteração na sua estrutura para adequá-lo às necessidades da mesma.

O estudo dos solos, o cruzamento das diversas variáveis (análise de multicritérios), relacionados com os diversos tipos de vocação, no sentido de estabelecer uma metodologia sistematizada, para identificar seu potencial, utilizando técnicas de Geoprocessamento é o que se pretende com este trabalho.

Pretende, além disso, estabelecer uma metodologia voltada não apenas à determinação da aptidão agrícola das terras, mas aplicar um conjunto de técnicas de classificação da aptidão como um todo, de forma não convencional, por entender que as terras mesmo consideradas inaptas à agricultura têm sua utilidade em outras aplicações de importância considerável.

## **2 – Objetivos**

### **2.1 - Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo testar uma metodologia de análise de multicritérios para gerar mapas de Aptidão do solo.

### **2.2 - Objetivos específicos:**

1. Determinar os principais fatores limitantes e potencializadores do solo estudado;
2. Determinar a aptidão econômica do solo, seguindo um critério relacionado diretamente com a existência ou inexistência de malha viária nas imediações do sítio em estudo;
3. Estabelecer o tipo de cultura mais apropriado para os diversos tipos de solos, de acordo com suas características físicas e demais variáveis atuantes na relação solo-planta.

### **3 - Fundamentação Teórica**

A aplicação das técnicas de Geoprocessamento no estudo dos solos e sua aptidão requer conhecimento das características intrínsecas a cada variável e elementos envolvidos no processo, portanto, este capítulo tem como objetivo abordar conceitos fundamentais para a compreensão deste trabalho.

#### **3.1 - Aptidão**

Durante muito tempo o solo sofreu interferências antrópicas em maior ou menor grau, em decorrência do pouco conhecimento do homem com relação às propriedades intrínsecas de sua constituição. Isso proporcionou e proporciona, pois o desconhecimento ainda faz parte nas práticas que envolvem os processos pedológicos, uma subutilização, bem como superutilização do solo, provocando um desgaste excessivo do mesmo ou perdas consideráveis no setor econômico pelo mau aproveitamento dos recursos que a terra oferece.

Conhecer o potencial da terra, aproveitando de forma sustentável suas riquezas, sem comprometer sua utilização futura, corresponde ao entendimento da vocação que o solo tem para culturas específicas, não desprezando suas fragilidades ou superestimando suas possibilidades.

Pode-se definir, portanto, aptidão como a vocação de cada parcela da terra para implantação de culturas específicas, adequadas às características químicas e físicas do sítio, considerando clima, relevo, seres vivos, material de origem e tempo, equivalentes aos fatores de formação do solo.

### **3.2 - Aptidão Agrícola das terras**

Segundo Fontes (1992) “a aptidão agrícola das terras é a avaliação qualitativa da disponibilidade dos recursos das terras que estuda as alternativas de seu melhor uso, através da adoção de distintos níveis de manejo dos solos e da indicação de diferentes tipos de utilização”.

Decorre da amplitude conceitual da aptidão agrícola a importância de sua discussão. Assim, como é considerável a abordagem conceitual da aptidão agrícola, também alcança amplitude considerável sua subdivisão, em decorrência da anisotropia, variações climáticas, disponibilidade ou não de recursos tecnológicos, hierarquia das assinaturas e outros fatores que certamente contribuem para a determinação da aptidão agrícola em um determinado sítio.

As informações adquiridas a partir da interpretação dos levantamentos de solos, complementados por dados do clima, relevo e características geológicas possibilitam o reconhecimento da aptidão agrícola das terras.

A sistematização de métodos que viabilizem alcançar o resultado acima é de extrema importância para que as indicações advindas da simples observação não permaneçam na categoria da subjetividade. Isso, de certa forma contraria o objetivo científico e invalida os esforços de pesquisadores comprometidos com a otimização de resultados, cada vez mais eficazes no propósito de consolidar métodos que subsidiem técnicas aplicadas em função da excelência produtiva ou pelo menos na mitigação de perdas de investimento no agronegócio.

Durante muito tempo os estudos e métodos aplicados na determinação da aptidão agrícola contemplaram apenas as terras aptas à lavoura, dando pouca ou nenhuma importância àquelas consideradas inaptas. Neste particular, à primeira vista, tal classe parece se tratar de uma terra inadequada, fadada à exclusão, a ser desconsiderada do quadro de solos que possuem alguma utilidade. Propõe-se, assim, neste trabalho rever as classificações dispostas até hoje, acrescentando, às classes preexistentes, esse tipo de solo, até então impróprio ao desenvolvimento de qualquer tipo de atividade, atribuindo-lhe uma vocação,

pois, não sendo o mesmo apto à lavoura, silvicultura, pastagem ou outro tipo de cultura, poderia configurar, de acordo com as suas características, em uma outra classe: equilíbrio ambiental.

### **3.3 - Aptidão Econômica**

A aptidão econômica não é menos importante que a agrícola. Neste trabalho as duas se complementam.

Em um sítio onde a aptidão agrícola é totalmente favorável e alcança os maiores índices de potencial produtivo, a aptidão econômica é extremamente importante, pois um potencial agrícola sem meios de escoamento não seria viável, assim como a deficiência de tecnologias disponíveis, meios de processamento, entre outros fatores de relevância na economia, não proporcionariam à área investida uma garantia produtiva, ou pelo menos segurança no uso adequado da produção.

Pode-se, portanto, definir aptidão econômica como as diversas possibilidades de fazer com que o contingente produtivo não fique restrito à área de produção e que o mesmo alcance os meios de processamento, fundamentais na transformação e distribuição do produto final. É, portanto, imprescindível a existência de tecnologias e infra-estrutura de transporte disponíveis nas proximidades das áreas produtivas para que o custo dessa produção não se torne excessivamente alto e configure no quadro econômico como uma atividade de baixa lucratividade, o que certamente inviabilizará o projeto em qualquer sítio.

### 3.4 - Anisotropia

Anisotropia é a propriedade que têm os solos de apresentarem características distintas, tanto, físicas, químicas e morfológicas.

Partindo-se do princípio de que solos são o resultado das alterações das rochas a partir de forças mecânicas ou intemperização física, que provoca a desagregação da mesma, sem, contudo alterar sua composição química, somado ao resultado das forças químicas, ou intemperização química que provocam alterações nos materiais primários do solo, dando origem aos secundários, pode-se afirmar que encontraremos uma infinidade de materiais de diferentes origens, em todos os sítios analisados. Em alguns lugares uma maior concentração de determinada substância componente da rocha mãe, em outros uma menor concentração da mesma substância, porém uma quantidade maior de outro componente. Isso caracteriza a diversidade de solos existentes. Diferença não apenas no sentido horizontal, limitado pelos corpos d'água ou pelos afloramentos rochosos, caracterizados como rochas sãs, como também verticalmente, constatada em perfis levantados em campo por técnicos especializados.

Logo, o entendimento da anisotropia é de fundamental importância na implantação da cultura adequada a cada tipo de solo. Conclui-se daí que o estudo dissecado da terra onde se pretende introduzir qualquer tipo de cultura é essencial para que seja feita a escolha do sistema de manejo mais apropriado, não apenas voltado à excelência produtiva, mas e principalmente no uso sustentável do solo em questão.



### 3.5 - Ecossistemas

Pode-se definir ecossistema como a relação existente entre um determinado meio ambiente, a flora, a fauna e os microorganismos que fazem parte, interagindo de forma ostensiva com o mesmo.

O município de Unaí é marcado pela existência de uma quantidade variegada de ecossistemas. Sua vocação ao agronegócio compromete de forma substancial o equilíbrio do meio ambiente, ameaçando a existência daqueles mais suscetíveis. É, portanto necessário o conhecimento detalhado de cada ecossistema ali existente para que seja aplicada a medida apropriada à sua preservação.

A seguinte relação compõe o quadro dos ecossistemas do município de Unaí:

- Rampas
- Planícies
- Rebordos/Vertentes Ravinadas
- Superfícies Onduladas - Chapadas
- Superfícies Tabulares - Chapadas
- Terraços
- Vale Encaixado
- Veredas

### 3.6 - Classificação de Solos e Geoprocessamento

Segundo a EMBRAPA, a “classificação de solos no Brasil tem sido matéria de interesse essencialmente motivado pela necessidade decorrente de levantamentos pedológicos, os quais por natureza, constituem gêneros de trabalho indutor de classificação de solos<sup>1</sup>”.

Em decorrência dessa necessidade, diversas alterações foram analisadas e aplicadas, de acordo com as exigências nacionais, para a determinação de um sistema adequado às carências próprias do nosso território, caracterizando-se como uma evolução do sistema americano de classificação de solos.

O sistema de classificação americano tem origem em 1938, formulado por Baldwin *et al.* Este sistema sofre modificações em 1949 por Thorp & Smith e é nacionalizado, porém diversos reajustes e inovações são propostos em decorrência da diversidade de ambiência climática, geomórfica, vegetacional e geológica que caracteriza o território nacional.

Com o objetivo de definir um sistema hierárquico, multicategórico e aberto, onde novas classes possam ser incluídas, bem como tornar possível a classificação de todos os solos que compõem o território nacional, foram elaboradas, pela EMBRAPA, no período entre 1978 e 1997, as chamadas aproximações sucessivas, perfazendo, no período um total de quatro aproximações.

A crescente utilização do Geoprocessamento tem proporcionado um maior dinamismo e eficácia na classificação dos solos e conseqüente aperfeiçoamento dos sistemas de classificação, o que torna possível estabelecer técnicas apropriadas, as quais facilmente se adaptarão a qualquer sítio, com qualquer tipo de solo a ser estudado.

A utilização do Geoprocessamento não pretende eximir a participação dos técnicos no processo de classificação dos solos ou na decisão das atribuições destinadas a cada tipo de solo de acordo com suas características. Antes, procura acrescentar mais uma ferramenta no processo de inovação das técnicas voltadas, não apenas à classificação, mas coleta,

---

<sup>1</sup> Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA, 1999.

análise e principalmente geração de prognósticos acerca da melhor utilização do solo, proporcionando um menor custo e um maior retorno daquilo que se pretende implantar.

O Geoprocessamento pode ser definido, segundo Xavier (2000), como um conjunto de técnicas de processamento de dados, que têm o objetivo de extrair, a partir de uma base de dados georreferenciadas, informações ambientais.

Pode ser definido, conforme Câmara & Medeiros (1998), como um conjunto de técnicas computacionais e matemáticas para o tratamento de informações geográficas.

Rodrigues (1993) define o Geoprocessamento como um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais, com um objetivo específico.

Partindo do princípio de que o Geoprocessamento não se restringe a apenas uma definição, podemos afirmar que da mesma forma o Geoprocessamento não está limitado a apenas uma especificidade. Nas diversas áreas do conhecimento as técnicas citadas podem estar presentes, estabelecendo uma relação de cooptação de valores e informações.

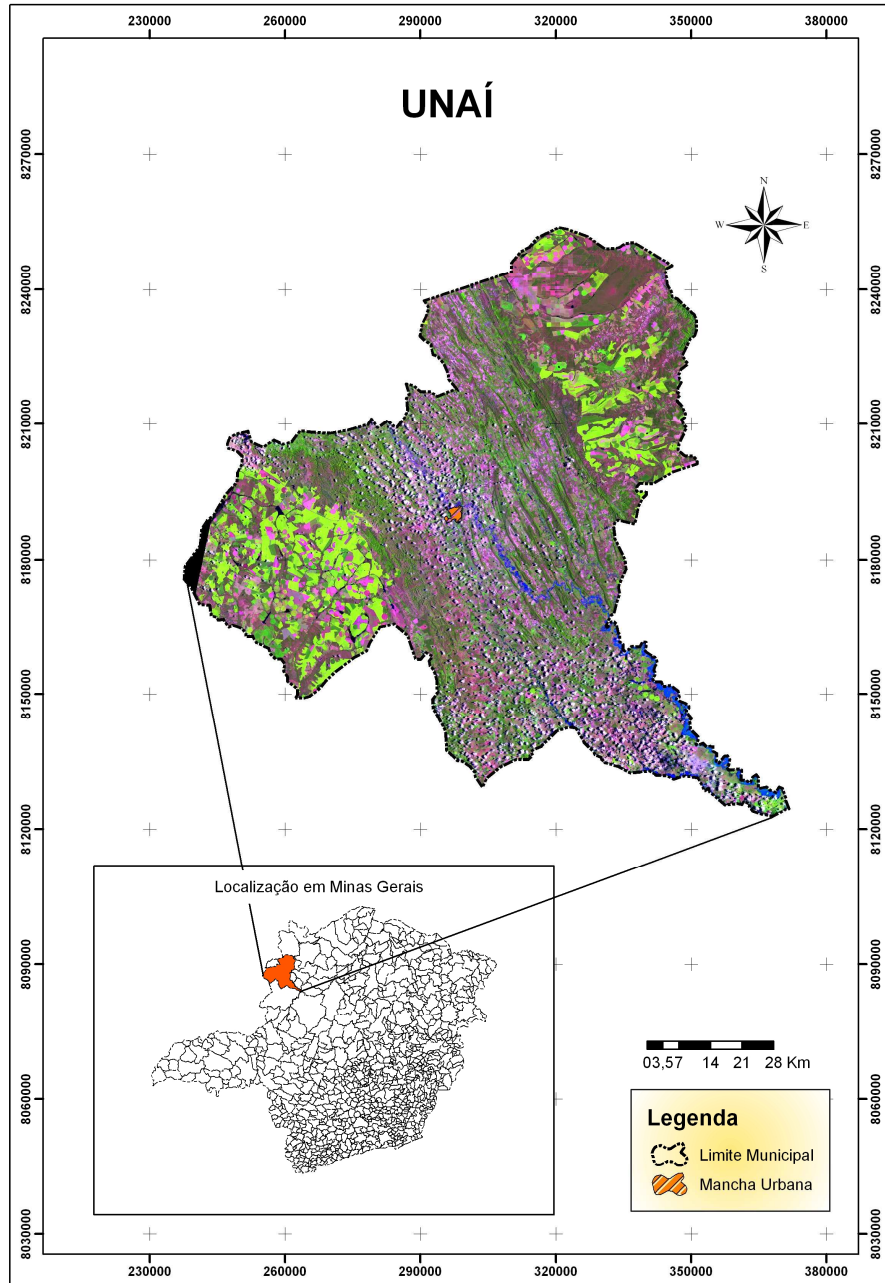
No tocante à classificação do solo, o Geoprocessamento se apresenta como ferramenta indispensável, não apenas na coleta e processamento dos dados obtidos em campo, mas, e principalmente, na geração de mapas a partir do cruzamento de informações, além da real possibilidade de manipulação destes dados na obtenção de prognósticos, ou cenários das atividades que porventura se deseja introduzir no sítio em estudo.

Além das técnicas conhecidas, como as já citadas na introdução deste trabalho, propõe-se aqui uma abordagem, não convencional, de classificação, que, a princípio aumentaria de forma substancial a precisão das informações concernentes à aptidão dos solos e daria uma maior credibilidade aos resultados encontrados. Esta técnica suplantaria a subjetividade que normalmente acontece entre os técnicos, na utilização de métodos tradicionais de classificação.

O solo, como foi visto na introdução, definido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é apresentado como um conjunto de corpos que se interpenetram e mantêm certo padrão – sequencial – de constituintes, sejam eles alóctones ou autóctones, característica dos fenômenos contínuos, permitindo assim, às técnicas de Geoprocessamento, uma categorização das ocorrências de forma precisa. Isso permite a elaboração de procedimentos sistemáticos que utilizam variáveis diversas, nos diversos campos de estudo, propondo apenas a alteração na hierarquia das mesmas, assim como substituição daquelas que não compõem o quadro fenomenológico dentro do território onde as pesquisas estão sendo desenvolvidas.

## 4 - Área de Estudo e Suas Características

### 4.1 – Município de Unaí



Mapa 1: Mapa de situação do município de Unaí/MG

Situado na Mesorregião do Noroeste de Minas Gerais e na Microrregião de Unaí, entre os paralelos  $15^{\circ} 40' 00''$ S e  $17^{\circ} 00' 00''$ S, e meridianos  $46^{\circ} 10' 00''$ W e  $47^{\circ} 30' 00''$ W, com área de  $8.492 \text{ km}^2$ , limita-se ao norte com os municípios de Cabeceira Grande, Buritis e

Arinos; ao sul com Paracatu e Brazilândia de Minas; a leste com Dom Bosco, Natalândia, Bonfinópolis de Minas e Uruana de Minas, e a oeste com Cristalina (GO).

A Sede Municipal, a 600 metros de altitude, tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de 16° 22' 45'' de latitude sul, em sua interseção com o meridiano de 46° 53' 45'' de longitude oeste.

O clima é tropical úmido com temperaturas variando entre máximas de 35°C e mínimas de 10°C. A temperatura média anual é de 24°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.302,7mm e a média mensal é de 108,56mm, variando de acordo com a estação climática.

Entre os principais acidentes geográficos destacam-se: Gruta do Tamboril, Gruta do Gentio, Cachoeira da Jibóia, Cachoeira do Queimado, Cachoeira do Rio Preto, Gruta do Quilombo, Pedra, Serra Geral do Rio Preto, correspondente ao divisor das microbacias dos Rios Preto e Urucuia, Serra do Pico e Serra do Jataí, alongadas e paralelas.

No Plano Econômico, é um Município de características essencialmente agropecuárias. O Município destacou-se como o maior produtor nacional de feijão, com 66,6 mil toneladas no ano de 2004 ou 2,25% da produção brasileira e 14,34% da produção mineira. Além disso, ocupa a oitava posição entre os maiores produtores de sorgo (57,6 mil toneladas) e a 10ª em produção de milho, com 292,8 mil toneladas em 46 mil hectares.

O perfil tecnológico da produção agrícola do município de Unai/MG é comparável aos melhores do mundo, dispondo inclusive de alto índice de áreas irrigadas, perfazendo cerca de 35 mil hectares sob pivô central. Esta tecnologia aliada ao perfil também empreendedor do produtor rural, permitiu que Unai se destacasse com o maior PIB agropecuário de Minas Gerais, segundo estudos realizados pela Fundação João Pinheiro.

O município de Unai/MG apresenta uma malha rodoviária bem distribuída, atendendo a contento as necessidades que o município tem com relação ao escoamento da produção para outras partes do estado e do país.

## 4.2 - Caracterização dos solos estudados

Tendo como base o mapa de solos do sítio em estudo foi possível a caracterização de cada tipo, descrevendo suas peculiaridades e constituição, fatores decisivos para a distinção dos ecossistemas existentes no município de Unaí/MG. Conforme Oliveira *et al* (1992), em Classes Gerais de Solos do Brasil; Cunha *et al* (2006) em Geomorfologia do Brasil e Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA), Rio de Janeiro, 1999, descreve-se abaixo as características dos solos, utilizando a nomenclatura atual.

### 4.2.1 - CAMBISSOLOS

Os CAMBISSOLOS apresentam notória diversidade. São solos pouco desenvolvidos, com horizonte B em formação (B câmbico). A grande espessura do horizonte C, com a predominância da fração silte torna esses solos altamente instáveis. Em geral, onde ocorrem voçorocas predominam os CAMBISSOLOS. Sua mineralogia é fortemente influenciada pelo material de origem, podendo ser desde Álicos a Eutróficos. Essa instabilidade limita a mecanização. Contudo, os CAMBISSOLOS de espessura mediana e sem restrição de drenagem apresentam bom potencial agrícola. Os CAMBISSOLOS Eutróficos encontrados em terraços fluviais são excepcionais para a agricultura. Os Álicos, quando corrigidos adequadamente, também são aptos à agricultura, porém são requeridas altas doses de corretivo.

O grau de suscetibilidade desses solos à erosão é variável, dependendo da sua profundidade (os mais rasos tendem a ser mais suscetíveis, devido à presença de camada impermeável, representada pelo substrato rochoso, mais próxima da superfície), da declividade do terreno do teor de silte e do gradiente textural.

Com relação ao significado agrônomo, os CAMBISSOLOS apresentam uma diversidade tão grande, que se torna difícil o exame coletivo e apreciações generalizadas quanto a qualidades e comportamento para o conjunto desses solos sem especificar os tipos de CAMBISSOLOS, e sem ter em conta a disparidade de condições de relevo e clima em que são encontrados.

Contudo, pode-se mencionar que os de espessura no mínimo mediana e sem restrição prejudicial de drenagem, em relevo pouco movimentado, eutróficos ou distróficos, apresentam bom potencial agrícola.

Os álicos, quando corrigidos adequadamente, também são aptos à agricultura; muitos, porém, requerem altas doses de corretivo devido aos elevados teores de alumínio trocável, com os álicos com horizonte A húmico ou proeminente e argilosos ou muito argilosos, desvantajosos para culturas anuais em grande escala, com agravação de ocorrerem em regiões de clima frio e úmido. Esses são de melhor proveito para pequenos cultivos de subsistência, fruticultura de clima temperado, pastagens e reflorestamento.

CAMBISSOLOS Eutróficos com boa reserva de nutrientes para os cultivos são mais facilmente encontrados quando originados de materiais provenientes de fontes ricas, em  $\text{Ca}^{2+}$ , sob condições de clima moderadamente seco até semi-árido, como sabidamente costuma acontecer com grande parte de outros solos eutróficos.



#### 4.2.2 - GLEISSOLOS

Os GLEISSOLOS são solos permanente ou periodicamente saturados por água. São solos mal drenados, com teores médios a altos de carbono orgânico. Podem ter textura arenosa nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura franco-arenosa ou mais fina. Apresentam limitações relacionadas com a drenagem deficiente e, nos distróficos e álicos, também com a baixa fertilidade.

São solos constituídos por material mineral com horizonte glei imediatamente abaixo de horizonte A, ou de horizonte hístico com menos de 40cm de espessura; ou horizonte glei começando dentro de 50cm da superfície do solo; não apresentam horizonte plúntico ou vértico, acima do horizonte glei ou coincidente com este, nem horizonte B textural com mudança textural abrupta coincidente com horizonte glei, nem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei.

