

2. RESULTADOS OBTIDOS

2.1. Cartografia, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas

Equipe técnica

Samuel Fernando Adami¹

Francisco de Paula Nogueira¹

Jener Fernando Leite de Moraes¹

Diógenes Cortijo Costa²

Archimedes Perez Filho³

Dea Rachel Ehrhardt Carvalho⁴

Maria Stela Belluzzo Prado⁴

Carlos Reys Vukomanovic⁵

¹ Instituto Agronômico – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais

² Prefeitura Municipal de Campinas/Unicamp

³ Unicamp – Instituto de Geociências

⁴ Prefeitura Municipal de Campinas/SEPLAMA/CEASA Campinas

⁵ Prefeitura Municipal de Campinas/CATI

ÍNDICE

1. Introdução	9
2. Material e métodos	10
3. Resultados e discussões	31
4. Problemas encontrados	74
5. Considerações finais	74
6. Referências bibliográficas	74
Anexos	76

1. Introdução

A ação do poder público necessita de um conjunto de dados e informações sobre o espaço para tornar-se mais eficiente nas proposições de políticas de desenvolvimento. Esse conhecimento do espaço para ação governamental deveria ser atualizado e representar, na medida do possível, as dinâmicas das relações sociais e políticas expressas em dimensão territorial. A reunião, análise e disponibilização dos resultados em sistemas de informações geográficas (SIG) visam exatamente auxiliar na tomada de decisão pelo poder público. A ação deste poder, engendrado nas relações sociais, resultam em decisões que, em sua maioria, são políticas. Entretanto, como uma parte deste processo, as informações técnicas podem auxiliar na construção de políticas públicas mais adequadas em face das realidades locais.

Desse modo, os diagnósticos e proposições resultantes da análise espacial de dados da bacia do ribeirão das Anhumas visam estabelecer parâmetros técnicos que podem auxiliar no processo de tomada de decisão e na formulação de políticas públicas para a área da bacia e para a população direta e indiretamente afetada.

1.1 Resumo da etapa anterior

No relatório anterior foram explicitadas as ações e resultados desenvolvidos na fase passada, que dentre os principais ressaltam-se a geração, por meio de nova interpolação das curvas de nível, de outro modelo digital de elevação (MDE) e mapas de derivadas dos dados de altitude como declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado. A digitalização dos mapas de riscos ambientais coletados nas primeiras reuniões públicas e os primeiros experimentos de representação cartográfica destas informações. Os riscos foram classificados de acordo com o tipo de aspecto ambiental envolvido em: água, ar, vegetação, agricultura, sociais e resíduos sólidos.

As bases cartográficas empregadas na época apresentavam vários problemas de compatibilização e inconsistências, como feições deslocadas e rios intersectando ruas onde não havia pontes. Como resultado dessas dificuldades buscava-se uma nova base cartográfica consistente e confiável que pudesse servir como subsídio para os trabalhos de fotointerpretação, mapeamento e análise espacial em ambiente digital.

1.2 Objetivos

Durante o decorrer desta última fase do Projeto foram objetivados os seguintes produtos e análises:

- Montagem do mosaico das ortofotos recentes;
- Geração das ortofotos de 1962 e 1972 e produção dos respectivos mosaicos;
- Levantamento dos usos e ocupações atuais das terras;
- Mapeamento dos usos e ocupações para os anos de 1962 e de 1972;
- Diagnóstico da erosão;
- Classificação da capacidade de uso das terras;
- Mapeamento dos fragmentos florestais e sua evolução;
- Análise morfométrica da bacia do ribeirão das Anhumas
- Suporte aos grupos de trabalho.

2. Material e Métodos

2.1. Preparação da base cartográfica atual

Devido às inconsistências da base cartográfica anterior buscou-se a implantação de um novo conjunto de dados. Estes foram gentilmente cedidos ao Projeto pelo Instituto Geográfico e Cartográfico, órgão responsável pelo mapeamento sistemático do estado de São Paulo, ligado à Secretaria de Estado de Economia e Planejamento. ⁶

2.1.1 Características dos dados originais

Os dados digitais, com acurácia e precisão compatível com a escala 1:10.000, apresentavam-se em formato “dgn” e separados por folha topográfica (tabela 1). O *datum*

⁶ A equipe põe em relevo a atuação de Dr^a. Eliana Mastroianni Dieguez e Dr^a. Lenir José da Cunha e Castro do IGC, pois sem sua compreensão e receptividade às demandas do projeto pouco poderíamos ter realizado.

horizontal é SAD-69 e o sistema de projeção UTM. As doze folhas que compõem a bacia estão listadas na tabela abaixo.

Tabela 1: lista das folhas topográficas cedidas pelo IGC

Nome da Folha	Sistema Cartográfico Nacional	Código
Vila Lutécia	SF-23-Y-A-V-4-NE-A	073/098
Bairro Bananal	SF-23-Y-A-V-4-NE-B	073/099
Barão Geraldo	SF-23-Y-A-V-4-NE-C	074/098
Parque Xangri-lá	SF-23-Y-A-V-4-NE-A	074/099
Campinas I	SF-23-Y-A-V-4-NE-E	075/098
Campinas II	SF-23-Y-A-V-4-NE-F	075/099
Souzas I	SF-23-Y-A-V-4-NO-E	075/100
Campinas III	SF-23-Y-A-V-4-SE-A	076/098
Campinas IV	SF-23-Y-A-V-4-SE-B	076/099
Souzas II	SF-23-Y-A-V-4-SO-A	076/100
Campinas VI	SF-23-Y-A-V-4-SE-C	077/098
Campinas VII	SF-23-Y-A-V-4-SE-D	077/099

A figura 1 representa o fluxo de atividades executadas para a construção da base cartográfica do Projeto. Para cada folha havia as camadas hipsografia, hidrografia, obras e edificações, sistema viário, pontos de referência, limites, vegetação e localidades.