São solos hidromórficos mal drenados, pouco profundos, com ou sem mosqueado, distróficos ou eutróficos, dependendo da natureza do material sobe o qual se desenvolveu.

No que se refere à suscetibilidade à erosão, esses solos por situarem-se em áreas planas, que não favorecem o escoamento, não apresentam limitações relevantes.

### 4.2.3 - LATOSSOLOS

São encontrados em área de vegetação de florestas (densa, aberta e mista com palmeiras) e de campo cerrado, em relevo que varia de plano a forte ondulado.

Os LATOSSOLOS são solos mais desenvolvidos, apresentando grande espessura do horizonte B, sendo, portanto profundos. Caracterizam-se por avançado estágio de intemperização; formação de argila de baixa atividade; capacidade de troca catiônica (CTC) baixa; cores vivas (brumadas, amareladas e avermelhadas); boa agregação. São fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, quando distróficos ou álicos. Quando eutróficos, são muito férteis e dos melhores solos brasileiros. São bastante porosos e permeáveis, de textura que varia de média a muito argilosa, e com predomínio de argilominerais do grupo 1:1 (caulinítico – gibsíticos), quartzo e outros minerais altamente resistentes a intemperização, variam de fortemente a bem drenados.

São constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais de 150cm de espessura.

Os LATOSSOLOS, de um modo geral, apresentam reduzida suscetibilidade à erosão (Vieira, 1988; Oliveira *et al.*, 1992; Resende *et al.*, 1995). A boa permeabilidade e drenabilidade e a baixa relação textural B/A (pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B) garantem, na maioria dos casos, uma boa resistência desses solos à erosão.

#### 4.2.3.1 – LATOSSOLOS VERMELHO – AMARELOS Distróficos

Solos com saturação por bases baixa ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive Ba). Os LATOSSOLOS VERMELHO – AMARELOS apresentam matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

Constitui classe e solos inicialmente conceituada na década de 1950 (Brasil, 1960) e que tem sido abordada em investigações diversas, entre as quais a realizada por SANTOS (1986).

Abrange solos minerais não hidromórficos com horizontes B latossólicos, teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  na TFSA proveniente do ataque sulfúrico igual ou inferior a 11% e normalmente maior do que 7% quando de textura argilosa ou muito argilosa e não concrecionários, enquanto, nos de textura média, a relação molecular  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ , proveniente do ataque sulfúrico, é  $> 3,14$  (BENNEMA & CAMARGO, 1964). As cores desse horizonte são usualmente de matiz menos vermelho que 1,5 YR, tendo valores normalmente  $> 4,5$  e croma  $> 6,0$ . São solos virtualmente sem atração magnética.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS são profundos ou muito profundos de seqüência de horizontes A-Bw-C, com aparência relativamente bem individualizada, devido à distinção de cor, especialmente entre os horizontes A e B.

Com relação ao significado agrônômico, a classe dos Latossolos é constituída por solos que ocupam apreciável área do território brasileiro.

Quando se apresentam em relevo plano e suave ondulado ou ondulado, são comumente bastante utilizados com agricultura ou pastagens, mormente aqueles que não apresentam teores muito elevados de areia.

Eles têm, na baixa fertilidade representada por reduzidos teores de bases trocáveis, de micronutrientes e de fósforo e ainda na alta concentração de alumínio, nos álicos, a principal limitação ao aproveitamento. Nas áreas de relevo acidentado, há também limitação pela forte declividade e riscos de erosão. Os muito intemperizados têm caráter ácido, sendo a retenção de cátions extremamente baixa, podendo as cargas positivas superar as negativas. Nessa situação, o solo retém muito pouco o cálcio, o magnésio, o potássio e, em contrapartida, adsorve os nitratos e os fósforos.

Os de textura média, com grande participação de areia, aproximam-se das Areias Quartzosas, sendo muito suscetíveis à erosão, além de apresentarem elevada taxa de

infiltração, requerendo, portanto, tratos conservacionistas e manejo da água de irrigação adequados.

#### **4.2.3.2 - LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos**

Essa classe compreende solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico vermelho-escuro de matiz 4YR ou mais vermelho, valores 3 a 5 e croma e a 6 e teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  provenientes do ataque sulfúrico na TFSA inferiores a 18% quando argilosos ou muito argilosos e usualmente inferiores a 8% quando de textura média, com atração magnética fraca ou inexistente.

Os LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, por ocuparem grandes extensões do território brasileiro em relevo pouco movimentado, constituem uma das mais importantes classes de solos.

Apresentam, como características habituais, a grande espessura, o favorecimento ao lavradio e à boa drenagem interna. São, no entanto, muito heterogêneos no que concerne à textura e à fertilidade.

Geralmente, os solos de textura menos argilosa apresentam somas de bases inferiores aos de textura mais argilosa; nesses, porém, os teores de alumínio trocável usualmente são superiores, embora raramente atinjam valores absolutos muito altos.

A grande variação de textura, com teores de argila de 16 a 85% no horizonte B, confere aos solos dessa classe apreciável disparidade quanto à infiltração e capacidade de retenção de água nos solos com grande contribuição de areia, especialmente quando predominantemente grossa. Esses LATOSSOLOS VERMELHO Distróficos pouco argilosos apresenta, também, em igualdade de condições, menor resistência à erosão do que os mais argilosos.

No geral, os LATOSSOLOS dessa classe respondem bem à aplicação de fertilizantes e corretivos. Esse comportamento, a boa índole de lavradio e os relevos plano e suave

ondulado, predominantes, são fatores determinantes no uso intensivo e extensivo, com culturas de algodão, cana-de-açúcar, soja, milho, abacaxi e pastagens.

#### 4.2.4 – NEOSSOLOS

Os NEOSSOLOS são solos pouco evoluídos e sem horizonte B diagnóstico, são rasos (<50cm até o substrato rochoso), com horizonte A assente diretamente sobre a rocha coerente e dura, ou cascalheira espessa, ou sobre horizonte C pouco espesso, ou mesmo exíguo Bi. São, portanto, solos com seqüência de horizontes A-R, ou A-C-R sendo o C pouco espesso, ou A-Bi-C-R com um Bi exíguo e pouco espesso o C. Usualmente, contêm elevado teores em minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e variavelmente blocos de rocha semi-intemperizada de diversos tamanhos.

##### 4.2.4.1 - NEOSSOLOS LITÓLICOS (Solos Litólicos)

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS ocorrem, geralmente, associados a afloramentos de rochas. Estão distribuídos por praticamente todo o país, destacando-se pela maior expressão espacial, nos planaltos sulinos, na região da Campanha, no Rio Grande do Sul, no Pará, na Zona da Caatinga, no Nordeste e na Chapada Diamantina, na Bahia (EMBRAPA, 1981).

Há quem faça distinção entre SOLOS LITÓLICOS (NEOSSOLOS LITÓLICOS) E LITOSSOLOS, referindo-se estes últimos àquele representado por um horizonte A diretamente sobreposto à rocha dura e coerente (Oliveira *et al.*, 1992).

De modo geral, os LITOSSOLOS formam pequenas áreas, as quais se tornam mapeáveis somente em escala de detalhe (maiores que 1:20.000). Em mapeamentos de escalas menores, os LITOSSOLOS aparecem associados aos NEOSSOLOS LITÓLICOS.

Devido à pequena espessura desses solos, o fluxo d'água em seu interior é precocemente interrompido, facilitando o escoamento em superfície, gerado pela rápida saturação do solo, e em subsuperfície, na zona de contato solo-rocha. Tal situação pode responder pela ocorrência de processos erosivos e, mais especificamente, de deslizamentos, se agravando nas encostas mais íngremes e desprovidas de vegetação.

Solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40cm de espessura, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

Com relação ao significado agrônômico os NEOSSOLOS LITÓLICOS, por serem um pouco mais espessos que os LITOSSOLOS, ou por apresentarem substrato constituído por rochas mais brandas ou fragmentadas, apresentam condições menos limitantes que os anteriores, por permitirem que as raízes das plantas penetrem através das fendas e entre os fragmentos do substrato rochoso, indo buscar nutrientes e água a maiores profundidades do que a encontrada no solo propriamente dito.

Apesar de poderem apresentar boa disponibilidade em nutrientes para as plantas, esses solos são mais indicados para reservas naturais, reflorestamento e pastagens, com restrições das condições de umidade da região onde se encontram. Assim é que, na zona semi-árida, a limitação pela falta d'água é extremamente crítica para seu uso. Em outras regiões brasileiras, como em São Paulo e Minas Gerais, constatam-se culturas de café e milho. Em Santa Catarina, culturas de milho, feijão e soja nas áreas de colônias, o que se verifica com acréscimo da viticultura, também no rio Grande do Sul, onde, na região da Campanha, são usados com boas pastagens.

#### 4.2.4.2 - NEOSSOLOS FLÚVICOS (Solos Aluviais)

São solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si.

Compreende solos minerais rudimentares, pouco evoluídos, não hidromórficos, formados em depósitos aluviais recentes, de tal ordem que apresentam como horizonte diagnóstico apenas o A, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si.

Esses solos, por definição, desenvolvem-se apenas nas planícies aluvionais, em depósitos recentes de origem fluvial, marinha ou lacustre.

Devido a essas diferentes origens e situações fisiográficas diversas: terraços, deltas, diques, marginais, meandro, esses solos apresentam propriedades que podem variar consideravelmente a curta distância vertical e/ou horizontal. Isso dificulta o seu mapeamento e a eleição de um perfil representativo, quer da classe de solo, quer da área cartografada em levantamento pedológico.

A feição mais importante a considerar na identificação desses solos é a ausência de horizonte diagnóstico de subsuperfície.

Com relação ao significado agrônomo, os NEOSSOLOS FLÚVICOS, em quase todo o mundo, são considerados de grande potencialidade agrícola, mesmo aqueles com baixa saturação por bases, tendo em vista a posição que ocupam na paisagem, ou seja, áreas de várzeas, pouco ou não sujeitas à erosão, onde a mecanização agrícola pode ser praticada de maneira intensiva. Não obstante, deve-se considerar que, em face de sua própria origem, são muito heterogêneos quanto à textura e outras propriedades físicas e também no que diz respeito às propriedades químicas, o que fatalmente vai influenciar no seu uso.

Os solos eutróficos, bem drenados, com textura média ou siltosa, são tidos como os mais produtivos e usados com as mais diversas culturas.



Os solos mais pesados, de textura argilosa, com alguma restrição de drenagem, possuem limitações ao uso e são mais aproveitados com arroz, cana-de-açúcar e pastagens.

### **4.3 - Vegetação**

O município de Unaí/MG possui uma variedade vegetal que vai desde campos, cerrados até floresta semidecídua. Porém, por apresentar uma vocação voltada à agricultura, apenas fragmentos dessa vegetação é encontrada dentro dos seus limites, em decorrência do uso acentuado de suas terras para os diversos tipos de culturas.

#### **4.3.1 - Campo**

Os Campos caracterizam-se pela presença de uma vegetação rasteira (gramíneas) e pequenos arbustos distantes uns dos outros. Não dependem de grande quantidade de chuvas. São caracterizados também, por pequenos arbustos, às vezes adensados, constituindo relvas descontínuas. Ocorre em LITOSSOLOS em áreas de altitude, como na Serra da Mantiqueira, em depressões inundáveis, como no Amapá e Ilha de Marajó, e na região subtropical, nos chamados “campos gerais” do planalto meridional, “Campos de Bagé” e “campanha gaúcha” no Rio Grande do Sul, e ao norte, os “campos de Roraima”. As condições climáticas são várias, com chuvas abundantes, e com distribuição de regular a irregular. A atividade predominante é a pastoril. O Campo cobre 5% do Brasil.

#### **4.3.2 - Cerrado**

Em termos florísticos, depois da floresta amazônica e da mata atlântica, o cerrado é o ecossistema mais importante do Brasil e o segundo em extensão, abrangendo mais de dois milhões de quilômetros quadrados.

A ocupação agrícola dessas áreas foi favorecida por fatores como a baixa declividade, a proximidade dos centros consumidores, a falta de legislação e fiscalização oficiais.

O cerrado não é uma formação florestal uniforme e sim um complexo vegetacional com diferentes fisionomias florísticas, iniciando com as formações campestres como o campo limpo e campo sujo, as formações savânicas representadas pelo cerrado *stricto sensu* e a formação florestal, com árvores de grande porte, representada pelo cerradão, notadamente onde o solo é mais fértil e a acidez e o teor de alumínio são menores. Assim, essa diferenciação em formações ocorre em razão das características do solo.

No aspecto fisionômico, a vegetação do cerrado apresenta áreas com predominância de espécies arbóreas e formação de dossel contínuo ou descontínuo.

A vegetação do cerrado se caracteriza por árvores e arbustos de troncos tortuosos, revestidos por casca grossa, com folhas coriáceas, duras e brilhantes ou revestidas por pêlos, ocupando áreas de solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade mineral. Nos numerosos levantamentos florísticos de áreas cobertas com cerrado, realizados por universidades e institutos de pesquisa, em apenas um hectare de fragmentos bem conservados, foram encontradas mais de 100 espécies arbustivo-arbóreas, o que confirma a vasta diversidade dessa formação vegetal.

Onde o cerrado sofreu degradação parcial, ocorre uma notável capacidade de auto-regeneração – principalmente por processo vegetativo – através dos tocos e das raízes que permanecem no solo. Muitas espécies emitem novos ramos com grande vigor e, depois de alguns anos, voltam a ocupar a mesma área, formando um novo cerrado, com as mesmas características do anterior.

Das utilizações do cerrado, como o manejo periódico e de forma sustentada, merecem destaque outras utilizações que compensam a sua manutenção nas propriedades, dentre as principais:

- espécies frutíferas, medicinais e melíferas, com potencial de exploração comercial;
- existência de uma fauna muito rica de aves e mamíferos, alguns em risco de extinção, como ema, lobo-guará e tamanduá. A diversidade da fauna do cerrado é

muito grande e ajuda no equilíbrio biológico, como, por exemplo, no controle de formigas-cortadeiras e outras pragas;

- vegetação com arbustos e árvores ornamentais, de notável efeito paisagístico;
- conservação do solo, principalmente em terrenos declivosos próximos de voçorocas e de mananciais.

Das espécies de cerrado, podem ser encontradas na região de Unaí o **Cerrado Típico**, o **Cerrado Ralo** e o **Cerrado Denso**.

### 4.3.3 - Eucalipto

O gênero *Eucalyptus* é considerado economicamente importante para o Brasil, devido à sua alta produtividade em um período relativamente curto, quando comparado com espécies florestais nativas. Os primeiros estudos sobre o crescimento das espécies de eucalipto, iniciados por Navarro de Andrade entre os anos de 1904 e 1915, em Rio Claro, Estado de São Paulo, proporcionaram significativo avanço na silvicultura brasileira, resultando, atualmente, em extensos plantios de várias espécies em diferentes regiões brasileiras.

A partir dos resultados iniciados, outros estados brasileiros iniciaram programas de plantio com várias espécies de *Eucalyptus*, dentre os quais se destaca o Estado de Minas Gerais pela significativa área reflorestada, estimando-se até 1980, um total de 1.300.000ha plantados (IBDF, 1980). A madeira destina-se basicamente à produção de carvão, para abastecimento de indústrias siderúrgicas, de celulose e papel, e outros fins. Na década de 1970 iniciaram-se, em maior escala, os programas de introdução de espécies/procedências em diferentes regiões ecológicas brasileiras, sendo testadas cerca de 35 espécies e 350 procedências de eucalipto.

#### **4.3.4 - Floresta Semidecídua**

Corresponde a uma variedade da Floresta Atlântica. É constituída pela Floresta Estacional Tropical e pela Floresta Caducifólia Tropical. Trata-se da floresta costeira, de clima úmido, com penetrações nos vales dos rios, encostas das serras, alargando-se nas áreas da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Tem formação alta, densa, com inúmeras espécies caducifólias. São áreas onde, mais intensamente, tem ocorrido exploração agropecuária, madeireira, com eventuais usos para lenha e carvão. Representa 10% da área brasileira.

## **4.4 – Geologia**

### **4.4.1 - Cobertura detrítico – lateríticas, detríticas e eluvionares em superfície de aplainamento**

As melhores exposições desses depósitos foram observadas no Chapadão da Zagaia, sobre a serra da Canastra (MG), no extremo norte da Folha SF.23-V-A (Furnas).

Nessa área os sedimentos mostram-se predominantemente como areias inconsolidadas, com argilas de cores avermelhadas. A presença de concreções limoníticas, como crosta lateríticas, pôde ser observada em pontos isolados e esporádicos no platô sobre a serra, com representatividade pequena em relação ao total da superfície de exposição da unidade. Quanto à espessura, puderam ser observados nas calhas de voçorocas valores médios próximos a 10m.

Soares & Landim (1973) citaram os sedimentos da serra de Itaqueri - São Pedro e também do Chapadão da Zagaia, como parte da superfície de aplainamento, provavelmente terciária, denominada Sul-Americana por King (1956a) e anterior à formação da “Depressão Periférica Paulista”.

### **4.4.2 - SUPER GRUPO SÃO FRANCISCO – Grupo Bambuí – FM Três Marias: arcoseos e pelitos**

Oliveira *et* Leonardos (1943) empregaram a terminologia da Série São Francisco-Bambuí para extensa seqüência pelito-carbonática que se estende do vale do São Francisco à Chapada Diamantina.

Oliveira (1967) num reconhecimento realizado na parte sul da bacia do rio São Francisco aplicou o termo Grupo São Francisco a um conjunto constituído pelas Formações Vila Chapada, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré, ficando a Formação Três Marias excluída desse grupo e ocupando um nível superior na pilha estratigráfica. As

subdivisões do Grupo São Francisco compreenderiam unidades litológicas com valor local, variando lateralmente ou mesmo desaparecendo quando se consideram grandes distâncias.

Pflug *et* Renger (1973) utilizaram a denominação de Supergrupo São Francisco para englobar as unidades que segundo esses autores seriam posteriores à orogênese que afetou a Cadeia Minas, dividindo-o em duas fácies distintas: uma epicontinental (Bambuí) e uma molassa (Macaúbas, Jequitaí, Itacolomi, Santo Antônio). A aplicação do termo fácies num sentido estratigráfico contraria as normas estratigráficas, tornando essa divisão inaceitável.

#### **4.4.3 - Grupo Paranoá: quartzitos, pelitos, calcários, dolomitos, chertes e conglomerados**

É definido como uma unidade essencialmente constituída de quartzitos, metarenitos, metassiltitos, metargilitos, ritmitos, filitos e ardósias com lentes de calcários, dolomitos e silixitos, sendo ainda assinalada a presença de um conglomerado basal.

O Grupo Paranoá apresenta uma grande variedade de tipos litológicos que se revezam em predominância, a depender da área de ocorrência, mantendo-se, todavia, um domínio geral de arenitos sobre os demais litotipos.

Na base do Grupo Paranoá, em contato discordante com os siltitos escuros do Grupo Arai, aflora o Conglomerado São Miguel. Consiste em um paraconglomerado de coloração esverdeada, matriz arcoseana carbonatada, apresentando uma cor vermelha quando alterada. Os seixos variam de milimétricos a métricos e de arredondados a angulosos, São compostos de ritmitos, calcários, argilitos e siltitos.

Acima desse conglomerado assenta-se uma seqüência constituída de intercalações de siltitos e arenitos, ambos impuros, ricos em estruturas sedimentares como gretas de contração, marcas de onda e diques de areia.

#### **4.4.4 - Depósitos coluvionares, aluvionares e de terraços/cobertura detrítico – lateríticas, detríticas e eluvionares em superfície de aplainamento**

Os depósitos coluvionares correspondem aos materiais de cobertura inconsolidados, encontrados nos atuais divisores d'água e suas encostas, com espessuras e composições variáveis em todo a UGRHI. Em geral, são mais desenvolvidos nos relevos mais aplainados e em situações específicas caracterizadas como rampas coluvionares, normalmente associados aos relevos mais escarpados da região. Sua composição mineralógica e granulométrica (desde areias, siltes e argilas) depende da natureza do substrato rochoso que lhe deu origem.

Suas espessuras médias oscilam em torno de 8 metros, alcançando maiores valores do sopé das vertentes, onde podem alcançar mais de uma dezena de metros, além de possuírem uma linha de seixos, às vezes limonitizadas e/ou constituídas por fragmento de canga que separam tais depósitos dos solos subjacentes.

#### **4.4.5 - FM VAZANTE: ardósias, fosforitos e quartzitos**

A Formação Vazante apresenta um conjunto de rochas sedimentares, deformadas segundo a tectônica regional caracterizada por um sistema de empurrões, com grau de metamorfismo baixo, fácies xisto verde, zona da clorita.

Foram identificados dois grupos de fácies sedimentares, relacionados a ambientes de sedimentação diferentes, que mostram evidências do desenvolvimento de um ciclo de sedimentação regressivo.

O primeiro grupo é formado por uma seqüência psamo pelítica basal, que é relacionada a sedimentação em águas profundas caracterizada por uma seqüência turbidítica, que foi classificada segundo o modelo proposto por Mutti (1992). Essa seqüência psamo pelítica basal é constituída por lentes de metadiamicritos, quartzitos e conglomerados de matriz arenosa, imersos em um pacote predominante de metassiltitos argilosos. Dentro dessa

seqüência ocorrem os fosfatos de Ponte Caída, que parecem ser um prolongamento do depósito de Rocinha.

O segundo grupo é constituído pela seqüência pelito-carbonática, relacionada a sedimentação em águas rasas que é caracterizada pela ocorrência de pelitos carbonáticos associados com pelitos e lentes de dolomitos. Algumas dessas lentes de dolomitos apresentam biohermas estromatolíticas, formados por estromatólitos colunares de ambiente raso, acima da base de ondas.

Durante o Neoproterozóico, a região foi atingida por uma glaciação. Nesse contexto foi depositada a seqüência psamo pelítica basal dentro do ambiente glaciomarinho, responsável pelas ocorrências de diamantes na região. Os diamantes foram reconcentrados e posteriormente dispersos pela ação das geleiras.

#### **4.4.6 - FM Paracatu: filitos carbonosos ou não e quartzitos**

A Unidade Paracatu-Vazante foi depositada em uma bacia de sedimentação individualizada, como um golfo, na borda oeste do Craton do São Francisco, que constitui a massa continental, e limitada a oeste pelo paleoalto Canastra. A sedimentação da Unidade Paracatu-Vazante se processou em sistemas deposicionais peculiares no interior deste golfo, distintos dos sistemas deposicionais, característicos de mar aberto, nos quais se processavam a sedimentação dos grupos Araxá e Canastra a oeste e sul, e do Grupo Paranoá a norte do golfo. Paralelamente à borda leste do paleoalto Canastra desenvolveu um extenso cordão recifal que individualizou entre o paleoalto e a barreira de recifes um ambiente restrito com condições de sedimentação euxínica.

As rochas da Unidade Paracatu-Vazante foram afetadas por um único evento de deformação orogenético, durante o ciclo Brasileiro, cujo paroxismo ocorreu por volta de 650 a 680 ma atrás.

Este evento de deformação, aqui denominado Evento de Deformação Principal D1, caracteriza-se como uma deformação progressiva, heterogênea, não coaxial gerada em um

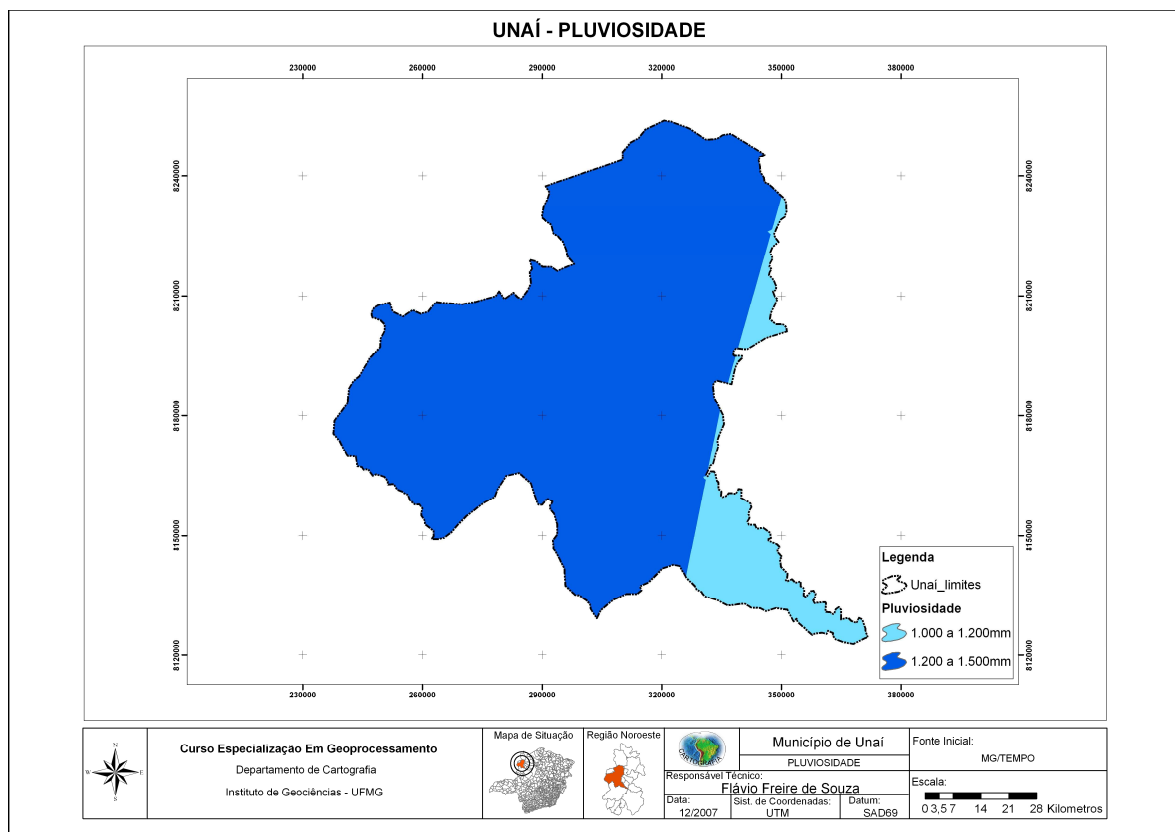


regime de cisalhamento simples como componente de deformação principal, em suas fases principais da deformação e culminando na fase tardia (rúptil) com uma componente de cisalhamento puro, como componente principal.

As estruturas geradas, durante o evento D1, mostram toda evolução desde estágio dúctil de deformação até o rúptil. Estas estruturas se formaram progressivamente com a evolução do evento D1 embora, agrupadas aqui em fases de deformação, como uma maneira didática de demonstrar o processo deformacional, a maioria delas apresentam uma superposição no tempo e no espaço.

## 4.5 – Pluviosidade

O município de Unaí/MG apresenta, com base nos dados fornecidos pela MG/Tempo, uma pluviosidade anual bastante elevada, alcançando uma média de 1302,7mm, porém uma distribuição mensal muito irregular, oscilando de 5,6mm no mês de julho a 258mm no mês de dezembro.



Mapa 2: Mapa de pluviosidade do município de Unaí/MG

## 4.6 – Insolação

Pode-se constatar, com base nos dados fornecidos pela MG/Tempo que o município de Unaí/MG apresenta uma insolação que varia entre 152,4° no mês de dezembro, a 243,2° no mês de junho.

#### **4.7 – Altimetria**

O município de Unaí/MG apresenta uma diferença de altitude de 562m, desde o nível mais alto, com 1.042m, localizado a oeste do município até o nível mais baixo, com 480m, localizado na região sul do município.

#### **4.8 – Declividade**

O município de Unaí/MG apresenta uma declividade bastante acentuada na região central, em decorrência da existência de formações como: Serra Geral do Rio Preto, que corresponde ao divisor das microbacias dos Rios Preto e Urucuia, além da Serra do Pico e Serra do Jataí, formações alongadas e paralelas no sentido N-S, bem como nos rebordos das chapadas.

## **4.9 - Ecossistemas**

Os ecossistemas que caracterizam o município de Unaí/MG, segundo a EMATER-MG, apresentando suas potencialidades e fragilidades, são descritos a seguir:

### **4.9.1 – Rampas**

As Rampas são áreas localizadas entre as Superfícies Onduladas e os Terraços. Possuem declividade suave, entre 3 e 8%, uniforme, sem presença de colinas e solo profundo. Os LATOSSOLOS são seu solo característico. Apresentam uma baixa suscetibilidade à inundação e uma média suscetibilidade à erosão, em decorrência do longo comprimento da rampa, além de baixa fertilidade do solo e acidez inadequada.

A Silvicultura, cana-de-açúcar, pastagem natural, fruticultura, cafeicultura tecnificadas, capineira e culturas anuais correspondem à sua vocação.

### **4.9.2 – Planícies**

São áreas inundáveis, que ficam além dos vales encaixados. Correspondem ao leito maior do curso aquífero, possuindo uma declividade entre 0 e 3%, peculiaridade que lhe confere uma baixa suscetibilidade à erosão e um alto a médio risco de inundação. O solo característico das Planícies é o GLEISSOLO. Esse se apresenta bastante úmido, particularidade que lhe permite uma vocação à produção de cerâmica, cultivo de arroz e área de preservação permanente. Limita-se pela alta suscetibilidade ao encharcamento e deficiência em macro e micronutrientes.

### **4.9.3 - Rebordos/Vertentes Ravinadas**

São áreas localizadas entre as Superfícies Tabulares e as Superfícies Onduladas. Possuem declividade acentuada, acima de 12%, portanto alta suscetibilidade à erosão. Estabelecem faixas entre as chapadas e as superfícies onduladas. Seus solos característicos são o

CAMBISSOLO e o NEOSSOLO LITÓLICO. Não apresentam nenhuma potencialidade, limitando-se a solos rasos, instáveis e pedregosos o que lhe confere uma vocação a áreas de preservação permanente e de reserva florestal.

#### **4.9.4 – Superfícies Onduladas - Chapadas**

As superfícies Onduladas têm como solo característico o LATOSSOLO, estes bastante profundos e bem drenados. Apresentam declividade entre 8 e 20%, média a alta suscetibilidade à erosão e baixa suscetibilidade à inundação. A vegetação característica das Superfícies Onduladas é o Cerrado Típico. São limitadas pela baixa fertilidade do solo e acidez inadequada. A agricultura tecnificada de cereais, silvicultura, cana-de-açúcar, cafeicultura e pastagens correspondem a sua vocação.

#### **4.9.5 – Superfícies Tabulares - Chapadas**

As Superfícies tabulares, também conhecidas como Chapadas estão localizadas entre 600 e 800 metros de altitude. Seu solo característico é o LATOSSOLO, qualificado por ser um solo profundo e bem drenado. Apresenta uma declividade entre 0 e 8%. Limitam-se à baixa fertilidade do solo e acidez inadequada, proporciona a mesma vocação das Superfícies Onduladas.

#### **4.9.6 – Terraços**

Os terraços são áreas localizadas acima das planícies, até as rampas. São áreas não inundáveis. Possuem relevo plano, entre 0 e 3%, por isso uma baixa suscetibilidade à inundação e uma média a alta fertilidade em decorrência do seu solo característico: o CAMBISSOLO. Não apresentam nenhuma limitação, porém, ocasionalmente ocorrem solos afetados por sais. O cultivo de cereais, fruticultura, cana-de-açúcar, capineira e olericultura são suas vocações.

#### **4.9.7 – Vale Encaixado**

Os vales Encaixados possuem o CAMBISSOLO E o NEOSSOLO LITÓLICO como solos característicos. Localizam-se ente duas curvas de nível de mesmo valor que se estendem ao longo dos cursos aquíferos, é a calha do rio. Apresentam um potencial voltado à beleza cênica e ocorrência de nascentes, por constituírem em seu interior as matas ciliares. Por apresentarem solo instável e relevo fortemente acidentado são áreas de preservação permanente e de reserva legal.

#### **4.9.8 - Veredas**

As Veredas são áreas de drenagem das superfícies onduladas e tabulares, onde o afloramento do aquífero freático propicia o processo de formação de solos hidromórficos (GLEISSOLOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS), que são sua particularidade principal, com vegetação característica, sobressaindo visualmente os buritis (*Mauritia flexuosa*). Possuem como principal potencialidade a biodiversidade e manancial aquífero. Limitam-se a área de preservação permanente por apresentarem alta suscetibilidade à inundação, portanto, solos encharcados, baixa fertilidade e acidez inadequada.

## **4.10 – Restrições Legais**

Com base no Código Florestal, Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 e na Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002, foram determinadas as áreas de restrições legais, ou áreas de preservação permanente. Estas estão descritas abaixo com suas características e particularidades.

### **4.10.1 - Topo de morro**

A Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002 dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Determina que topo de morros e montanhas são áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base.

### **4.10.2 - Área ciliar**

São consideradas áreas de preservação permanente – Área ciliar, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal, cuja largura mínima seja de 30m para os cursos d'água que possuam menos de 10m de largura, 50m para os cursos d'água que tenham de 10m a 50m de largura, variando até 500m para os cursos d'água com largura superior a 600m, bem como ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais.

### **4.10.3 – Nascentes**

As áreas de nascente ou olhos d'água são locais onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea, sendo a área calculada com base num raio mínimo de 50 metros do ponto onde surge a água.

#### **4.10.4 - Rebordos de chapadas**

Os rebordos de Chapadas ou bordas dos tabuleiros são áreas localizadas a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m, em projeção horizontal.

#### **4.10.5 - Floresta semidecídua**

As florestas semidecíduas, são fragmentos de Mata Atlântica e, portanto, áreas de preservação permanente por manterem em equilíbrio, segundo o Código Florestal, Lei Federal Nº. 4.771, sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico.

#### **4.10.6 - Vertentes com declividade acima de 45°**

São também consideradas áreas de preservação permanente as encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.



## 5 - Metodologia

O roteiro metodológico que norteia o presente trabalho consiste no seguinte:

Tratamento das bases de dados: curvas de nível, malha viária, rede hidrográfica, utilizando o MapInfo para juntar as tabelas de cada feição e converter o arquivo TAB em SHP; mapa de solos, Índice Pluviométrico, mapa geológico e mapa de vegetação.

Geração dos mapas base: Altimetria, Declividade, Insolação, Suscetibilidade à erosão e Suscetibilidade à inundação.

Aplicação do método *Delphi* para deliberação dos pesos e notas e cruzamento das diversas variáveis relacionadas com a geração dos mapas das aptidões características de Unaí.

Rasterização e reclassificação dos mapas gerados.

Aplicação da análise de multicritérios.

Geração dos mapas temáticos: Aptidão para Apicultura, Aptidão para Lavouras Permanentes, Aptidão para Lavouras Anuais, Aptidão para Café, Aptidão para Mineração, Aptidão para Pastagem, Aptidão para Olericultura, Aptidão para Lazer e Turismo, Aptidão para Extrativismo, Aptidão para Piscicultura, Aptidão para Fruticultura e Aptidão para Silvicultura.

Por fim, no teste de uma metodologia que utiliza o apoio do Geoprocessamento para determinação da aptidão dos diversos solos existentes no município de Unaí/MG.

## 5.1 – Esquema

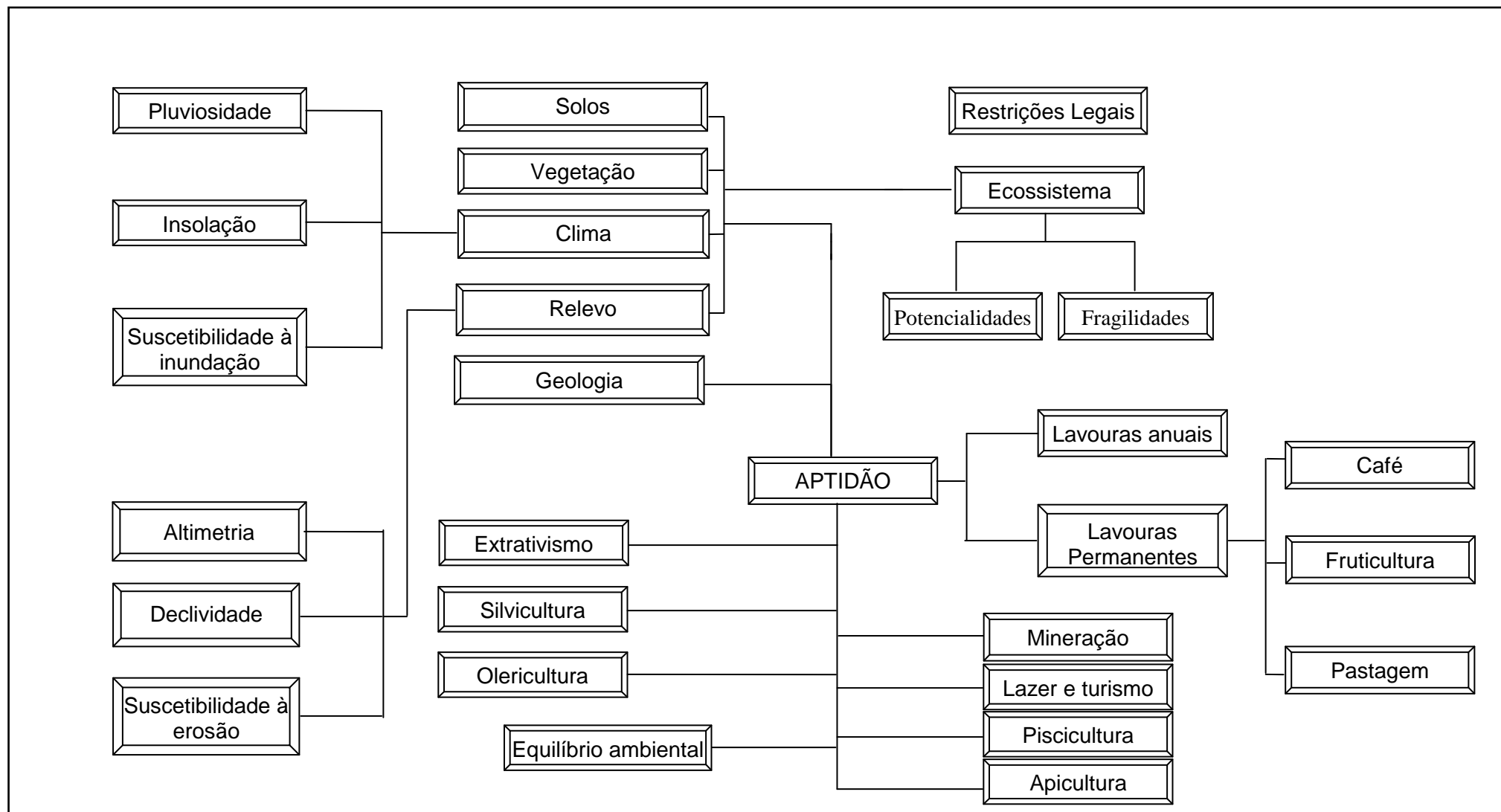


Figura 1: Esquema para geração das aptidões de Unai/MG

## 5.2 - Composição da base de dados cartográficos

A base de dados utilizada neste trabalho foi adquirida do IBGE/GEOMINAS, na escala de 1:100.000, com curvas de nível eqüidistantes 40m (**Mapa 9**), malha viária (**Mapa 13**), rede hidrográfica (**Mapa 10**) e limites municipais. Esta base, por ter sido disponibilizada no formato TAB, foi trabalhada no MapInfo. Foi utilizado o comando *Append Rows to Table* para juntar todas as tabelas de cada feição em apenas uma, para em seguida salvar como TAB e depois a aplicação do comando *Universal Translator* para definitivamente converter o arquivo em SHP, formato característico do *ArcGis*, *software* utilizado para elaboração dos mapas temáticos finais.

Além da base de dados citada anteriormente, foi adquirido da CPRM/2003, na escala 1:1.000.000 o mapa geológico de Minas Gerais, no formato SHP. Deste, foi retirado apenas a área correspondente ao município de Unai/MG para posterior cruzamento.

O mapa de solos utilizado foi o do CETEC, e posteriormente reclassificado para atualização das nomenclaturas. Apenas os GLEISSOLOS configuravam com esta particularidade, mantendo a denominação antiga.

O mapa de vegetação foi obtido a partir do Atlas Digital da Flora Nativa e dos Reflorestamentos do estado de Minas Gerais, desenvolvido por meio da SEMAD e do IEF, em convênio com a Universidade Federal de Lavras e a FAEPE. Os dados foram extraídos, exportados no formato Tiff, pelo *software Corel Draw*. No software ArcMap foi importado e georreferenciado. Após isso foi feito o clip a partir do comando *Extract by mask*, em *Spatial Analyst Tools*, no *Arc Toolbox*, com base nos limites do município de Unai/MG, para em seguida ser feita sua reclassificação.

### 5.3 – Coleção Cartográfica Gerada

A Coleção Cartográfica foi gerada a partir das curvas de nível, com equidistância de 40m, fornecidas pelo IBGE/GEOMINAS, mapa de pluviosidade fornecido pelo MG/TEMPO, mapa de solos fornecido pela CETEC, mapa geológico fornecido pela CPRM e mapa de vegetação fornecido pelo IEF/SEMAD. Constitui-se dos seguintes mapas:

Mapas de análise inicial:

- Mapa Hipsométrico
- Mapa de Insolação
- Mapa de Declividade
- Mapa de Suscetibilidade à Erosão
- Mapa de Suscetibilidade à Inundação
- Mapa de APP's

Mapas resultantes da análise de multicritérios

- Mapa de Aptidão para Apicultura
- Mapa de Aptidão para Café
- Mapa de Aptidão para Extrativismo
- Mapa de Aptidão para Fruticultura
- Mapa de Aptidão para Lavouras Anuais
- Mapa de Aptidão para Lavouras Permanentes
- Mapa de Aptidão para Lazer e Turismo
- Mapa de Aptidão para Mineração
- Mapa de Aptidão para Olericultura
- Mapa de Aptidão para Pastagem
- Mapa de Aptidão para Piscicultura
- Mapa de Aptidão para Silvicultura

## 5.4 - Análise de Multicritérios

A aplicação da média ponderada, para gerar novas informações (síntese), com base em variáveis hierarquizadas, antes de ser considerada um procedimento metodológico simples, alcança resultados notáveis. Xavier (2001) coloca o seguinte: “É razoável afirmar-se que um dos maiores méritos do uso da média ponderada em avaliações de situações ambientais, reside na sua proximidade, analogia ou semelhança com o raciocínio avaliativo, baseado no bom senso, tal como praticado em julgamentos do cotidiano”. Coloca de forma clara a simplicidade característica da média ponderada, quando esta se aproxima do raciocínio e bom senso, sem, no entanto, diminuir sua precisão e aplicabilidade.

Utilizar a média ponderada, com base nas informações de especialistas é estabelecer uma relação do conhecimento dos mesmos, sua prática cotidiana, com a repetitiva etapa de operação intrínseca aos algoritmos que lhe são característicos.

A tabela abaixo corresponde às classes e intervalos de aptidão constituídos para fundamentar os resultados obtidos.

CLASSES	INTERVALO
Baixa	0 a 2
Média a baixa	2 a 4
Média	4 a 6
Média a alta	6 a 8
Alta	8 a 10

Tabela 1: Classes de aptidão

## 5.5 - Método *Delphi*

Para determinar as aptidões das terras do município de Unaí/MG, foi adotada a metodologia *Delphi*, que consiste na seleção de um grupo de especialistas capacitados, dentro da área que se quer pesquisar. Estes são questionados e incitados a emitir sua opinião – fundamental na tomada de decisão a respeito do objeto da pesquisa.