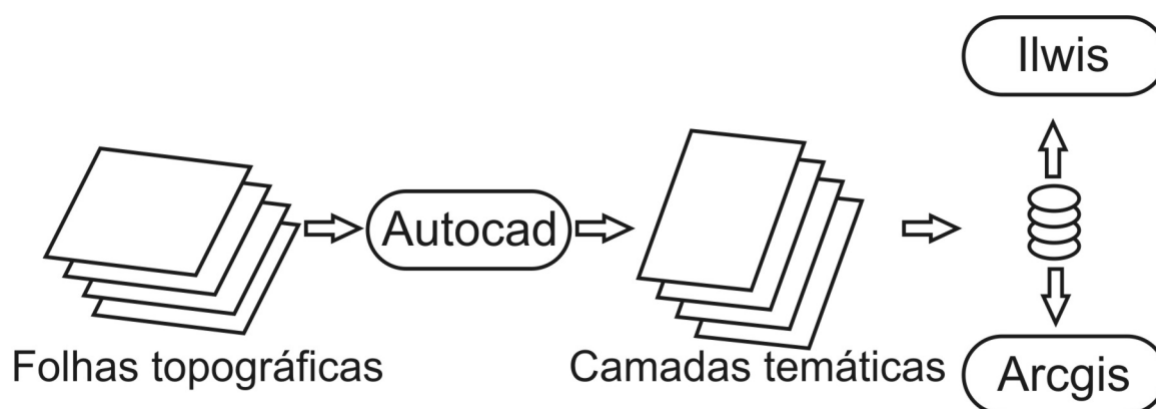


Figura 1. Sequência de atividades de preparação da base cartográfica.



Cada uma destas camadas, que estava separada por folha topográfica, foi reunida no programa *Autocad* formando um único arquivo por tema e salvas no formato “dxf”. Esse arquivo foi posteriormente introduzido nos sistemas de informações geográficas (SIG) *Ilwis* e *Arcgis*.

2.1.2 Camadas de dados

Foram geradas a partir dos dados originais introduzidos no SIG as camadas de dados listadas na tabela 2. Os dados de hipsografia originais deram origem a dois arquivos, o primeiro com as linhas das curvas de nível e o segundo com os pontos cotados. A camada denominada hidrografia também gerou dois arquivos sendo composto pelos polígonos dos lagos, reservatórios e rios maiores e outros com as linhas dos rios menores. Os arquivos de quadras, vias e obras são derivados das camadas de obras e edificações e do sistema viário. Esses arquivos compõem a base cartográfica digital atual do Projeto, com precisão à escala 1:10.000, datum horizontal SAD 69, datum vertical Imbituba (SC) e em projeção UTM, zona 23 sul. Também compõem a base cartográfica, as camadas de toponímia dos rios, dos logradouros, dos bairros e equipamentos urbanos.

Tabela 2. Camadas de dados e características

Camada	Descrição
Curvas	Linhas das curvas de nível
Cotas	Pontos cotados
Lagos	Polígonos dos lagos e reservatórios. Os rios de largura suficiente para serem representados como feições poligonais também compõem este arquivo
Rios	Canais fluviais representados por uma linha
Quadras	Contorno das quadras
Vias	Delimitação das rodovias
Obras	Contorno de prédios grandes e outras estruturas urbanas



2.2. Preparação dos Mosaicos

O mapeamento dos usos e ocupações das terras foi precedido pela geração dos mosaicos de ortofotos e de aerofotografias comuns. O georeferenciamento, a geocodificação e montagem dos mosaicos são as principais etapas gerais do processo.

No georeferenciamento são coletados pontos de controle na base cartográfica, tais como cruzamentos de ruas e confluências de rios e estes são localizados na imagem (ortofoto, aerofotografia ou dados de satélite) e têm suas coordenadas transferidas (figura 2). Desse modo, a imagem apresenta-se agora com localizada no sistema de coordenadas do Projeto, mas não está corrigida espacialmente. Para isso procede-se a geocodificação, que é a reamostragem (JENSEN, 1996) da imagem para que esta fique orientada em direção ao norte.

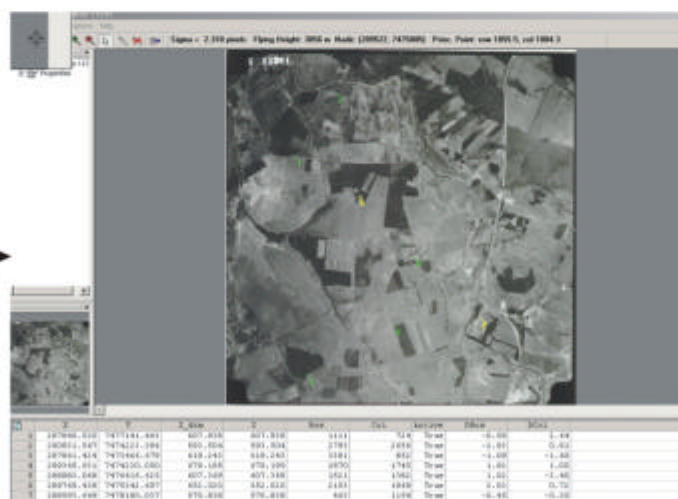
Há uma diferença neste conjunto de procedimentos para, de um lado, as aerofotos de 1962/72 e, de outro, as ortofotografias. Para as primeiras, durante a geocodificação é também corrigida a distorção do relevo, tornando-as ortofotos com as mesmas propriedades de um mapa. Em relação às ortofotografias este procedimento já havia sido executado pela empresa responsável pela tomada das aerofotos originais, restando à equipe do Projeto apenas o georeferenciamento destes dados. Todos estes procedimentos foram desenvolvidos no SIG *Ilwis* (ITC, 1997).