Deduz-se que um juízo de valores é emitido a respeito de um determinado assunto por um grupo de especialistas, com base em um questionamento, que representa a primeira etapa do método, para em seguida ser feito o processamento e logo após as modificações propostas ou confirmação das opiniões, caracterizando a validação do sistema, como representado no esquema abaixo:



Figura 2: Etapas do método Delphi

A eficácia do método *Delphi* está relacionada diretamente com a escolha dos especialistas que serão inquiridos e anonimato dos mesmos para que não sejam influenciados pelas posições ocupadas pelos outros participantes.

Neste trabalho o método *Delphi* foi aplicado utilizando um questionário, conforme modelo apresentado a seguir (Tabela 5), para cada tipo de aptidão e, embora as pesquisas determinem que um número ótimo de especialistas para participar de uma pesquisa desta natureza seja de no mínimo sete, apenas três especialistas da EMATER-MG foram consultados, haja vista sua experiência em classificação das terras e determinação de lavouras para cada parcela de solo e o curto período de tempo para realização deste projeto.

APTIDÃO – LAVOURAS PERMANENTES	
Variáveis	Peso (0 a 100)
Solos	
Vegetação	
Pluviosidade	
Geologia	
Declividade	
Suscetibilidade à inundação	
Suscetibilidade à erosão	
<b>Total</b>	

Feição	Classes	Notas (0 a 10)
SOLOS	CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos	
	GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos	
	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos	
	LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos	
	NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos	
	NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos	
	NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos	

Feição	Classes	Notas (0 a 10)
VEGETAÇÃO	CAMPO	
	CERRADO DENSO	
	CERRADO RALO	
	CERRADO TÍPICO	
	FLORESTA SEMIDECÍDUA	
	EUCALIPTO	

Feição	Classes	Notas (0 a 10)
PLUVIOSIDADE	Alta	
	Média a alta	
	Média	
	Baixa a média	
	Baixa	

Feição	Classes (%)	Notas (0 a 10)
DECLIVIDADE	0 a 2,5	
	2,5 a 12	
	12 a 50	
	50 a 100	
	Acima de 100	

Feição	Classes	Notas (0 a 10)
SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO	Alta	
	Média a alta	
	Média	
	Média a baixa	
	Baixa	

Feição	Classes	Notas (0 a 10)
SUSCETIBILIDADE À EROSÃO	Alta	
	Média a alta	
	Média	
	Média a baixa	
	Baixa	

Feição	Classes	Notas (0 a 10)
GEOLOGIA	Cobertura detrítico-laterítica, detríticas e eluvionares	
	Depósitos coluvionares, aluvionares e de terraços	
	FM PARACATU: filitos carnosos ou não e quartzitos	
	FM VAZANTE: ardosias, fosforitos e quartzitos	
	FM VAZANTE: dolomitos, chertes, metapelitos e fosforitos	
	GRUPO PARANOIA: quartzitos, pelitos, calcários, dolomitos, chertes e conglomerados	
	SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO - GRUPO BAMBUÍ - FM TRÊS MARIAS: arcoseos e pelitos	

Tabela 2: Questionário para determinação de pesos e notas



## 5.6 - Álgebra de Mapas

A automatização de tarefas repetitivas é uma prática cada vez mais utilizada nas operações trabalhosas, envolvidas nos processos de integração de dados rasterizados, a exemplo das álgebras de mapas disponíveis nos *softwares* ArcGis, SPRING e SAGA UFRJ.

A Álgebra de Mapas são os procedimentos utilizados pelos Sistemas de Informações Georreferenciadas para manipular mapas rasterizados, compostos pelas diversas variáveis, as quais se pretende efetuar cruzamento com o objetivo de criar modelos de análise espacial.

Os mapas temáticos apresentados neste trabalho representam o resultado do cruzamento dos atributos do solo, vegetação, pluviosidade, geologia, altimetria, declividade, suscetibilidade à erosão, suscetibilidade à inundação e insolação. A utilização de algoritmos apropriados, direcionados a realizar as operações de cruzamento foi imprescindível pela complexidade dos dados e a característica repetitiva do procedimento. Além de determinar de forma precisa as aptidões dos solos do município de Unaí/MG, em aptidão alta, média a alta, média, média a baixa e baixa, espacializa os resultados gerados, proporcionando uma leitura de fácil compreensão e entendimento.

O algoritmo utilizado pelo software ArcGis, módulo ArcMap, para determinação das aptidões acima mencionadas teve como base operadores matemáticos de análise espacial. Estes operadores avaliam a expressão apenas pela entrada das células que coincidem especialmente com a célula de saída.

Operadores matemáticos aplicam uma operação matemática para valores em dois ou mais arquivos raster. São três os grupos de operadores matemáticos utilizados na determinação do arquivo raster temático final: Aritmético, Booleano ou Relacional.

Os operadores utilizados na geração dos mapas temáticos aqui expostos são do tipo Aritmético. Estes são compostos por \* (multiplicação), / (divisão), - (subtração) e + (adição). Para exemplificar pode-se observar o resultado abaixo de uma operação matemática do tipo aritmética, utilizando a multiplicação e adição para cruzamento dos arquivos *raster*, para gerar uma síntese das variáveis envolvidas no processo:

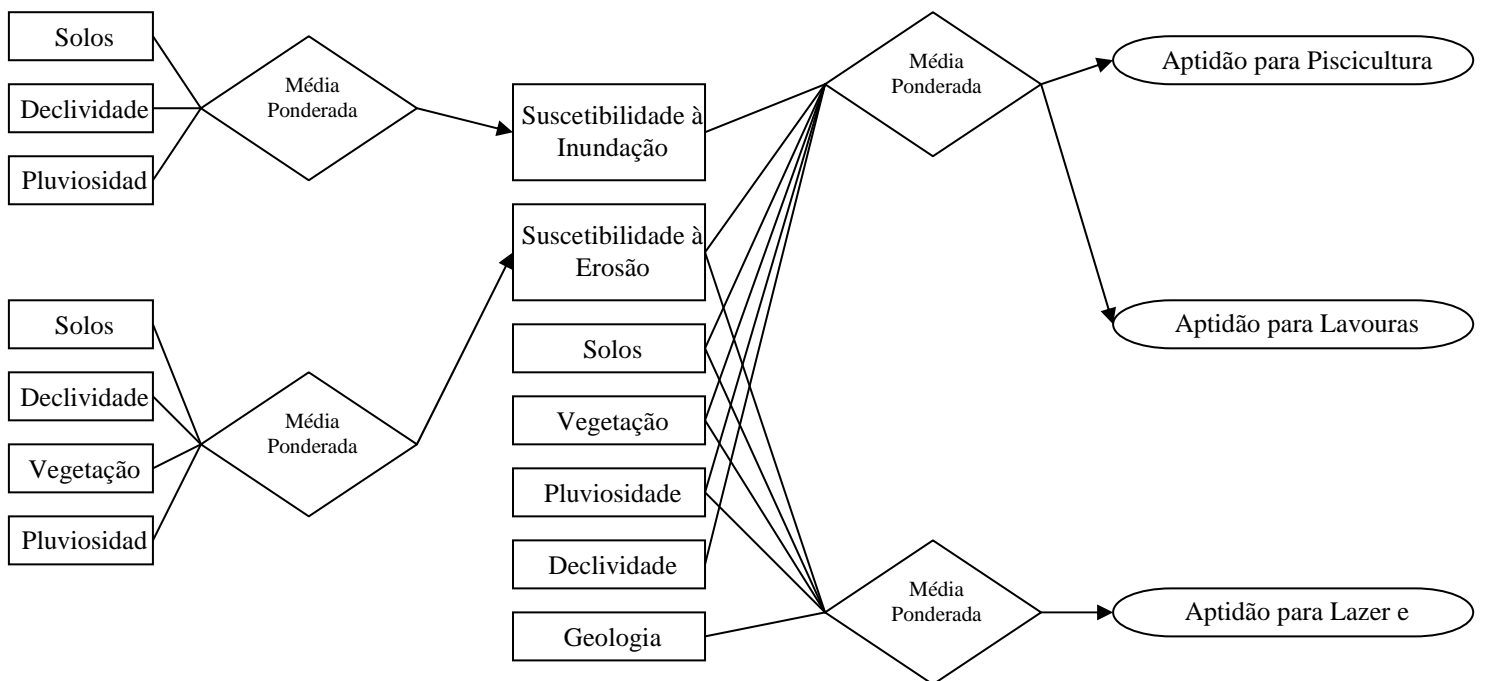
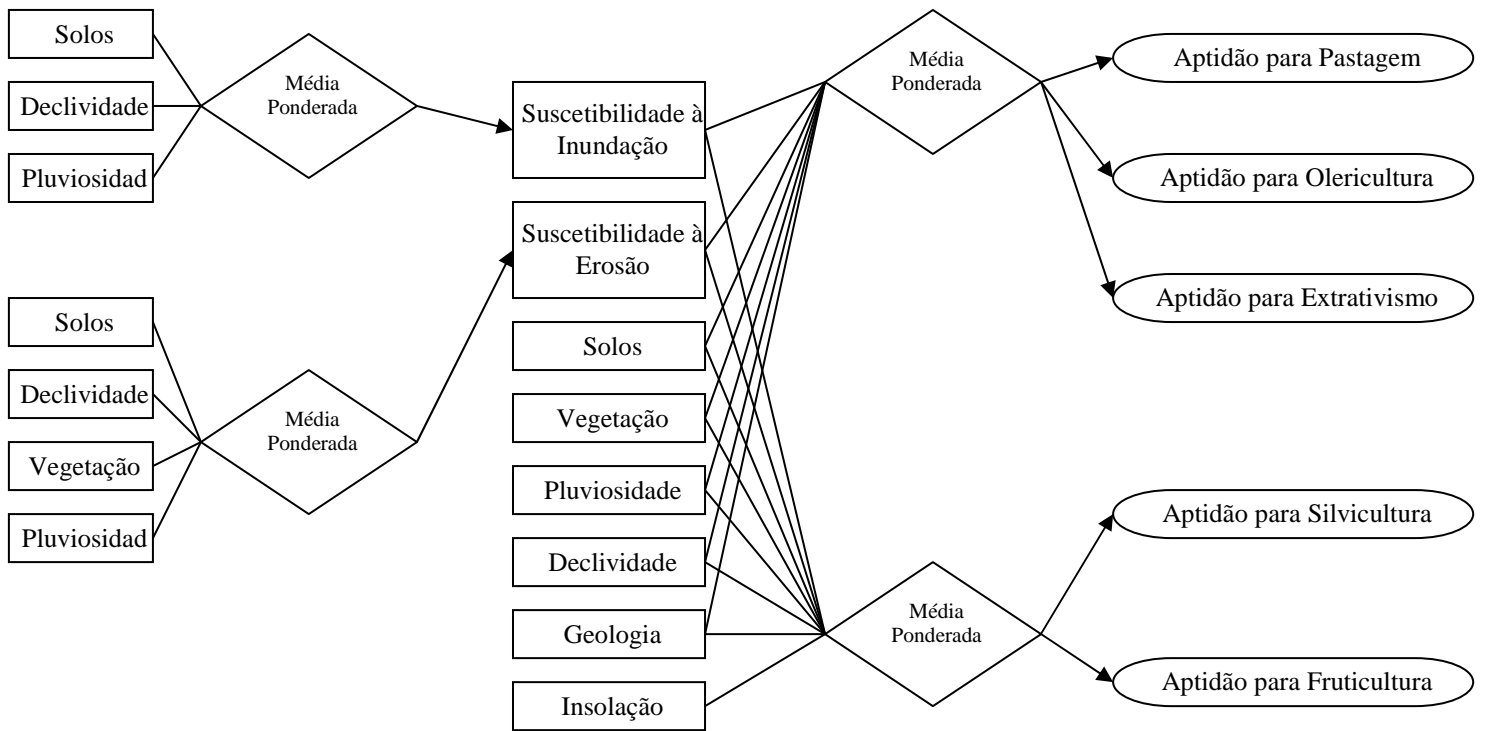
$$[Raster \text{ de entrada } 1] * 2 + [Raster \text{ de entrada } 2] * 3 = Raster \text{ de saída (síntese)}$$

<i>Raster de entrada 1</i>	<i>Raster de entrada 2</i>																		
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 60px; height: 60px;"> <tr><td style="background-color: #90EE90;">1</td><td style="background-color: #FFFFE0;">2</td><td style="background-color: #90EE90;">1</td></tr> <tr><td style="background-color: #DDA0DD;">3</td><td style="background-color: #D3D3D3;">0</td><td style="background-color: #D3D3D3;">0</td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;">1</td><td style="background-color: #FFFFE0;">2</td><td style="background-color: #90EE90;">1</td></tr> </table>	1	2	1	3	0	0	1	2	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 60px; height: 60px;"> <tr><td style="background-color: #FFFFE0;">2</td><td style="background-color: #FFFFE0;">2</td><td style="background-color: #90EE90;">1</td></tr> <tr><td style="background-color: #D3D3D3;">0</td><td style="background-color: #DDA0DD;">3</td><td style="background-color: #FFFFE0;">2</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFFFE0;">2</td><td style="background-color: #90EE90;">1</td><td style="background-color: #90EE90;">1</td></tr> </table>	2	2	1	0	3	2	2	1	1
1	2	1																	
3	0	0																	
1	2	1																	
2	2	1																	
0	3	2																	
2	1	1																	
<i>Raster de saída</i>																			
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 60px; height: 60px;"> <tr><td style="background-color: #ADD8E6;">8</td><td style="background-color: #00FF00;">10</td><td style="background-color: #FFD700;">5</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFD700;">6</td><td style="background-color: #00FF00;">9</td><td style="background-color: #FFD700;">6</td></tr> <tr><td style="background-color: #ADD8E6;">8</td><td style="background-color: #ADD8E6;">7</td><td style="background-color: #FFD700;">5</td></tr> </table>		8	10	5	6	9	6	8	7	5									
8	10	5																	
6	9	6																	
8	7	5																	

Figura 3: Álgebra de mapas

Os valores dos *pixels* de saída representam as diversas aptidões determinadas, ou seja, os valores 5 e 6 representam uma aptidão média, os valores 7 e 8, uma aptidão média a alta e os valores 9 e 10, uma aptidão alta.

Pode-se observar no diagrama abaixo a utilização do operador aritmético (Média Ponderada) para geração dos mapas síntese das aptidões diversas de Unaí/MG.



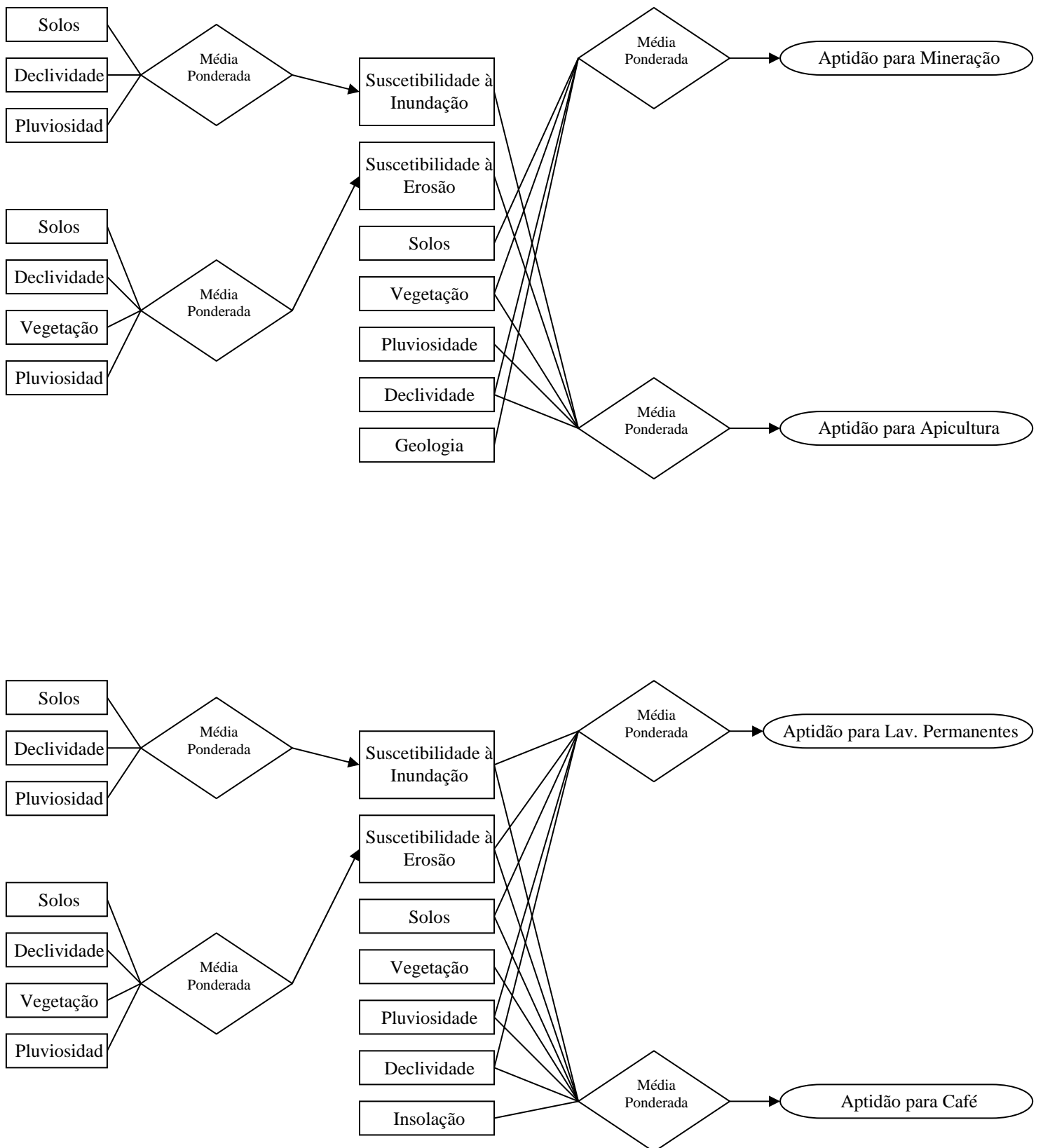
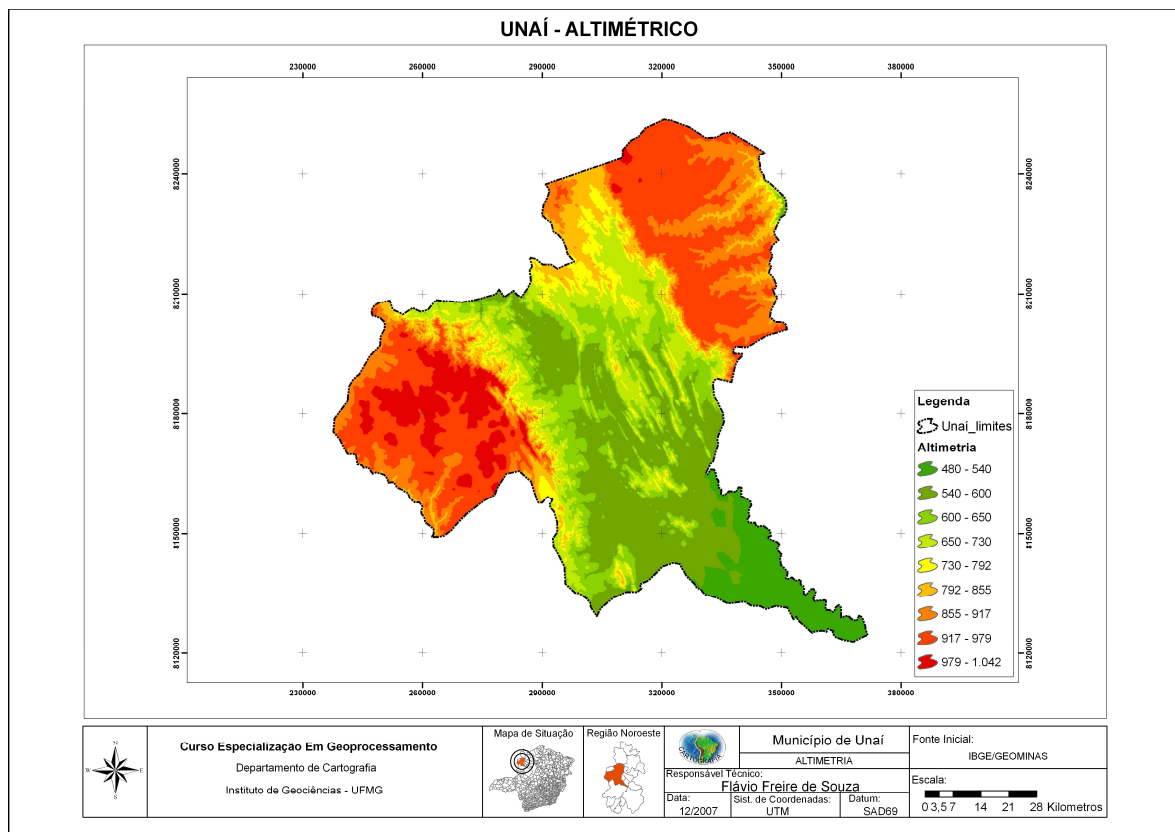


Figura 4 - Diagrama esquemático da álgebra de mapas para geração dos mapas de aptidão

## 6. Resultados Obtidos

### 6.1 - Mapa Altimétrico

A hipsometria foi gerada a partir do comando *Create TIN from features* em *3D Analyst*, utilizando as curvas de nível, base fornecida pelo IBGE/GEOMINAS. Foram estabelecidas nove classes, do nível mais baixo do terreno, correspondente a 480m ao nível mais alto, correspondendo a 1.042m, com intervalos iguais. Em seguida, foi convertida de vetor para raster, utilizando o comando *Features to Raster* em *Convert*, em *Spacial Analyst*.