Para a atualização dos usos das terras foi empregado um conjunto de dados Cbers de maio de 2005. Das imagens do sensor CCD (*charged coupled device*) das bandas 2 (verde), 3 (vermelho), e 4 (infravermelho próximo) foi executada uma composição colorida falsa-cor (CRÓSTA, 1992). Esta composição passou pelos mesmos processos de georeferenciamento e geocodificação das aerofotos acima descritos.

Aerofotografia não georeferenciada



Aerofotografia georeferenciada



Pontos de controle do georeferenciamento

Figura 2. Processo de georeferenciamento das aerofotos.

Após os procedimentos de georeferenciamento e geocodificação, procedeu-se à seleção das grandes áreas úteis das aerofotos para geração dos mosaicos. Cada grupo de quatro fotos foi mosaicado separadamente, seguindo-se linhas no sentido leste-oeste, estes subgrupos foram posteriormente reunidos em dois mosaicos (um para as áreas do norte e outro para aquelas do sul), e estes últimos compuseram o mosaico final. Este processo está representado na figura 3.

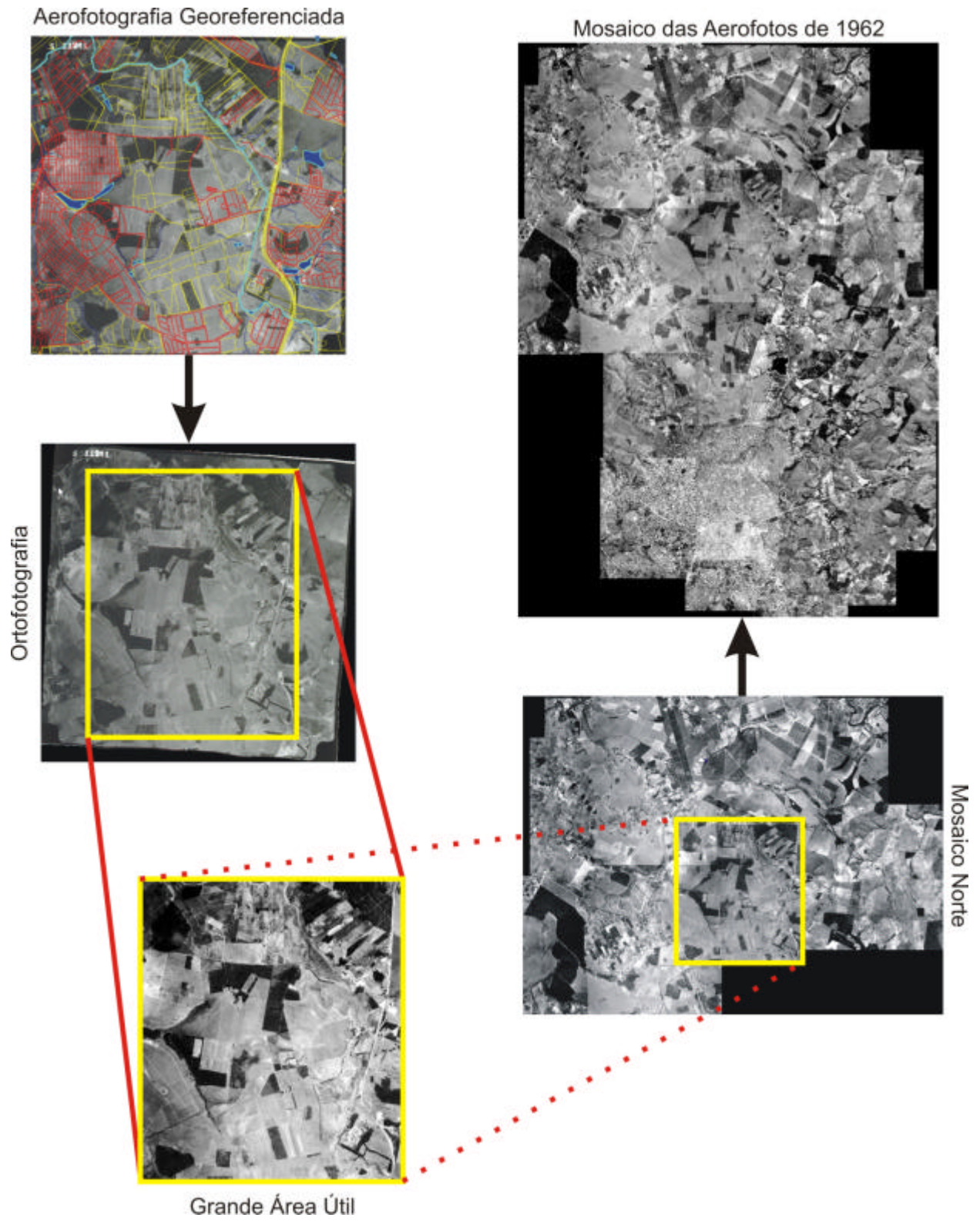


Figura 3. Procedimentos na geração do mosaico de 1962.



2.3. Fotointerpretação dos usos e ocupações das terras

Desenvolveu-se o mapeamento dos usos ocupações das terras para três épocas. Primeiro foi determinado o quadro atual e, a seguir, para duas datas pretéritas visando o conhecimento da dinâmica da evolução dos usos da terra na bacia do ribeirão das Anhumas.

2.3.1 Procedimentos do mapeamento

Os mapas de uso das terras foram fotointerpretados do mosaico de ortofotografias de 2002 e dos mosaicos de aerofotografias de 1962 e 1972. Visando o estabelecimento de uma legenda preliminar procedeu-se a uma fotoleitura dos mosaicos e o levantamento em bibliografia de esquemas de classificação que fossem adequados à escala do mapa final, às fontes de dados e aos objetivos da interpretação.

O mosaico de ortofotos de 2002 foi interpretado com base nesta legenda preliminar, mas durante este procedimento algumas classes foram criadas e outras englobadas em outras categorias, resultando na legenda final e no primeiro mapa preliminar. Um exemplo desta etapa pode ser visto na figura 4. Entretanto, foi necessária uma atualização das unidades de mapeamento a partir de dados mais recentes. Optou-se pela utilização de dados do satélite Cbers do ano de 2005, que podem ser adquiridas sem custo via internet no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Apesar de apresentar resolução espacial menor que o mosaico, pois este tem 0,6 contra os 20 metros da imagem Cbers, podem-se identificar alterações em grandes áreas com o exemplo da figura 5, que é o loteamento Alphaville 2.

Denominou-se de segundo mapa preliminar o resultado desta atualização. Em fevereiro de 2006 deu-se caminho aos trabalhos de campo para checar o mapeamento, dirimir dúvidas de classificação e atualizar eventuais áreas que sofreram alteração entre a data da imagem Cbers e os trabalhos de campo. O mapa de usos e ocupações atuais das terras foi o resultado da incorporação destes dados de campo. O caso do loteamento acima citado foi significativo, pois a área foi atualizada com a imagem de satélite, mas sua classificação mudou de solo exposto à época da imagem para expansão urbana no mapa final.

Ortofotografias com delineamentos de uso e ocupação



Fragmento do mapa de uso da área acima



Figura 4. Exemplo de fotointerpretação e mapa resultante.

Ortofoto e delineamentos de 2002

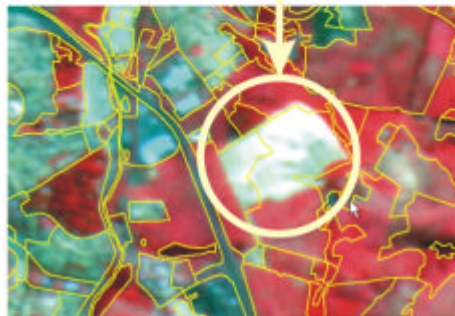


Imagem Cbers 2005 e delineamentos de 2002

Figura 5. Atualização do mapa a partir da imagem Cbers

Estes procedimentos estão esquematizados na figura abaixo para melhor representação.

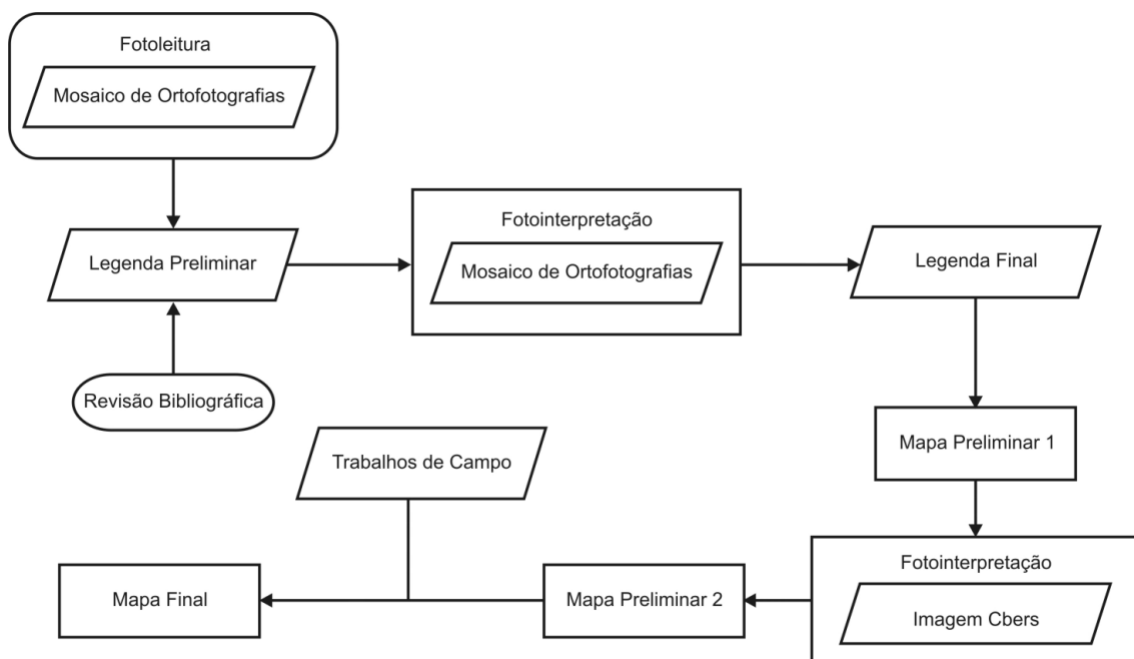


Figura 6. Procedimentos para geração dos mapas de usos e ocupações das terras.



2.3.2. Classes de uso e ocupação

Os mapas de usos e ocupações das terras apresentam uma legenda com dois níveis hierárquicos. O nível superior informa as categorias de usos e o segundo nível representa qual o tipo de ocupação das terras dentro de cada uso. A cada nível corresponde um código numérico, sendo que as classes no mapa são identificadas por este código de três dígitos como, por exemplo, 1.14 que representa o uso urbano (1.) representado pelo solo exposto (14). As classes de uso das terras identificam os tipos de atividades antrópicas, enquanto aquelas das ocupações estão relacionadas ao modo e ao material com que determinada atividade recobre a superfície do terreno (ANDERSON *et al.*, 1976). Foram identificadas quatro classes de uso das terras, a saber: (1) urbano, (2) rural, (3) vegetação e (4) água.