Mapa 3: Mapa altimétrico do município de Unai

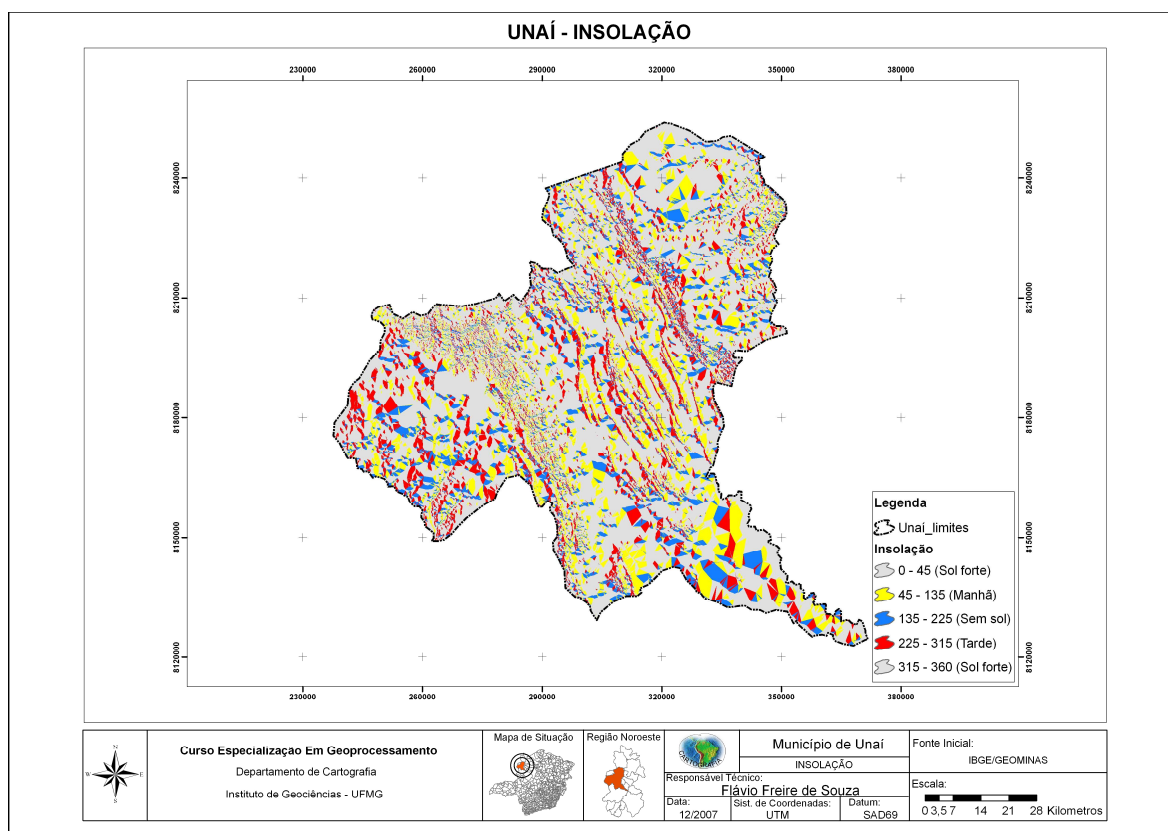
## 6.2 - Mapa de Insolação

O Mapa de Insolação foi gerado a partir do TIN de elevação. Foi aplicado o comando *Aspect*, em *Surface Analysis/3D Analyst* e o resultado gerado foi reclassificado para configurar apenas as insolações correspondentes às seguintes classes:

Classe	Período
0° a 45°	Sol forte
45° a 135°	Sol da manhã
135° a 225°	Sem sol
225° a 315°	Sol da tarde
315° a 360°	Sol forte

Tabela 3: Classes de insolação do município de Unaí/MG

O resultado obtido é apresentado no mapa a seguir:



Mapa 4: Mapa de Insolação do município de Unaí/MG

### 6.3 - Mapa de Declividade

Para a determinação da declividade, primeiramente foi gerado um modelo digital do terreno (MDT), por meio de uma interpolação matemática no SIG, com dados de altimetria (cotas) extraídos da base cartográfica digital, empregando-se a metodologia de redes de triangulação irregular (TIN) do *software* ArcView, utilizando o comando *Slope* em *Surface Analysis*, em *3D Analyst*. A partir do MDT foi possível extrair a declividade da área em porcentagem. A próxima etapa consistiu na elaboração do mapa de declividade com base nas classes de declive preconizadas pelo Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra (1971), que divide em 8 classes, discriminadas em função das limitações oferecidas para o trabalho das máquinas agrícolas, como segue:

**A** – Declives suaves, inferiores a 2,5%, podendo ser arados em todas as direções e sentidos:

A<sup>-</sup> - inferiores a 1% (aproximadamente 40')

A<sup>+</sup> - entre 1 e 2,5% (aproximadamente 1° e 30')

**B** – Declives moderados, entre 2,5 e 12%, podendo ser trabalhados em curvas de nível por tratores de roda:

B<sup>-</sup> - entre 2,5 e 5% (1° 30' e 3°)

B<sup>+</sup> - entre 5 e 12% (3° e 7°)

**C** – Declives fortes, entre 12 e 50%, podendo ser trabalhados mecanicamente apenas em curvas de nível e por máquinas simples de tração animal ou, em certos limites, por tratores de esteira:

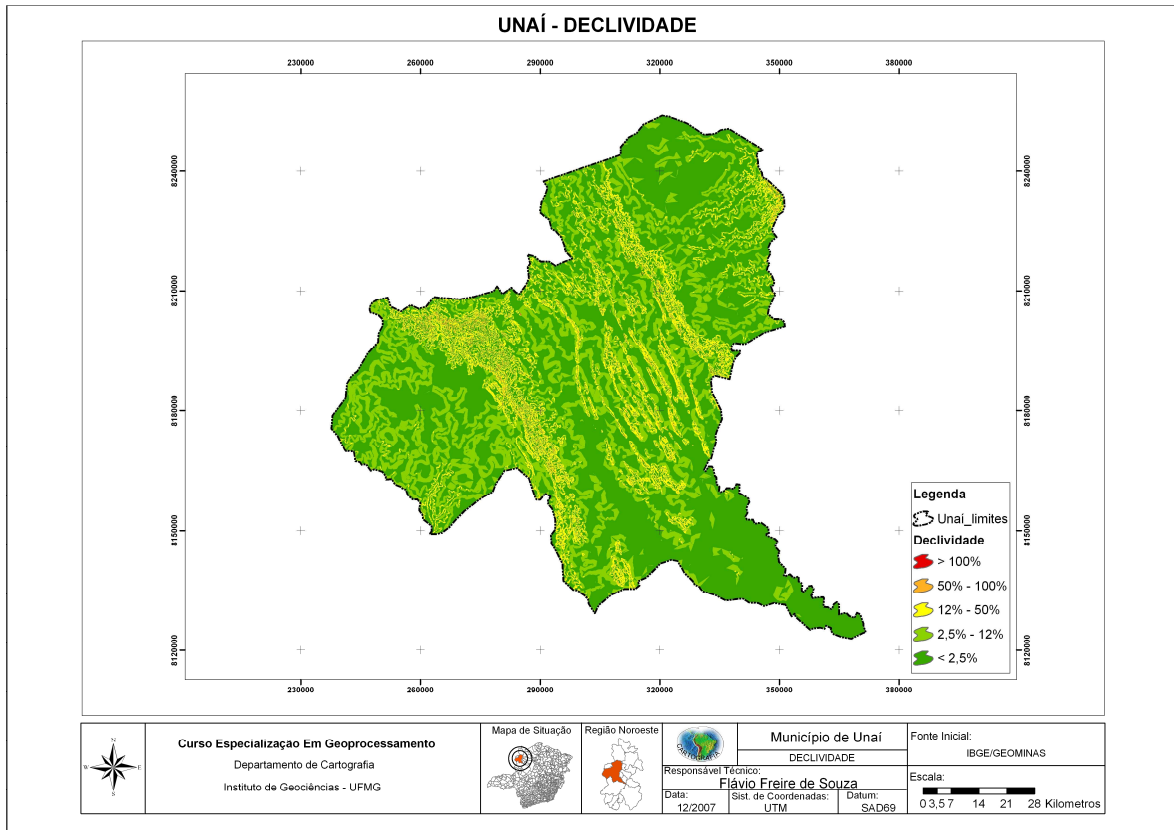
C<sup>-</sup> - entre 12 e 25% (7° e 14°) ainda trabalháveis, com limitações e cuidados especiais, por tratores de esteira

C<sup>+</sup> - entre 25 e 50% (14° e 26°), somente trabalháveis mecanicamente por máquinas simples de tração animal, assim mesmo com limitações sérias.

**D** – Declives muito fortes, superiores a 50%, não mais podendo ser trabalhados, mecanicamente, nem mesmo pelas máquinas simples de tração animal:

D<sup>-</sup> - entre 50% e 100% (26° e 45°), somente trabalháveis com instrumentos e ferramentas manuais.

D<sup>+</sup> - superiores a 100% (45°), praticamente impossíveis de serem trabalhadas mesmo com instrumentos e ferramentas manuais.

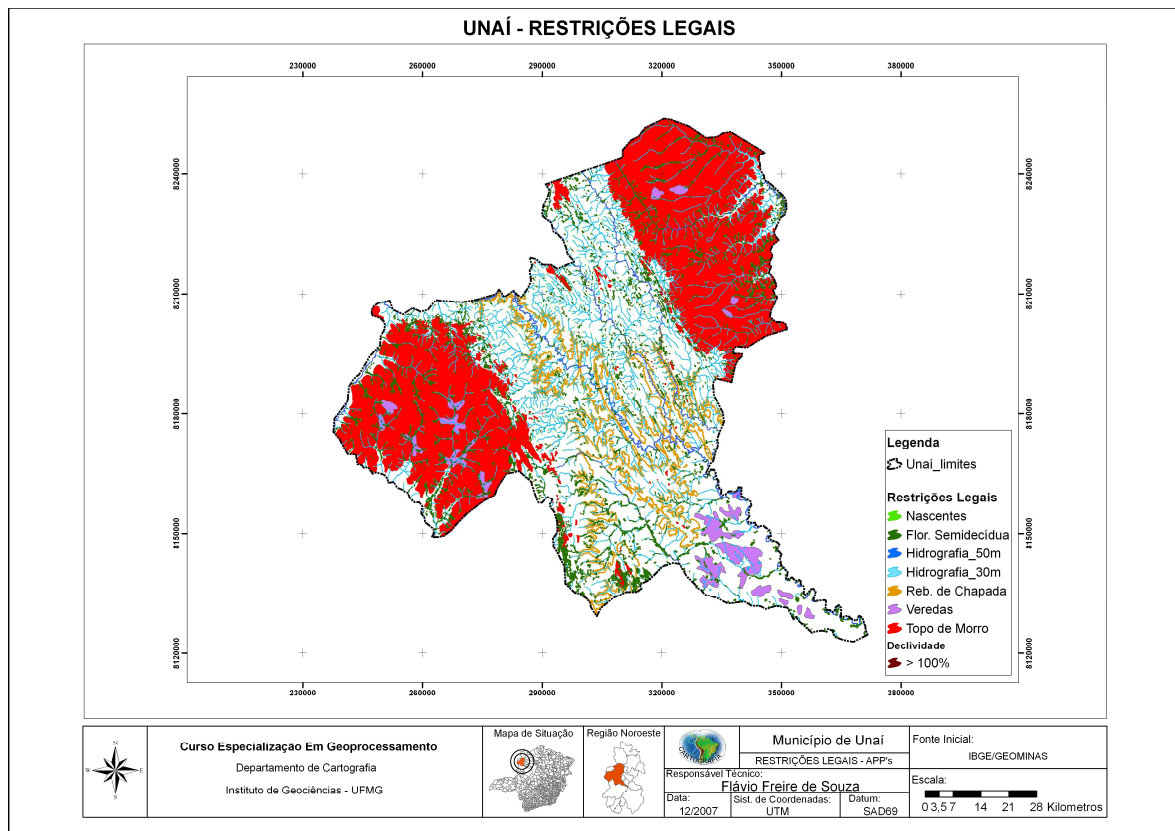


Mapa 5: Mapa de Declividade do município de Unai/MG



## 6.4 - Mapa de Restrições Legais

O mapa de Restrições Legais foi gerado a partir da combinação de diversos outros mapas e informações, com base no Código Florestal, Lei Federal N° 4.771, de 15 de setembro de 1965. É composto pelas seguintes formações: floresta semidecídua, veredas, *buffers* dos cursos aquíferos de 30m e 50m, *buffers* das nascentes de 50m, rebordos das chapadas, declividade superior a 100% e topo de morro. Este último necessita de um estudo mais aprofundado, pois de acordo com a Resolução Conama N° 303, de 20 de março de 2002, topo de morro é a área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base. Isso permite interpretações ambíguas e, portanto, sujeitas a erros ou omissões.



Mapa 6: Mapa de APPs do município de Unai.

### 6.5 - Mapa de Suscetibilidade à Erosão

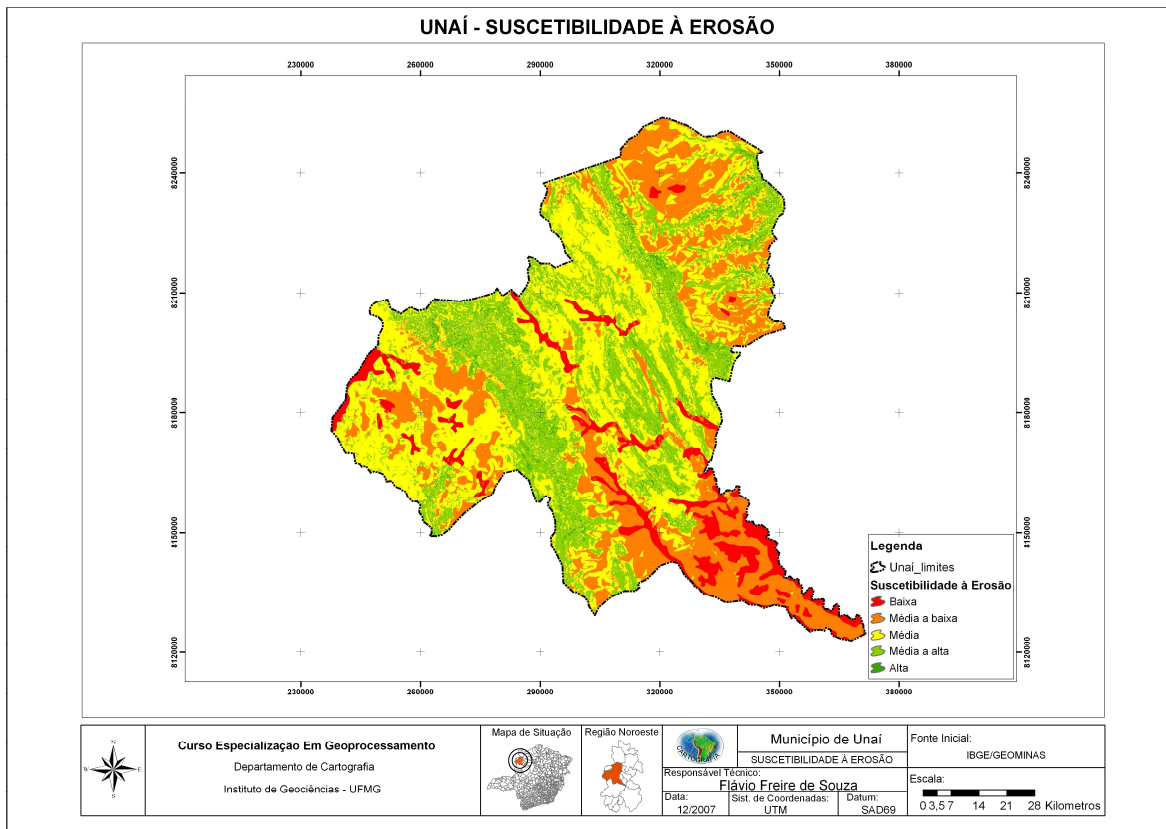
O Mapa de Suscetibilidade à Erosão do município de Unaí/MG foi gerado a partir dos mapas de Solo, Declividade, Vegetação e Pluviosidade, discretizados, utilizando o método *Delphi* no processo de aplicação de pesos e notas e cruzamento dessas informações.

Os pesos para geração deste mapa foram determinados entre 0 e 100 e as notas entre 0 e 10 e foram aplicados conforme tabelas abaixo:

<b>SOLOS</b>	<b>Peso - 50</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
CAMBISSOLOS		8
GLEISSOLOS		0
LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos		5
LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos		5
NEOSSOLOS LITÓLICOS (Eut. / Dist.)		10
NEOSSOLOS FLÚVICOS		0
<b>DECLIVIDADE</b>	<b>Peso - 30</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
0 a 2,5%		0
2,5 a 12%		3
12 a 50%		5
50 a 100%		8
Acima de 100%		10
<b>VEGETAÇÃO</b>	<b>Peso - 10</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
Cerrado Denso		5
Floresta Semidecídua		3
Cerrado Ralo		8
Cerrado Típico		5
Campo		10
Eucalipto		0
<b>PLUVIOSIDADE</b>	<b>Peso - 10</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
1.000 a 1.200mm		5
1.200 a 1.500mm		10

Tabela 4: Suscetibilidade à Erosão do município de Unaí/MG

O resultado da utilização da média ponderada (multicritérios) é apresentado no mapa abaixo:



Mapa 7: Mapa de Suscetibilidade à Erosão do município de Unaí.

## 6.6 - Mapa de Suscetibilidade à Inundação

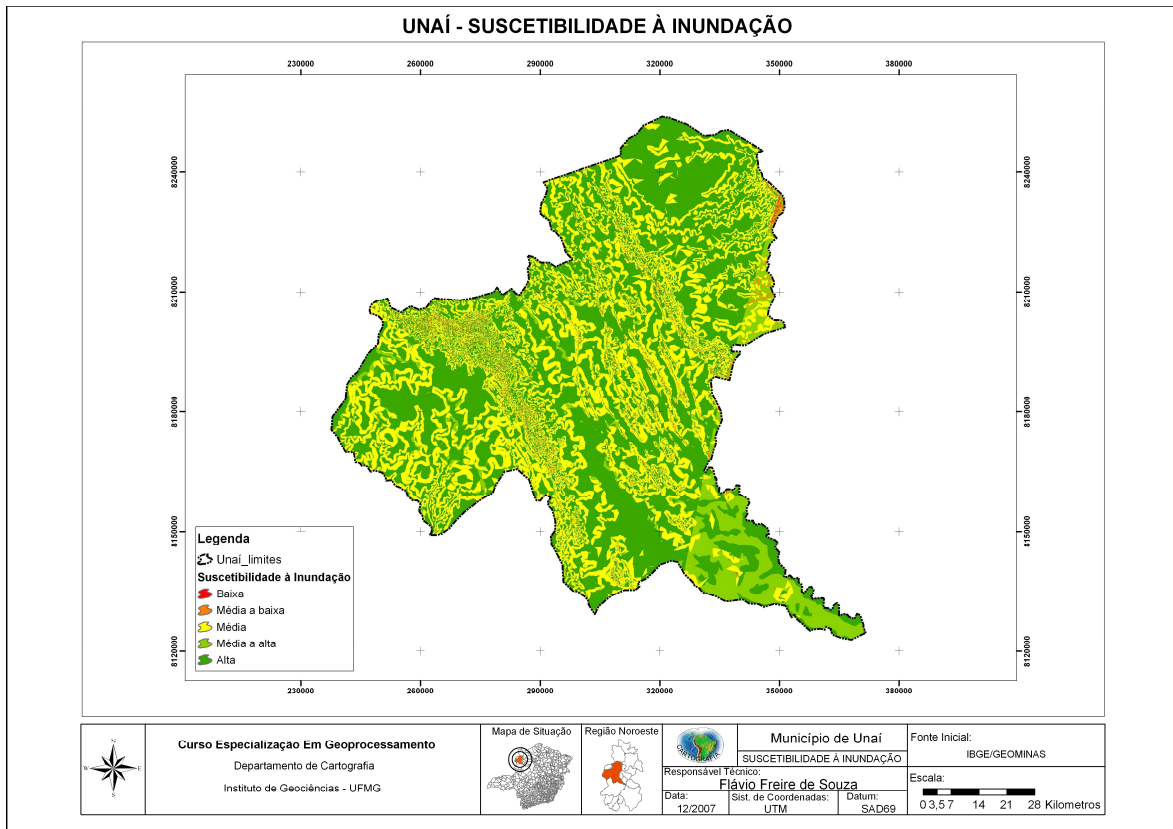
O Mapa de Suscetibilidade à Inundação do município de Unaí/MG foi gerado a partir dos mapas de Solo, Declividade e Pluviosidade, discretizados, utilizando o método *Delphi* no processo de aplicação de pesos e notas e cruzamento dessas informações.

Os pesos para geração deste mapa foram determinados entre 0 e 100 e as notas entre 0 e 10 e foram aplicados conforme tabelas abaixo:

<b>SOLOS</b>	<b>Peso - 10</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
CAMBISSOLOS		0
GLEISSOLOS		10
LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos		0
LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos		0
NEOSSOLOS LITÓLICOS (Eut. / Dist.)		0
NEOSSOLOS FLÚVICOS		5
<b>DECLIVIDADE</b>	<b>Peso - 60</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
0 a 2,5%		10
2,5 a 12%		5
12 a 50%		3
50 a 100%		0
Acima de 100%		0
<b>PLUVIOSIDADE</b>	<b>Peso - 30</b>	<b>SUSCETIBILIDADE</b>
1.000 a 1.200mm		5
1.200 a 1.500mm		10

Tabela 5: Suscetibilidade à Inundação do município de Unaí/MG

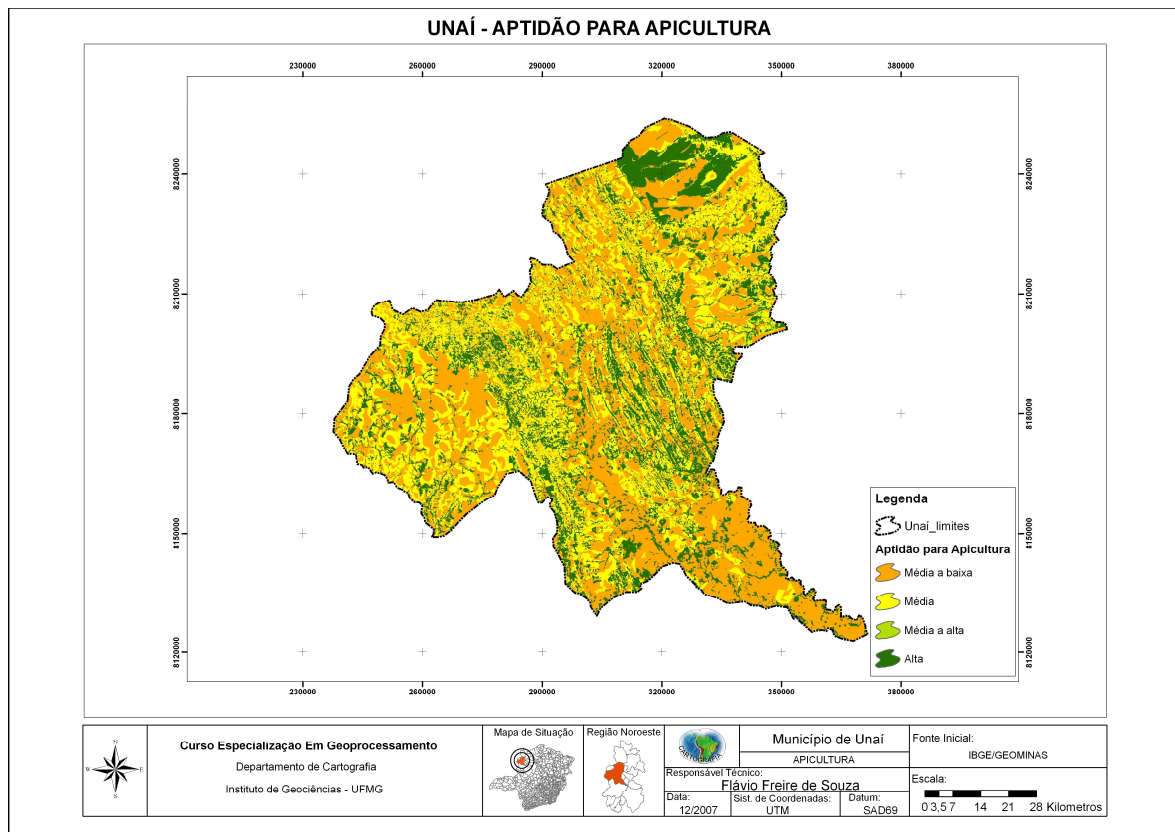
O resultado da utilização da média ponderada (multicritérios) é apresentado no mapa abaixo:



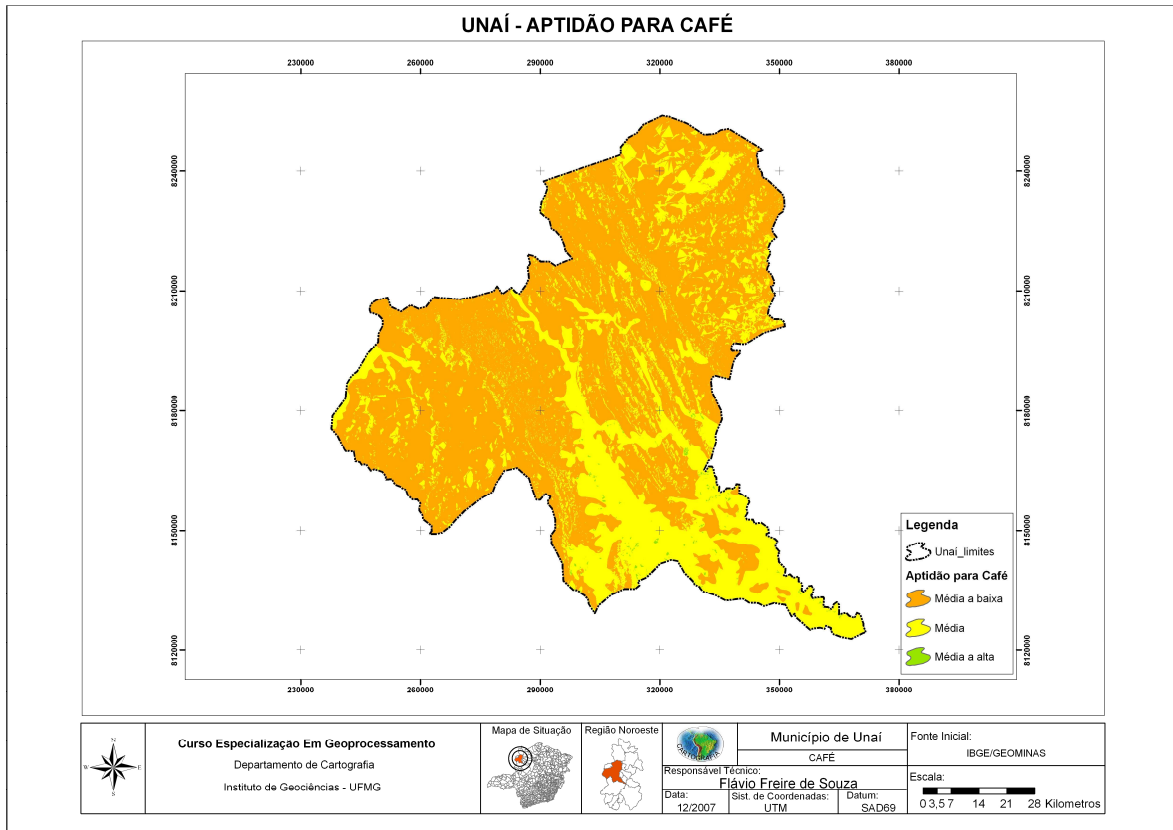
Mapa 8: Mapa de Suscetibilidade à Inundação do município de Unai.

## 6.7 - Mapas de Aptidão

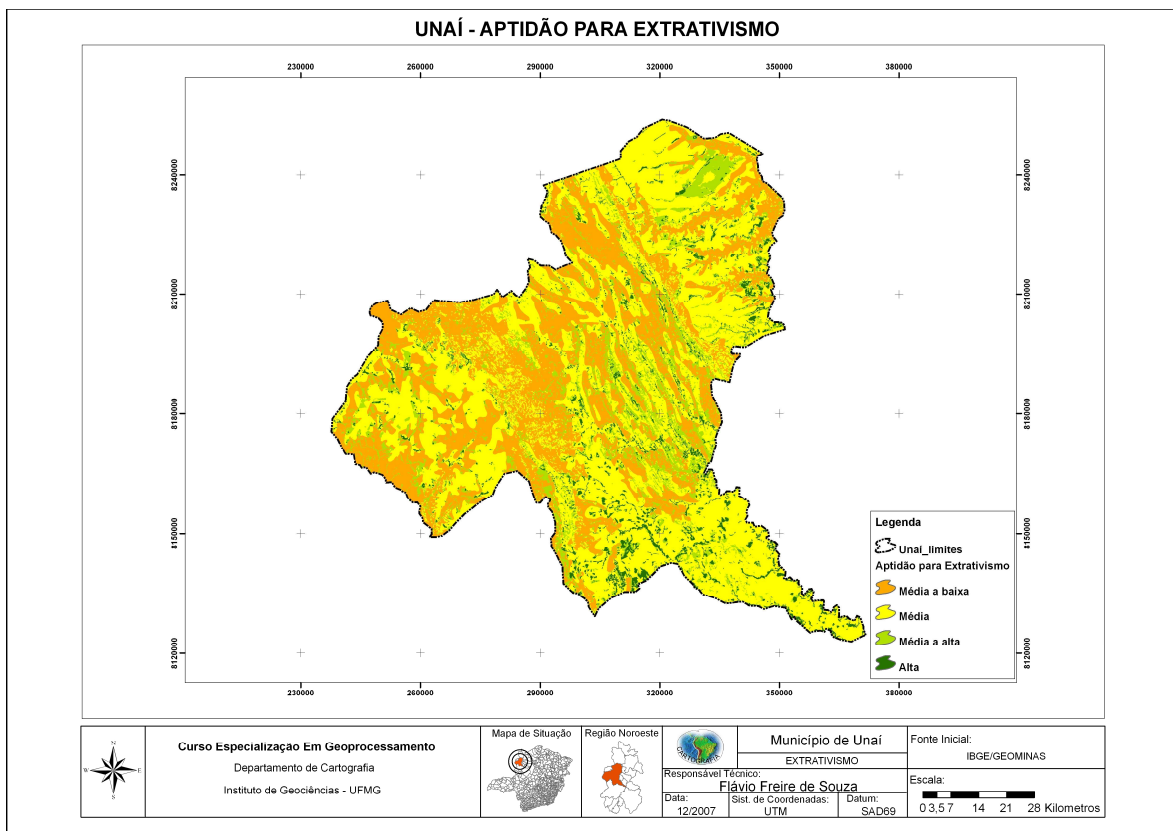
Os seguintes mapas concernentes às aptidões do município de Unai, foram gerados a partir do cruzamento das variáveis solos, declividade, pluviosidade, vegetação, geologia, suscetibilidade à erosão, suscetibilidade à inundação e insolação:



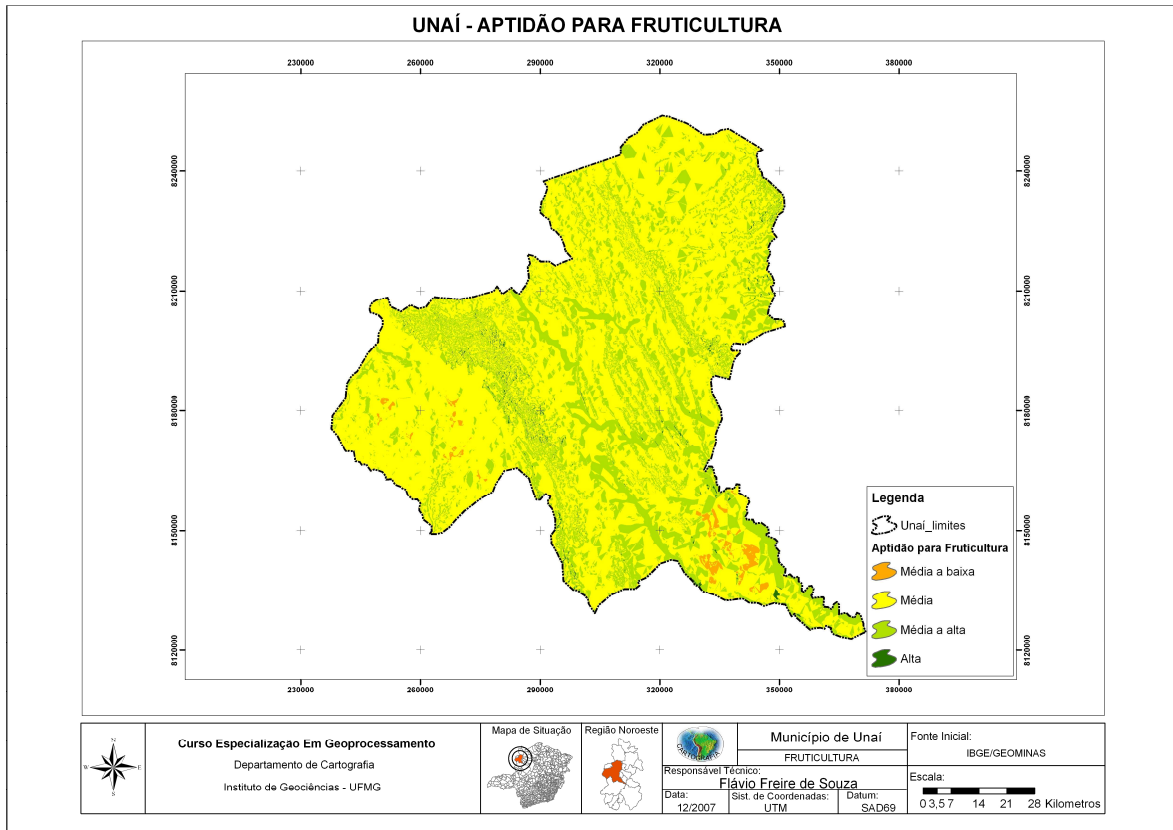
Mapa 15: Mapa de Aptidão para Apicultura do município de Unai.



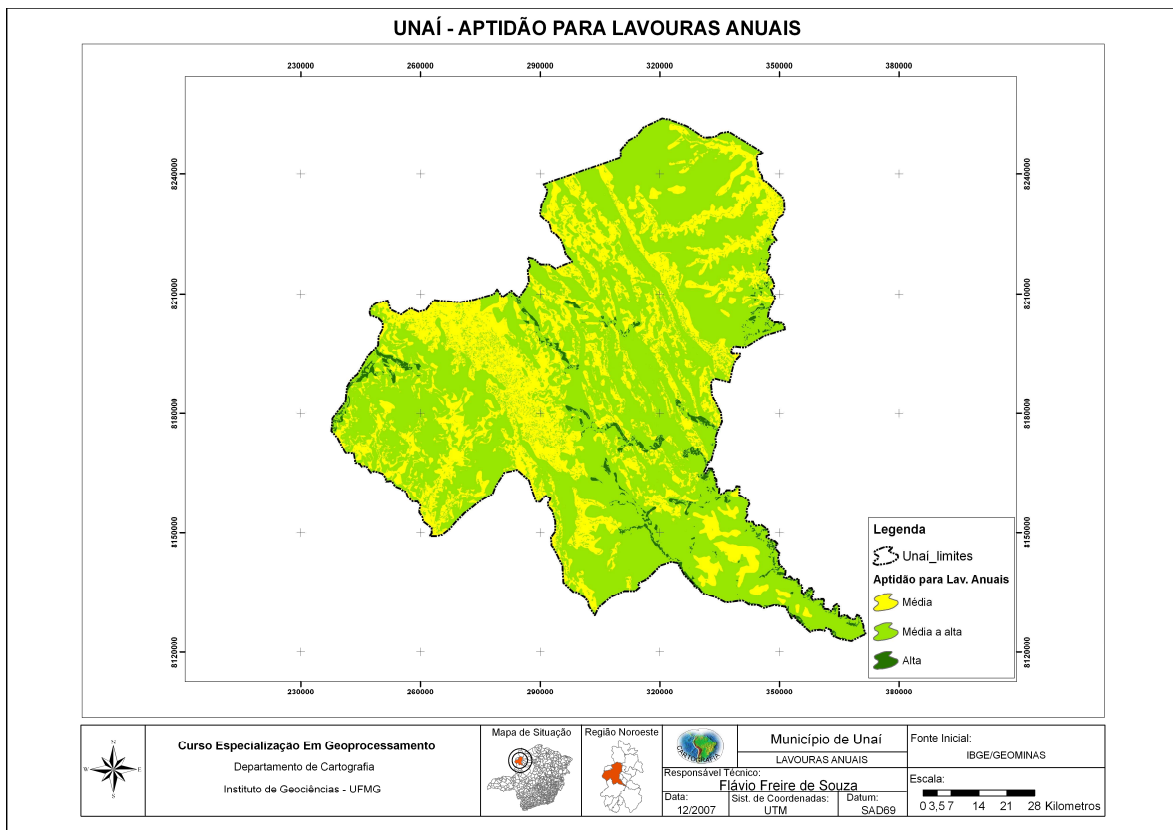
Mapa 16: Mapa de Aptidão para Café do município de Unai.



Mapa 17: Mapa de Aptidão para Extrativismo do município de Unai.

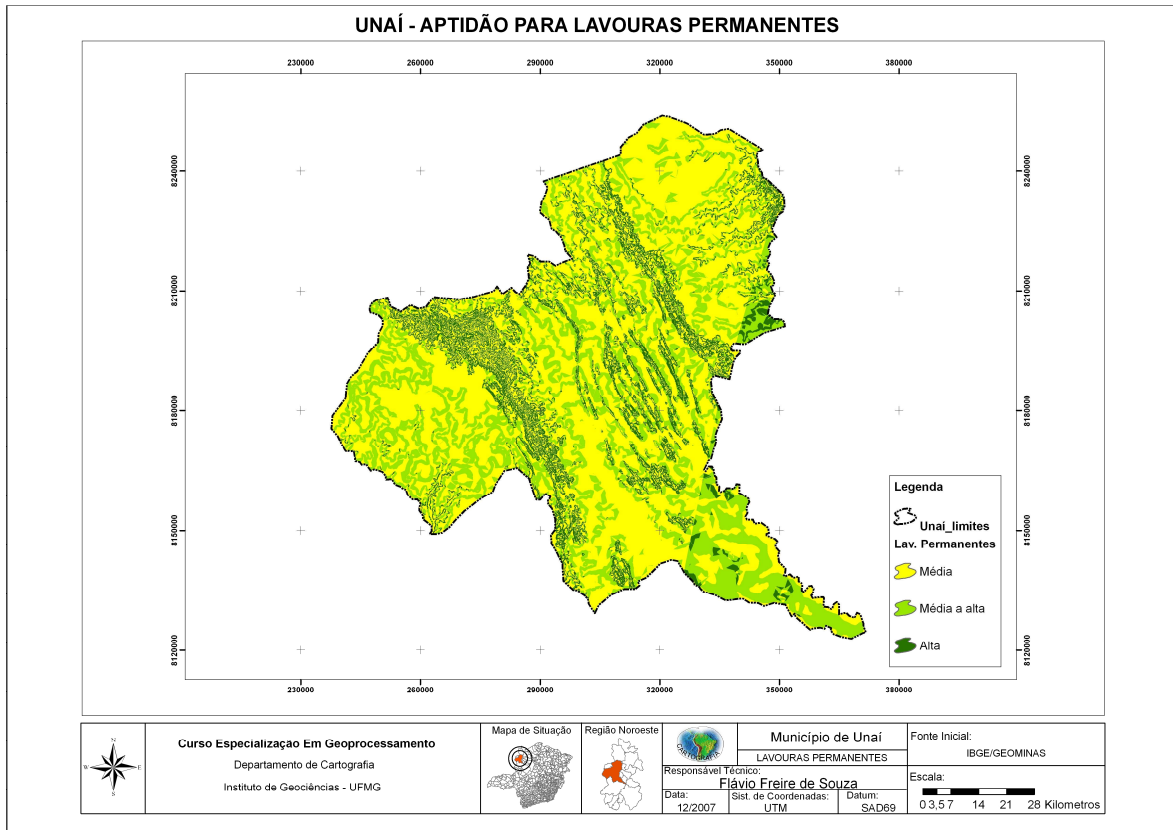


Mapa 18: Mapa de Aptidão para Fruticultura do município de Unaí.

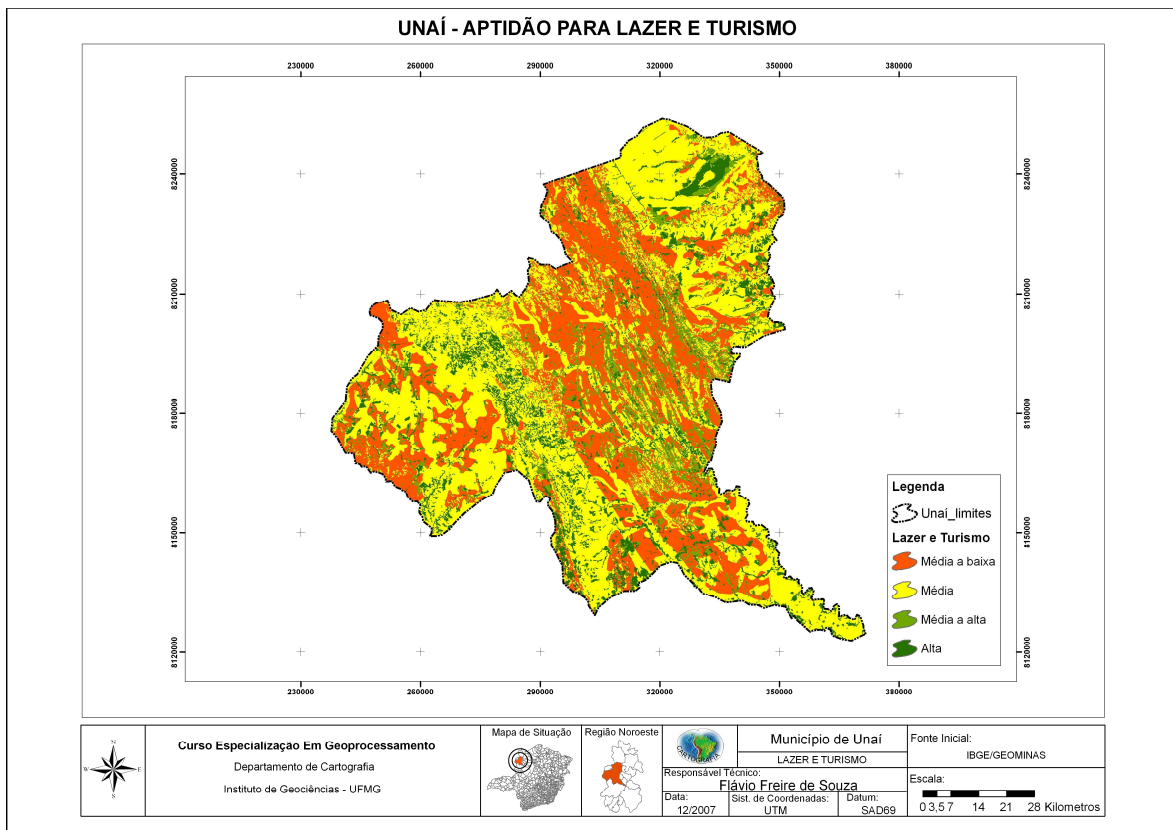


Mapa 19: Mapa de Aptidão para Lavouras anuais do município de Unaí.