Áreas residenciais, comerciais, industriais, sistemas de transporte, estruturas de comunicação e energia elétrica, áreas em urbanização, instituições de educação, isto é, as áreas do território que são utilizadas diretamente pela urbanidade ou que servem como corredores entre núcleos urbanos, ou ainda tratam-se terrenos à espera de uma utilização mais intensiva; estas são englobadas pela classe de uso **urbano**.

Os usos **rurais** podem ser considerados como aqueles que visam à produção de alimentos (ANDERSON *et al.*, 1976) e áreas associadas. A classe **vegetação** está representada pelas ocorrências de manchas de remanescentes florestais ou de campos, áreas de reflorestamento e silvicultura, além de extensões de regeneração. Os espelhos d'água dos rios, lagos e reservatórios são englobados no uso **água**.

Ao contrário de ANDERSON *et al.* (1976) que propõem a precedência dos usos urbanos sobre os outros tipos, isto é, quando uma determinada área poderia ser classificada com urbana ou vegetação, a primeira classe deveria ser selecionada, neste mapeamento foi imposta como precedente sobre todos os outros usos a vegetação. Deve-se esta proposta à pequena área de vegetação nativa que resta na área de estudos e à existência de parques urbanos que são, ao mesmo tempo, fragmentos florestais. Na tabela 3 apresenta-se a legenda completa dos mapas de usos e ocupação das terras.



Tabela 3. Legenda dos mapas de usos e ocupações das terras

Código	Uso	Ocupação
1.01	Urbano	Residencial unifamiliar – alta densidade
1.02		Residencial unifamiliar – média densidade
1.03		Residencial unifamiliar – baixa densidade
1.04		Residencial multifamiliar
1.05		Residencial familiar misto
1.06		Favela / Subhabitação
1.07		Comercial / Industrial
1.08		Comercial–Parque
1.09		Misto Residencial / Comercial
1.10		Cemitério
1.11		Praças / Áreas de Lazer
1.12		Subestação Energia Elétrica
1.13		Sistema de Transporte
1.14		Solo Exposto
1.15		Macega / Capinzal
1.16		Expansão Urbana
1.17		Centros de Pesquisa e Educação
2.01	Rural	Cultura Arbórea
2.02		Cultura Herbácea
2.03		Pasto
2.04		Pasto Sujo
2.05		Construções
2.06		Solo Exposto
2.07		Horticultura
2.08		Misto
2.09		Agroindústria
3.01	Vegetação	Mata
3.02		Cerrado
3.03		Várzea



Código	Uso	Ocupação
3.04		Reflorestamento
3.05		Capoeira
3.06		Macega
4.01	Água	Rios
4.02		Lagos / Reservatórios

As classes de ocupação das terras são descritas abaixo.

Tabela 4. Descrição das classes de ocupação das terras

Código	Ocupação	Descrição
1.01	Residencial unifamiliar – AD	Área urbana com edificações residenciais para abrigo de uma família principalmente. A densidade refere-se ao nível de ocupação dos lotes e quadras, sendo que na alta densidade quase a totalidade do terreno está recoberto com estruturas antrópicas.
1.02	Residencial unifamiliar – MD	Área urbana com edificações residenciais para abrigo de uma família principalmente. Quando existem residências associadas a quintais grandes e lotes vagos caracteriza-se a média densidade.
1.03	Residencial unifamiliar – BD	Área urbana com edificações residenciais para abrigo de uma família principalmente. Na baixa densidade ocorrem muitos terrenos vagos e as construções estão lotes grandes.
1.04	Residencial multifamiliar	Aglomerado residencial de alta densidade composto por edificações que abrigam mais de uma família, tais como conjuntos habitacionais verticais.
1.05	Residencial familiar misto	Área ocupada por uma mistura das ocupações residenciais não segmentável na escala final.
1.06	Favela / Subhabitação	Habitações precárias, sendo as construções não individualizáveis. Normalmente em terrenos não adequados à ocupação como margens de rios.
1.07	Comercial / Industrial	Áreas ocupadas por industriais e comércio.
1.08	Comercial-Parque	Instituições, predominantemente comerciais, que possuem áreas verdes ou de lazer além de edificações.
1.09	Misto Residencial / Comercial	Tratam-se da mistura entre habitações e construções comerciais, em linhas gerais ocorrem ao longo de grandes avenidas.
1.10	Cemitério	São representados pelos cemitérios tradicionais ou cemitérios-parque. Identificados devido ao seu potencial de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.
1.11	Praças / Áreas de Lazer	Áreas para o lazer da população como parques, praças, campos de futebol, edificadas ou não.
1.12	Subestação Energia Elétrica	Pequenas áreas ocupadas por subestações de energia elétrica. Identificadas por serem áreas de rápida infiltração d'água e potencial risco de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.



Código	Ocupação	Descrição
1.13	Sistema de Transporte	Representam as principais vias de circulação, englobando as pistas, áreas de associadas a estas e linhas férreas.
1.14	Solo Exposto	Trechos do território que estão sem cobertura, normalmente associados a obras e construções.
1.15	Macega / Capinzal	Áreas que são ocupadas por formações arbustivas e gramíneas, consideradas como “vazios urbanos”, como terrenos baldios e margens de rios.
1.16	Expansão Urbana	Ocupações que representam a expansão dos usos urbanos sobre os outros tipos. São áreas com poucas edificações, amplas áreas de solo exposto e sistema viário precário.
1.17	Centros de Pesquisa e Educação	Representam áreas de instituições de pesquisas e ensino como universidades e órgãos de administração direta do Estado.
2.01	Cultura Arbórea	Culturas representadas por formações perenes como citros e café.
2.02	Cultura Herbácea	As culturas anuais e semiperenes como cana-de-açúcar e milho.
2.03	Pasto	Trata-se de pastagens cultivadas com a presença exclusiva de gramíneas.
2.04	Pasto Sujo	São pastos em que aparecem esparsos arbustos e pequenas árvores em meio às gramíneas.
2.05	Construções	Representam as sedes de fazendas, casas de colonos, galpões e pequenas chácaras.
2.06	Solo Exposto	Áreas em que não há cobertura vegetal, mas excluem áreas de preparo para plantio.
2.07	Horticultura	As culturas de hortaliças foram separadas nesta classe.
2.08	Misto	As áreas em que não é possível, devido à escala final, separar as coberturas. Normalmente são pequenos pomares ao lado de hortas de subsistência, pocilgas, vegetação remanescente, construções, misturados numa matriz indivisível.
2.09	Agroindústria	Trata-se de áreas de industriais ligadas à atividade agropastoril.
3.01	Mata	Todas as ocorrências de formações florestais sejam remanescentes de mata, reflorestamento com essências nativas ou maciços arbóreos estão segmentadas nesta classe.
3.02	Cerrado	Manchas de cerrado registradas por semelhança com o fragmento próximo ao laboratório de luz síncrotron.
3.03	Várzea	As áreas úmidas recobertas com vegetação arbustiva e taboas próximas aos cursos d'água ou à montante de lagos.
3.04	Reflorestamento	Plantações de pinus e eucalipto, algumas vezes com regeneração de espécies nativas entremeadas.
3.05	Capoeira	Áreas de regeneração com matriz de gramíneas e arbustos pontilhadas com pequenas árvores.
3.06	Macega	Áreas de regeneração de gramíneas e pequenos arbustos.
4.01	Rios	Áreas ocupadas pela superfície d'água dos canais fluviais representáveis na escala final.
4.02	Lagos / Reservatórios	São as lâminas d'água dos lagos, reservatórios e lagoas artificiais ou naturais.



Obs. AD – alta densidade, MD – média densidade e BD – baixa densidade.

Existem outras propostas de classificação dos usos das terras como SOKOLONSKI (1999). Este sistema leva em consideração o tipo de uso da terra, o manejo empregado e a estrutura de produção, sendo que o nível de detalhamento depende da escala final do mapeamento SOKOLONSKI (1999). Não obstante esta abordagem apresentar alto grau de detalhamento das atividades agrosilvopastoris, os subtipos de usos urbanos da terra são pouco explorados e considerando-se a situação atual da bacia do ribeirão das Anhumas como predominantemente urbanizada buscou-se outro esquema de classificação.

A carta de utilização da terra do estado de São Paulo, folha Campinas (SF-23-Y-A), editada em 1980 na escala 1:250.000 pelo IGC apresenta em sua legenda diversas classes de “cobertura vegetal natural” e “utilização agrícola”, mas não discrimina, talvez em virtude da escala do trabalho final, classes de usos urbanos. A legenda proposta apresenta um esboço de hierarquização, mas não um esquema sistematicamente proposto.

2.3.3 Trabalhos de campo

Nos dias 16 e 17 de fevereiro de 2006 foram realizados os trabalhos de campo para checagem e atualização do mapa de usos e ocupações das terras. Alguns pontos que não estavam classificados foram visitados neste levantamento visando sua identificação. Algumas áreas sofreram alterações a partir da tomada das ortofotos e foram atualizadas a partir da imagem Cbers, mesmo assim algumas manchas passaram por mudanças na cobertura das terras entre as datas da imagem e do trabalho de campo. O procedimento consistiu da identificação das áreas consideradas duvidosas na fotointerpretação e a tomada de coordenadas por meio de aparelho GPS e sua classificação dentro da legenda proposta. Além disso, foram registradas fotografias de “áreas-tipo” para algumas classes de ocupação das terras visando ilustrar os fatos representados no mapa temático desenvolvido.



2.3.4 Evolução dos usos e ocupações das terras

Os mesmos procedimentos foram aplicados nos mapeamentos de 1962 e 1972. Sendo que a legenda já estava estabelecida, foram interpretados os mosaicos de aerofotos, mas os arquivos empregados (linhas de uso e pontos identificadores) foram copiados do uso atual para 1972 e deste para 1962. O objetivo deste processo é gerar a menor mudança possível em áreas que não sofreram alteração, mas o contraponto é o maior tempo necessário para correção destes arquivos em relação ao mapeamento em arquivos novos.

Desse modo, foram mapeados os usos de 1972 e posteriormente os de 1962. Os mapas resultantes destas etapas e o mapa de uso atual serviram de base para análise da evolução dos usos das terras para a bacia estudada. Outra face deste estudo foi a ampliação do lapso temporal entre 1907 e 2006. A partir de duas cartas topográficas da antiga Comissão Geológica e Geográfica do Estado de São Paulo, a primeira datada de 1907 e a segunda de 1925, delimitaram-se os usos urbanos e os não-urbanos.

Nos mapas de usos de 1962, 1972 e 2006 foi possível, devido aos dados de origem, uma grande resolução das classes de uso e ocupação, mas estas informações foram reduzidas às duas classes acima propostas. Os usos não-urbanos englobam as classes de vegetação, água e rural; o restante é uso urbano. Mesmo com esta divisão mais grosseira este diagnóstico permitiu traçar a evolução dos usos das terras na bacia do ribeirão das Anhumas ao longo dos últimos cem anos. Dois fragmentos destas cartas estão expostos na figura 7.

Fragmento de carta topográfica de 1907



Fragmento de carta topográfica de 1925



Figura 7: fragmentos das cartas topográficas da Comissão Geológica e Geográfica.