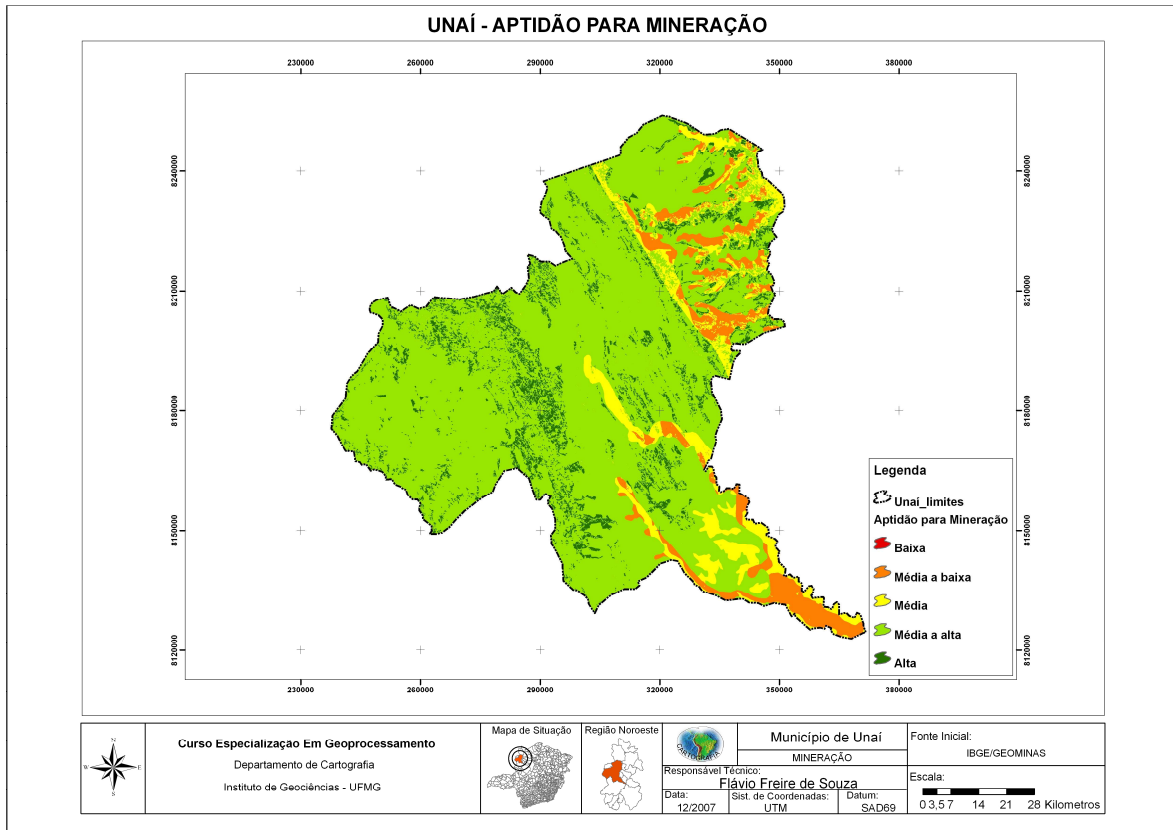




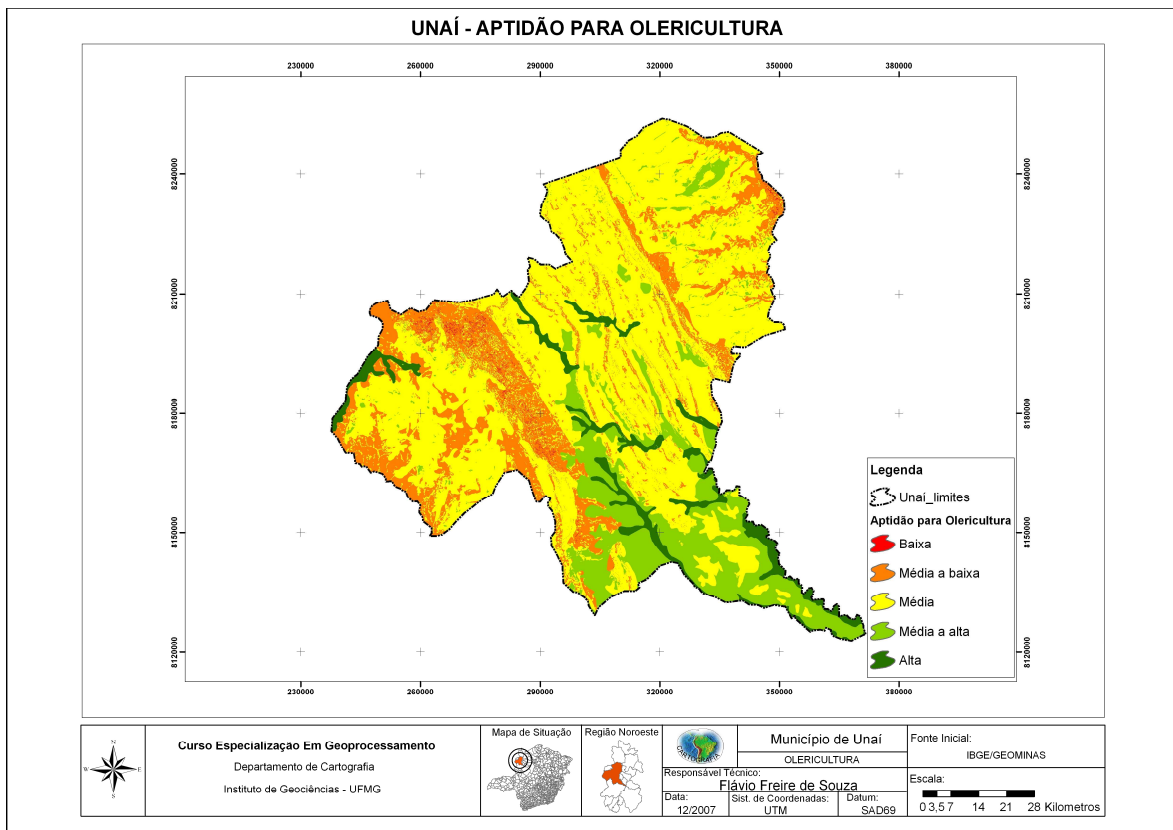
Mapa 20: Mapa de Aptidão para Lavouras permanentes do município de Unai.



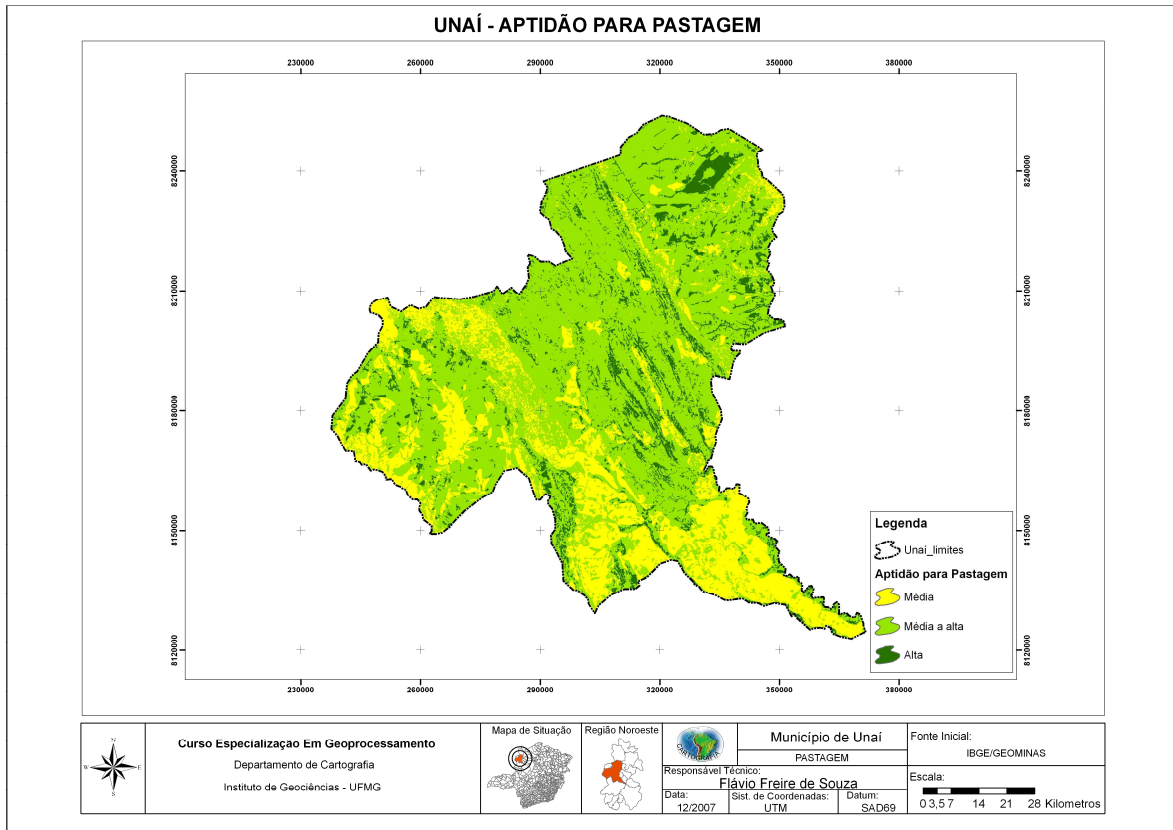
Mapa 21: Mapa de Aptidão para Lazer e turismo do município de Unai.



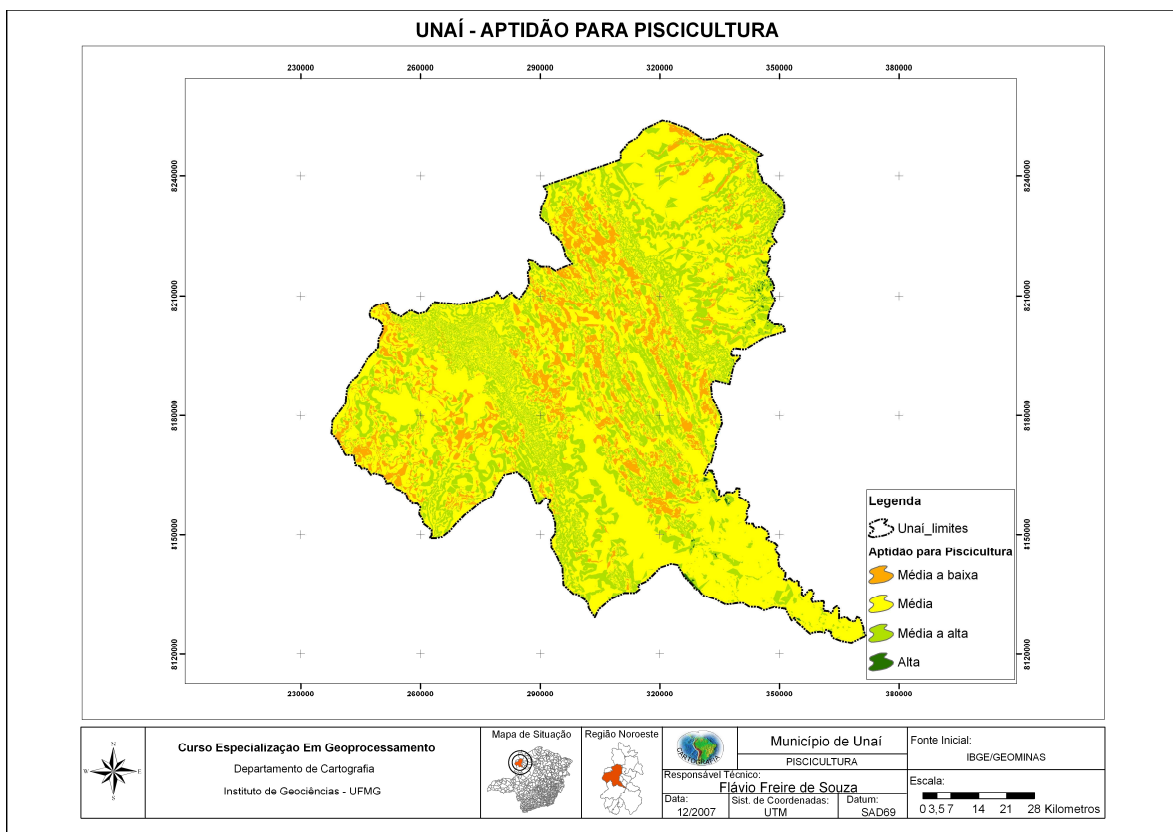
Mapa 22: Mapa de Aptidão para Mineração do município de Unai.



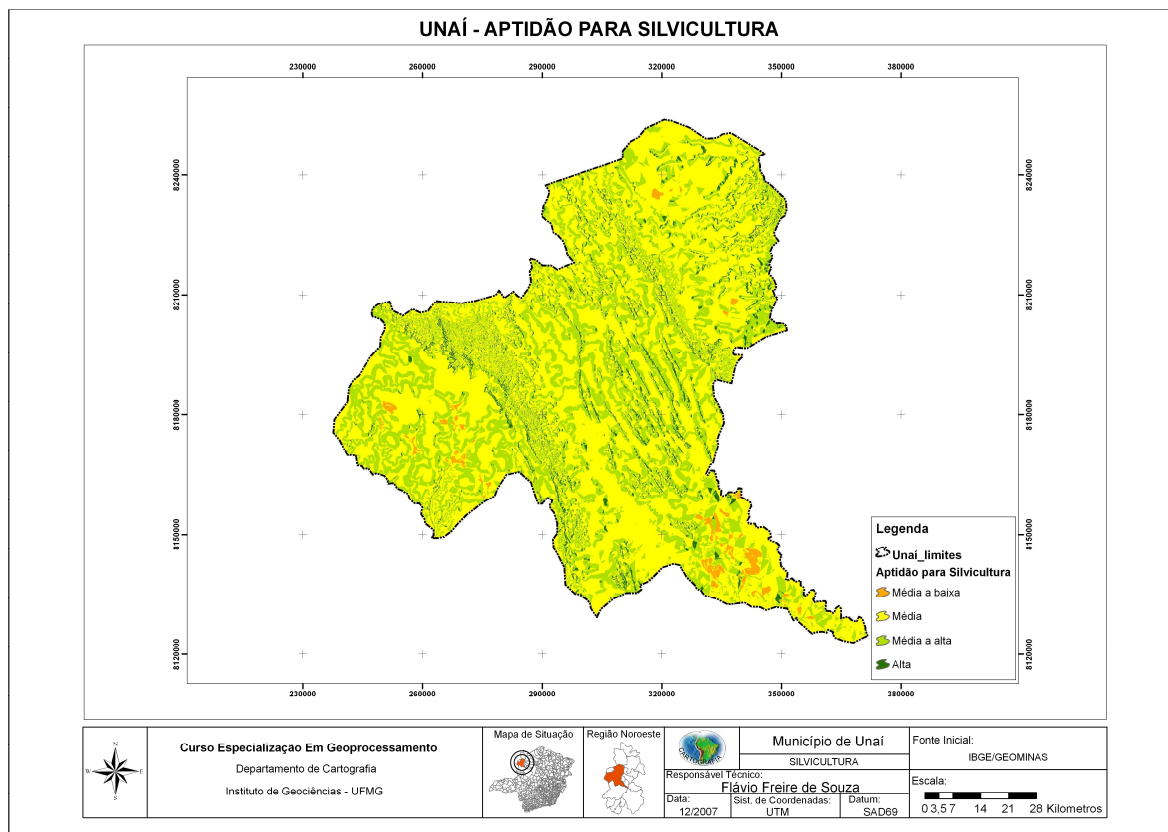
Mapa 23: Mapa de Aptidão para Olericultura do município de Unai.



Mapa 24: Mapa de Aptidão para Pastagem do município de Unai.



Mapa 25: Mapa de Aptidão para Piscicultura do município de Unai.



Mapa 26: Mapa de Aptidão para Silvicultura do município de Unai.

## 7 - Conclusão

O resultado da avaliação da aptidão do solo para o município de Unaí/MG compreende uma relação de mapas temáticos das vocações correspondentes aos diversos tipos de lavouras permanentes, lavouras anuais e atividades de subsistência, além da caracterização dos ecossistemas, APPs, e área voltada ao equilíbrio ambiental, esta, em uma análise convencional, dentro dos parâmetros propostos pelo sistema adotado nacionalmente para classificação dos solos (FAO/Brasileiro de Aptidão Agrícola, desenvolvido por BENNEMA *et al.*) seria categorizada como inapta.

Com relação à aptidão econômica, o presente trabalho se limita às características concernentes à malha viária do município de Unaí/MG (**Mapa 13**), informação fundamental na orientação dos investimentos naquele sítio. A malha viária de Unaí apresenta uma distribuição espacial extensa, ocupando toda a área do município, proporcionando uma ótima rede de escoamento dos produtos característicos de sua vocação.

Com relação ao equilíbrio ambiental, considerando as características anteriormente citadas, como foi proposto no escopo deste trabalho, pode-se afirmar que não foi localizada no sítio em estudo uma área considerada inapta a qualquer atividade sugerida, pois todas as terras analisadas têm uma vocação, em pelo menos um tipo de atividade. Fica estabelecido que não foram identificadas áreas voltadas ao equilíbrio ambiental, como foi preconizado, em razão da escala de trabalho aplicada neste projeto. Requer, portanto, um aprofundamento posterior neste particular, instituindo uma escala maior que viabilize uma análise mais detalhada do município em questão.

O produto deste trabalho é exposto a seguir através de tabela - para efeito de análise contempla apenas as aptidões Média a alta e Alta - e mapas, estes expõem todas as classes de aptidões, desde a Baixa até a Alta, que retratam a realidade vocacional dos solos do município de Unaí/MG.

ATIVIDADE	ÁREA (em ha)	ÁREA (%)
Mineração	699.124,24	82,32%
Pastagem	626.433,30	73,77%
Lavouras anuais	577.084,31	67,96%
Lavouras permanentes	367.163,08	43,24%
Silvicultura	331.115,79	38,99%
Fruticultura	243.762,85	28,70%
Piscicultura	238.847,55	28,13%
Apicultura	189.026,13	22,26%
Lazer e turismo	170.215,12	20,04%
Olericultura	168.114,02	19,80%
Extrativismo	145.304,76	17,11%
Café	1.979,98	0,23%

Tabela 6 - Vocações Média a alta e Alta dos solos de Unaí

Dentre as atividades abordadas, o município de Unaí/MG apresenta uma vocação voltada principalmente para a Mineração (**Mapa 22**), totalizando uma área correspondente a 82,32% do município; em segundo lugar aparece a Pastagem (**Mapa 24**), com 73,77% da área do município; as Lavouras anuais (**Mapa 19**), não discriminadas, em terceiro lugar, perfazem 67,96% da área total; as Lavouras permanentes (**Mapa 20**), não discriminadas aparecem com uma área de 43,24%; em seguida a Silvicultura (**Mapa 26**), com uma área de 38,99% do total; a Fruticultura (**Mapa 18**) aparece com uma área de 28,70% do total do município; com uma área de 28,13% aparece a Piscicultura (**Mapa 25**); a Apicultura (**Mapa 15**) vem em seguida com uma área de 22,26%; o Lazer e turismo (**Mapa 21**) vem depois com uma área de 20,04%; a Olericultura (**Mapa 23**) apresenta uma área de 19,80% do total; depois vem o Extrativismo (**Mapa 17**) com uma área correspondente a 17,11% do total; e em último lugar configura o café (**Mapa 16**) com uma área de 0,23% da área do município.

Ressalta-se aqui a relação direta do café com a pluviosidade e altimetria. Não havendo, no município, um índice pluviométrico mensal suficiente para investimento na cultura em questão, ou seja, uma média mensal correspondente àquela considerada adequada para esta atividade, optou-se pela generalização, não separando por espécies e a não utilização da variável altimetria no cruzamento dos dados para geração do mapa da cultura em questão.

A utilização das tecnologias de geoprocessamento se mostrou bastante eficiente no que tange à classificação das aptidões dos solos. Os objetivos propostos foram atingidos a

conteúdo, proporcionando confiabilidade e segurança na metodologia aplicada, extrapolando a subjetividade característica da análise conceitual dos técnicos atuantes no processo de classificação, sem excluir a participação dos mesmos na aplicação das tecnologias aqui apresentadas.

O resultado final surpreendeu por apresentar uma realidade bastante diferente daquela que se supunha na análise superficial, considerando apenas a variável solo, porém legitimada no cruzamento das variáveis envolvidas no processo.

Partindo do pressuposto de que as tecnologias de geoprocessamento evoluem rapidamente, espera-se que modelos de classificação sejam elaborados no sentido de superar as carências referentes às escalas relacionadas diretamente com a precisão das bases de dados. Espera-se aumentá-las no sentido de detalhar, dando maior precisão às áreas que serão pesquisadas para investimentos futuros, subdividindo-as em subbacias com o objetivo de orientar de forma mais concisa, tanto técnicos, quanto investidores do agronegócio com relação às vocações das parcelas de solo existentes no sítio em estudo. Fatores que certamente influenciarão nos resultados do trabalho.

Validar consiste na confirmação, dos resultados obtidos. É a legitimação das informações geradas. Resume-se na última etapa no processo de análise de multicritérios.

A confirmação dos resultados relacionados com as vocações das terras do município de Unai foi deliberada pelos técnicos responsáveis pelas informações dadas com relação às notas e pesos associados às diversas variáveis julgadas fundamentais na determinação da aptidão dos solos do município estudado. Embora uma validação necessite de visitas a campo para ratificação do que foi estabelecido a partir do cruzamento dos atributos, isso não foi possível na execução deste projeto, em decorrência do curto período de tempo, ocorrência suplantada pelo conhecimento e experiência dos técnicos da EMATER-MG que assessoraram e acompanharam de perto o desenvolvimento deste trabalho.

Todos os especialistas inquiridos na aplicação dos questionários, bem como na validação dos resultados fazem parte do DETEC – Departamento Técnico da EMATER-MG.

Ressalta-se aqui a importância, em trabalhos futuros, das visitas técnicas com o objetivo de dar maior consistência aos resultados.

Destarte uma validação mais consistente seria composta pela análise dos dados por especialistas capacitados, além de visitas técnicas em campo para averiguar a veracidade dos resultados obtidos das aptidões, disponibilizados em forma de mapas temáticos. Isso é o que se pretende fazer em trabalhos posteriores.



## 8 - Bibliografia

- ALBINO, J. C. & TOMAZELLO FILHO, M. *Evolução do crescimento de doze espécies/procedência de Eucalyptus em três regiões bioclimáticas do Estado de Minas Gerais*. Planaltina, EMBRAPA – CPAC, 1985. 46p.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folhas: SD.23 Brasília e SD.22 Goiás; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial de terra. Rio de Janeiro, 1982.
- CBH – PCJ Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI5. Disponível em: [www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-PCJ/289/pcj2-2.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-PCJ/289/pcj2-2.pdf). Acesso em: 12 de dezembro de 2007.
- CRESTANA, Marcelo de Souza Machado (org.) *et al. Florestas – Sistemas de Recuperação com Essências Nativas, Produção de Mudas e Legislações*. 2ª ed. Campinas, CATI, 2006. 248p.
- CUNHA, Sandra Baptista da., GUERRA, Antônio José Teixeira. *Geomorfologia do Brasil*. 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 1999.
- EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. *AGROECOLOGIA E APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS: as bases científicas para uma agricultura sustentável*. Jaguariúna, 2006.
- FONTES, Luiz Eduardo Ferreira. *Glossário de Ciência do Solo*. Viçosa: UFV, Departamento de Solos, 1992.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico de Pedologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1984.

KIEHL, Edmar José. *Manual de Edafologia – Relações solo-planta*. Editora Agronômica Ceres. São Paulo, 1979.

MARQUES, João Quintiliano de Avelar. *Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra – III Aproximação*, 1971.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO - INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. *Reconhecimento Detalhado e Aptidão Agrícola dos Solos em Área Piloto no Sul do Estado de Minas Gerais*. – Rio de Janeiro, 1972.

MONIZ, Antônio C. *Elementos de Pedologia*, 1975.

OLIVEIRA, João B. de. *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. 2ª ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992.

RIBEIRO, George do Nascimento., TEOTIA, Harendra Singh. *Estudo dos solos e uso atual da terra no agreste paraibano (região de Puxinanã), através de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento*. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2347-2354.

SILVA, Flávio Henrique Freitas e. Quadro Litoestratigráfico e Estrutural do Depósito Aurífero do Morro do Ouro, Paracatu, Minas Gerais. Disponível em: [www.unb.br/ig/posg/mest/mest063.htm](http://www.unb.br/ig/posg/mest/mest063.htm). Acessado em 12 de dezembro de 2007.

SOUZA, Júlio Coelho Ferreira de. Litoestratigrafia e Sedimentologia da Formação vazante na Região de Coromandel – MG. Disponível em: [www.unb.br/ig/posg/mest/mest123.htm](http://www.unb.br/ig/posg/mest/mest123.htm). Acessado em: 12 de dezembro de 2007.

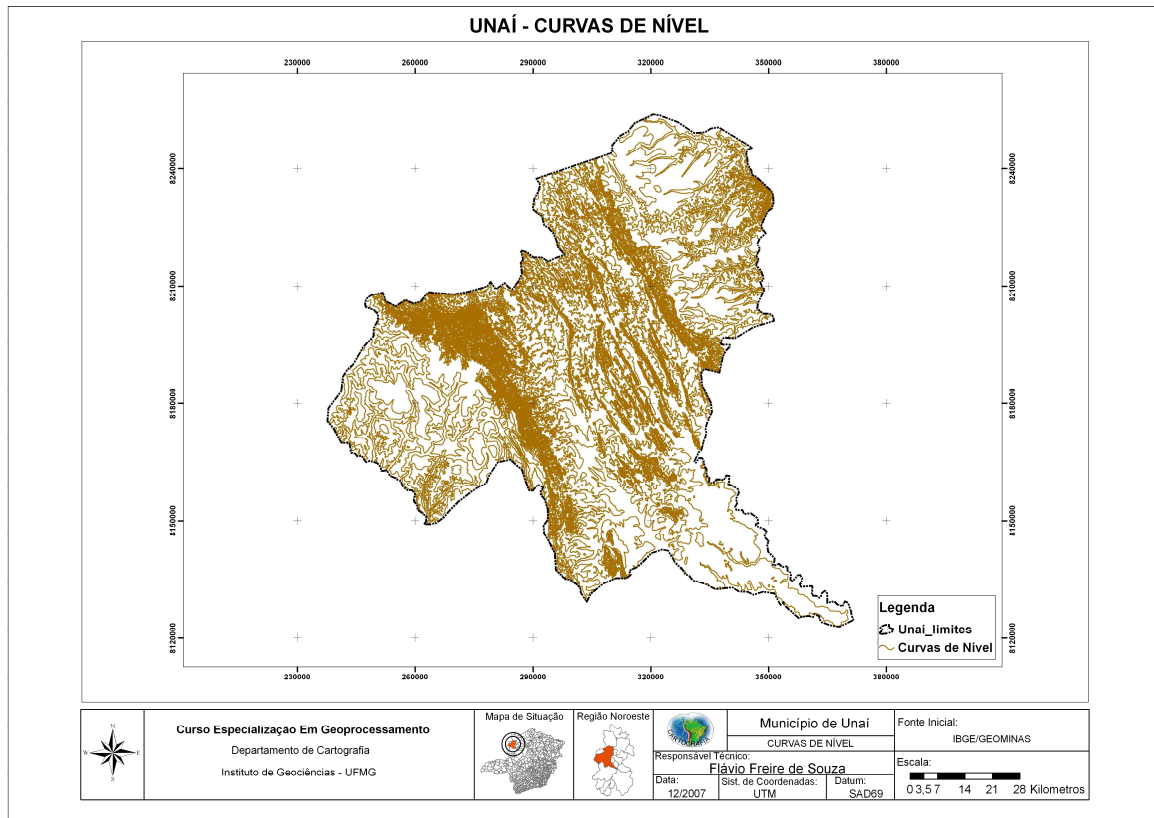
THIBAU, Carlos Eugênio. *Produção sustentada em florestas: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações*. Belo Horizonte, 2000. 512p.

XAVIER DA SILVA, Jorge. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro: Edição do autor, 2001.

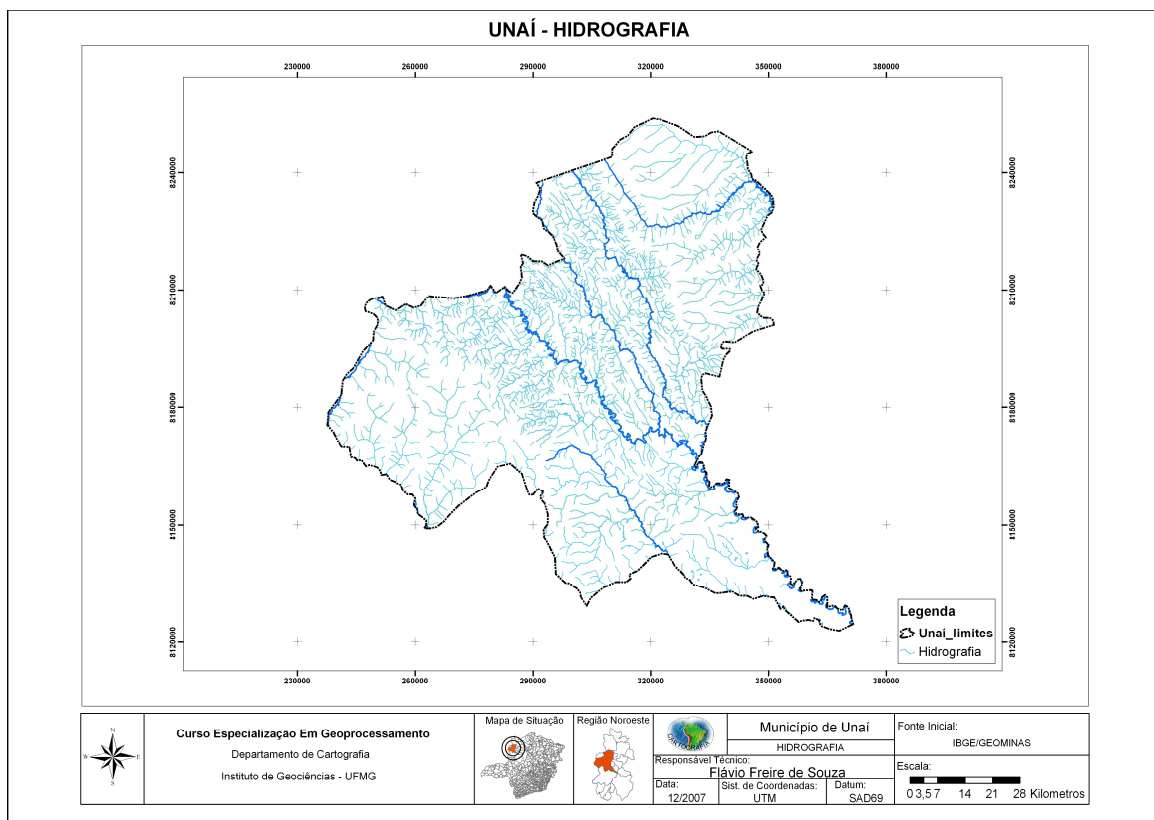
XAVIER DA SILVA, Jorge., ZAIDAN, Ricardo Tavares. *Geoprocessamento & Análise Ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA. *Aptidão Agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura da Mamona (Ricinus communis – L)*. Volume 4. Número 1, 2004.

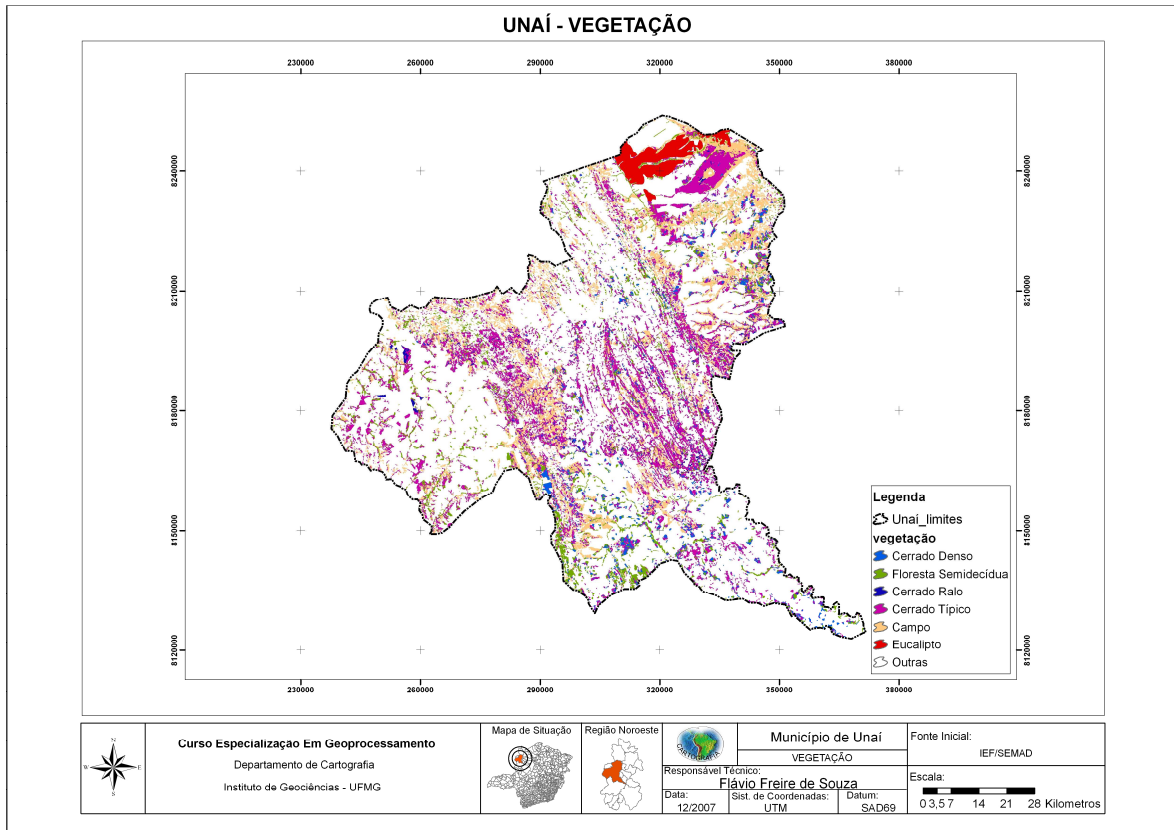
9 - ANEXOS



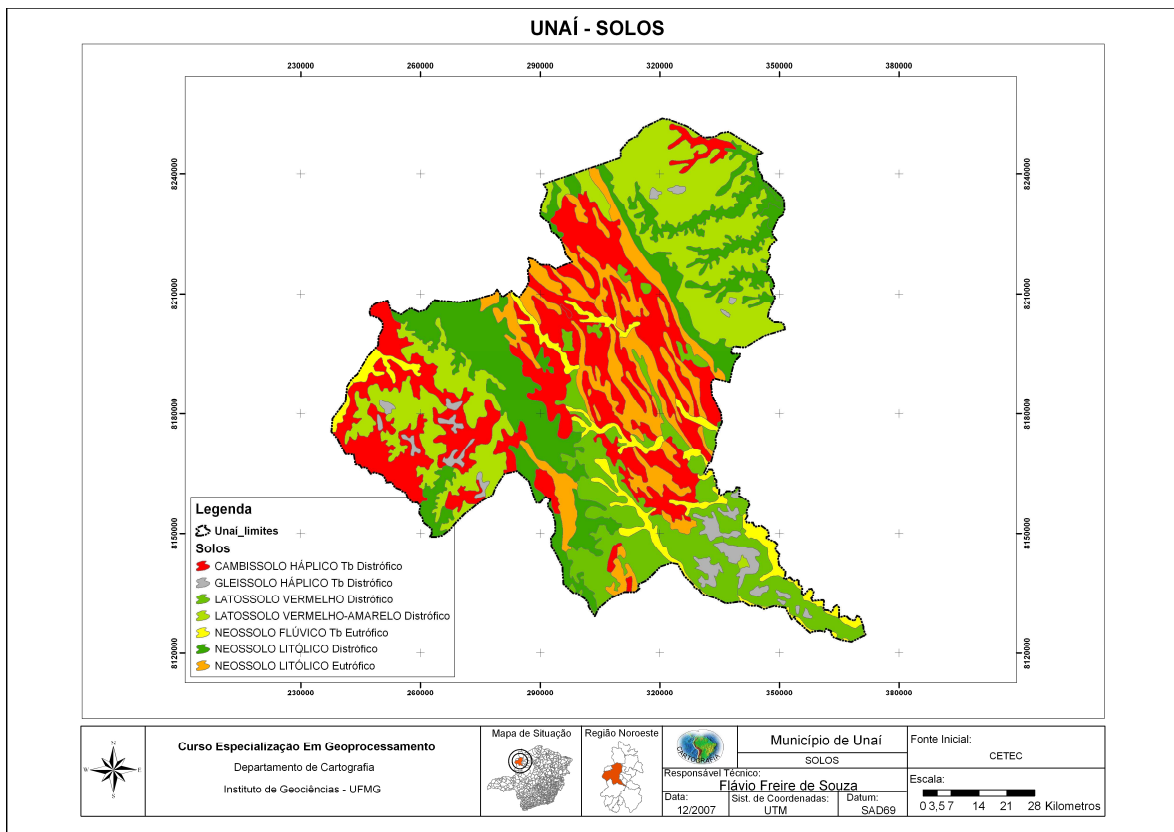
Mapa 9: Mapa de Curvas de nível



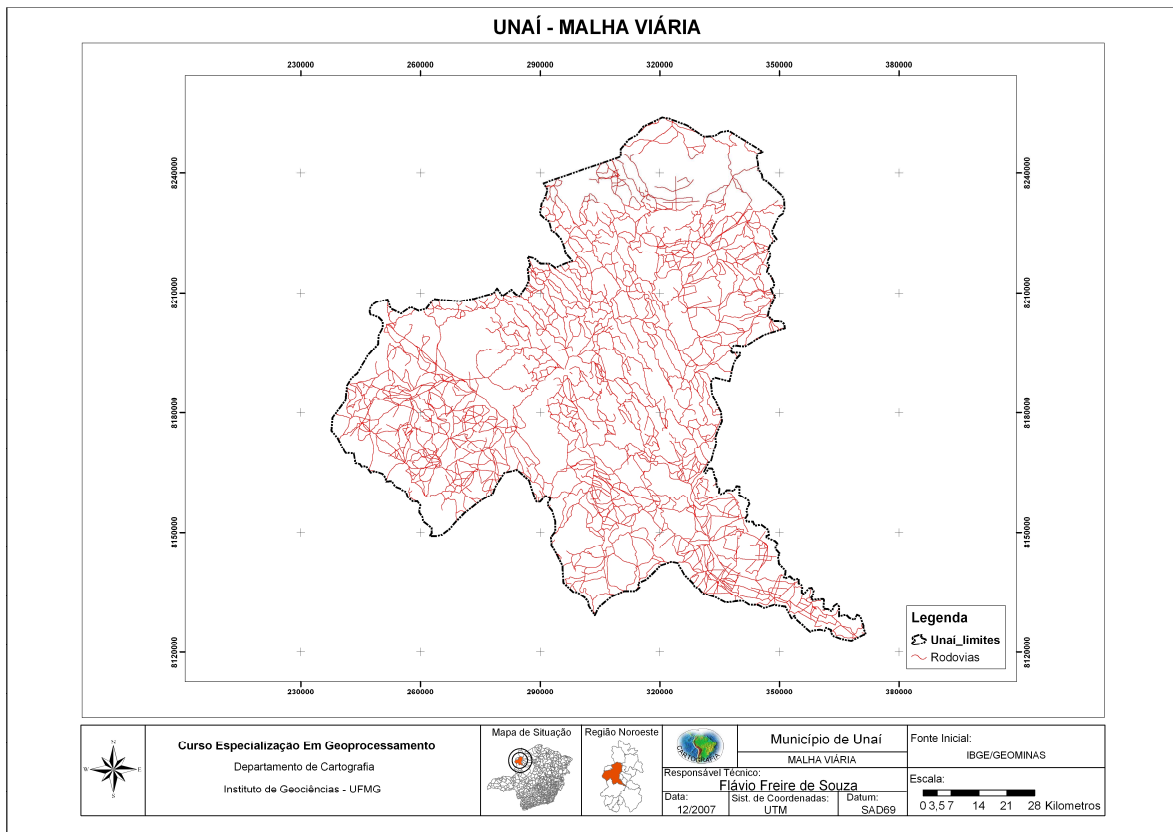
Mapa 10: Mapa de Hidrografia de Unaí



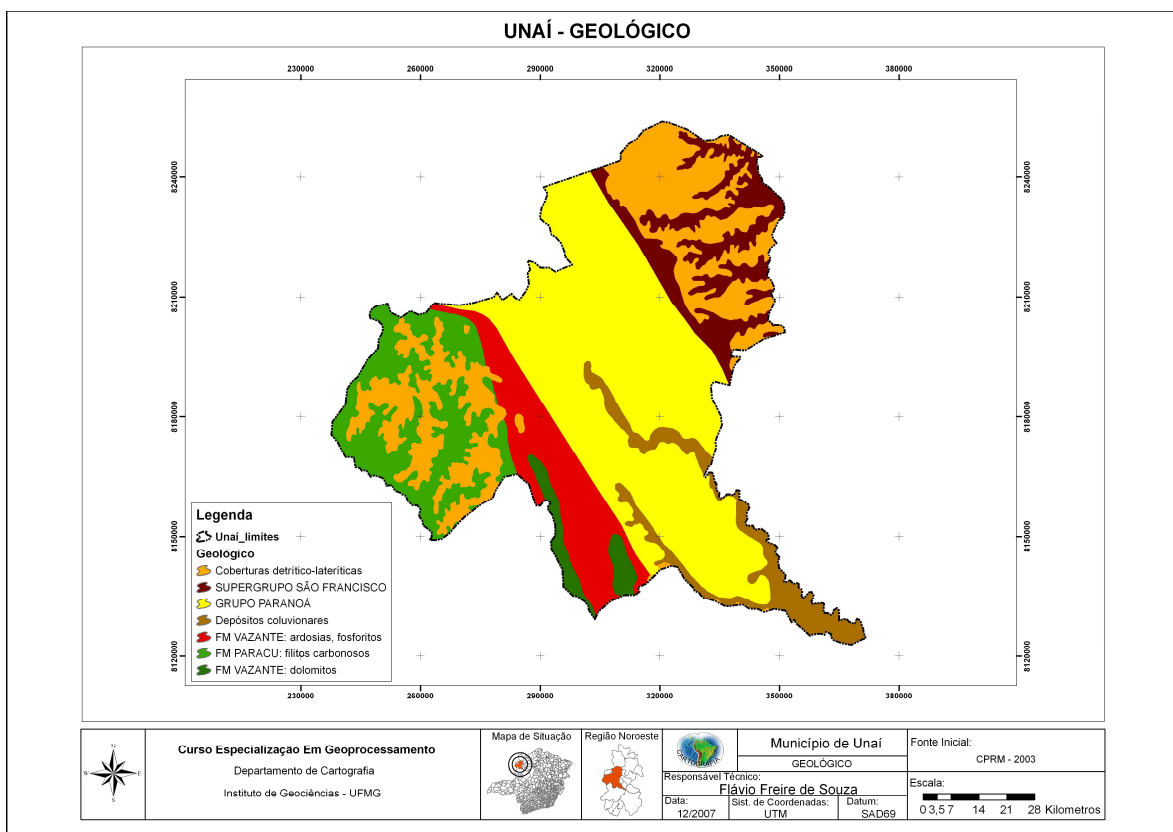
Mapa 11: Mapa de Vegetação do município de Unai.



Mapa 12: Mapa de Solos de Unai.



Mapa 13: Malha Viária do município de Unai.



Mapa 14: Mapa geológico do município de Unai.