2.4. Risco de erosão

A análise do risco de erosão foi desenvolvida a partir da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), conforme adaptação de BERTONI & LOMBARDI NETO (1999). Os fatores que são responsáveis pela erosão hídrica estão sistematizados conforme a equação abaixo:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Sendo:

A – perda de solo por unidade de área;

R – fator ligado a erosividade da precipitação ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

K – erodibilidade dos solos ($\text{Mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$);

L – variável condicionada pelo comprimento da vertente;

S – determinado pela inclinação da vertente;

C – fator de uso, cobertura e manejo das culturas;

P – tipo de prática conservacionista empregado;

Os procedimentos desta análise estão sumarizados na figura abaixo.

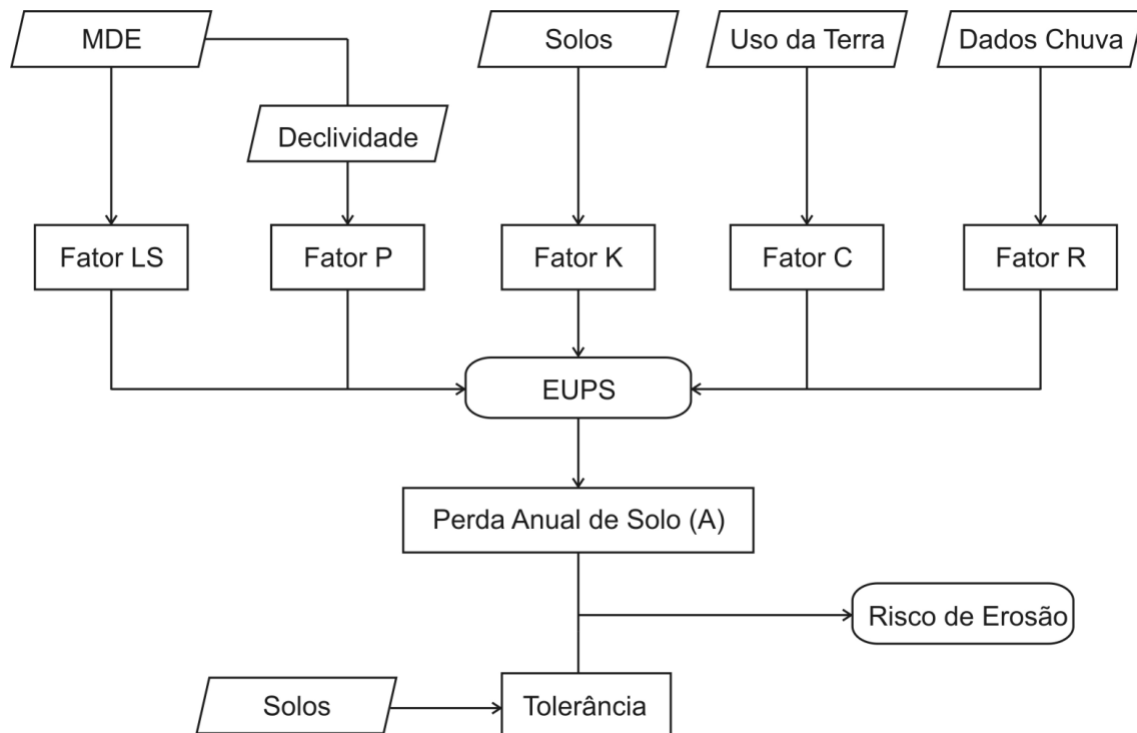


Figura 8. Procedimentos empregados na análise dos processos erosivos.

O fator R é a expressão quantitativa da capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem cobertura. Duas características das chuvas determinam sua erosividade, a quantidade de energia cinética e a intensidade máxima em trinta minutos. O valor de R foi obtido por meio do programa *Erosividade da chuva para o Estado de São Paulo* (LOMBARDI NETO; PRUSKI & TEIXEIRA, 2000). Determinaram-se as coordenadas do centro da bacia do ribeirão das Anhumas e este programa, com base nos dados de precipitação para a normal climatológica do período de 1961-1990, gerou o valor de R empregado.

Os valores do fator K são dependentes das características dos solos que determinam a taxa de infiltração, permeabilidade, capacidade armazenamento de água, dispersão, resistência ao salpicamento, abrasão e transporte (MITCHELL & BUBENZER, 1980). A erosividade dos solos é a perda de solo média anual por unidade de R para uma parcela padrão. Os valores de K empregados no presente estudo foram derivados seguindo-se a proposta de LEVI (1995) para cada unidade de mapeamento de solos.



O fator C é a relação entre a perda de solo sob determinada cultura em comparação ao solo exposto, mas como a proteção varia ao longo do ciclo de cultivo o valor representa todo o ciclo da cultura (MORGAN, 1995). Os valores atribuídos às classes de ocupação são derivados de BERTONI & LOMBARDI NETO (1999). Assim o mapa de uso atual das terras serviu de base para este fator, sendo que para cada classe foi relacionado um valor e um mapa destes foi produzido.

Tabela 5. Valores de C para as classes de uso e ocupação das terras

Coberturas das Terras	Fator C
Solo Exposto	1,0000
Expansão Urbana	0,9500
Área Urbana	0,7500
Cultura Herbácea	0,2015
Horticultura	0,1350
Cultura Arbórea	0,0828
Rural Misto	0,0642
Reflorestamento	0,0491
Pasto Sujo	0,0150
Macega	0,0125
Capoeira	0,0100
Chácaras / Construções	0,0075
Pasto	0,0015
Cerrado	0,0010
Mata Aluvial	0,0008
Mata	0,0004
Várzea	0,0004

A partir do MDE foi derivado o mapa do fator P, práticas conservacionistas. Este representa a relação entre a perda de solo quando da não utilização de alguma prática de controle de erosão e aquela que pode ser esperada sob determinadas práticas. Os valores foram derivados a partir da proposta de BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), conforme a equação abaixo.

$$P = 0,69947 - 0,08911 * S + 0,01184 * S^2 - 0,000335 * S^3 \quad (2)$$

Onde:

P – valor do fator práticas conservacionistas;



S – declividade em porcentagem.

O fator topográfico, LS, representa a contribuição do modelado aos processos erosivos por escoamento superficial e leva em consideração o comprimento das vertentes e a sua inclinação. Este parâmetro foi calculado conforme metodologia proposta por VALERIANO (1999) e foi desenvolvida no SIG *Idrisi* e posteriormente introduzida na base do Projeto.

O risco de erosão (Re) é razão entre A (perda de solo por unidade de área) e T (tolerância de perdas de solo), conforme equação abaixo:

$$Re = A / T \quad (3)$$

Os valores de Re fatiados em cinco classes compuseram o mapa temático do risco erosão. Este representa o nível de risco de ocorrer erosão na bacia do Anhumas, numa relação entre o máximo de perda de solos admissível e o valor que realmente ocorre. MORGAN (1995) define este modelo como um modelo empírico, pois é baseado na identificação de relações estatisticamente significativas, desde que exista uma base de dados adequada. MITCHELL & BUBENZER (1980) colocam que o modelo foi desenvolvido para estimar perdas anuais dos solos para longos lapsos temporais e que sua aplicação para anos ou eventos erosivos específicos pode não ser apropriada. Este modelo é considerado adequado para avaliação de usos não-urbanos, por isso os mapas finais apenas trazem sua representação para estas áreas.

2.5. Capacidade uso das terras

O mapa de capacidade de uso das terras representa a “máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo, especialmente no diz respeito à erosão acelerada”, conforme LEPSCH (1983). Trata-se de uma classificação que leva em consideração parâmetros do clima, do solo e do modelado.

Neste trabalho foram consideradas as oito classes de capacidade de uso e suas subclasses relacionadas aos principais tipos de limitações. As classes I (não apresentam problemas de conservação dos solos), II (terras cultiváveis com pequenos problemas de



conservação), III (apesar dos complexos problemas de conservação são terras cultiváveis) e IV (sérios problemas de conservação e que apenas podem ser cultivadas ocasionalmente e em pequenas extensões) permitem usos mais intensivos. Nas classes V (voltada para pastagens e reflorestamento), VI (para pastagens e reflorestamento com práticas simples de conservação) e VII (adaptadas apenas para pastagens e reflorestamento com práticas conservacionistas complexas), não são possíveis cultivos intensivos, exceto algumas culturas protetoras e principalmente reflorestamento, silvicultura e recomposição. A classe VIII é apropriada apenas para refúgio de fauna e flora e recreação.

Os principais fatores limitantes considerados foram e (erosão), a (excesso de água), f (problemas de fertilidade) e p (profundidade).

2.6. Mapeamento dos fragmentos florestais e sua evolução

O grupo de vegetação do Projeto forneceu as coordenadas UTM dos fragmentos estudados que, em conjunto com os mosaicos de aerofotos e da imagem Cbers, permitiram a fotointerpretação das manchas de fragmentos e sua evolução ao longo do tempo. Neste levantamento foram considerados apenas aspectos geométricos como área e perímetro dos remanescentes florestais.

2.7. Análise morfométrica da bacia do ribeirão das Anhumas

A partir dos dados hidrográficos e hipsométricos foi possível empreender-se a análise morfométrica da rede fluvial e da bacia em estudo e de suas sub-bacias. A rede fluvial foi enriquecida com os canais segundo proposta de MORISAWA (1957) e, posteriormente, classificada conforme proposta de STRAHLER (1952). Esse processo visou integrar à rede de drenagem todos os canais de primeira ordem, no caso dos lagos foi traçado uma linha média ao longo do seu comprimento.

Foram calculados os índices de comprimento médio dos canais segundo sua ordem, as áreas e perímetros médios das bacias, a densidade de drenagem, coeficiente de manutenção e extensão do percurso superficial, conforme as formulações abaixo.



$$L_m = \frac{\sum L_n}{N_n} \quad (4)$$

Onde:

L_m – Comprimento médio dos canais de ordem n

L_n – Comprimento dos canais de ordem n

N_n – Número de canais da ordem n

$$A_m = \frac{\sum A_n}{N_n} \quad (5)$$

Onde:

A_m – área média das bacias dos canais de ordem n

A_n – Área das bacias dos canais de ordem n

$$P_m = \frac{\sum P_n}{N_n} \quad (6)$$

Onde:

P_m – perímetro médio das bacias dos canais de ordem n

P_n – perímetro das bacias dos canais de ordem n

$$D_d = \frac{\sum L_n}{A} \quad (7)$$

Onde:

A – área da bacia

$$C_m = \frac{1}{D_d} * 1000 \quad (8)$$

Onde:

C_m - coeficiente de manutenção

$$E_{ps} = \frac{1}{2 D_d} \quad (9)$$

Onde:

E_{ps} – extensão do percurso superficial



Estes índices e sua análise seguem a formulação de CHRISTOFOLETTI (1980). A densidade de drenagem é a razão entre a soma dos comprimentos dos rios e a área da bacia, os valores deste índice possuem forte relação com as rochas que sustentam o relevo da área. O coeficiente de manutenção reflete a quantidade de área necessária para que seja mantido um metro de canal fluvial, enquanto a extensão do percurso superficial representa a dimensão média entre os interflúvios e os rios.

3. Resultados e Discussões

3.1 Mosaicos de ortofotografias e aerofotografias

Como resultado dos procedimentos acima descritos obteve-se o mosaico de ortofotografias para a bacia do ribeirão das Anhumas, representado na figura abaixo. Este mosaico apresenta resolução espacial 0,8 metros para análises em SIG, mas para impressões a resolução é de 4 metros.

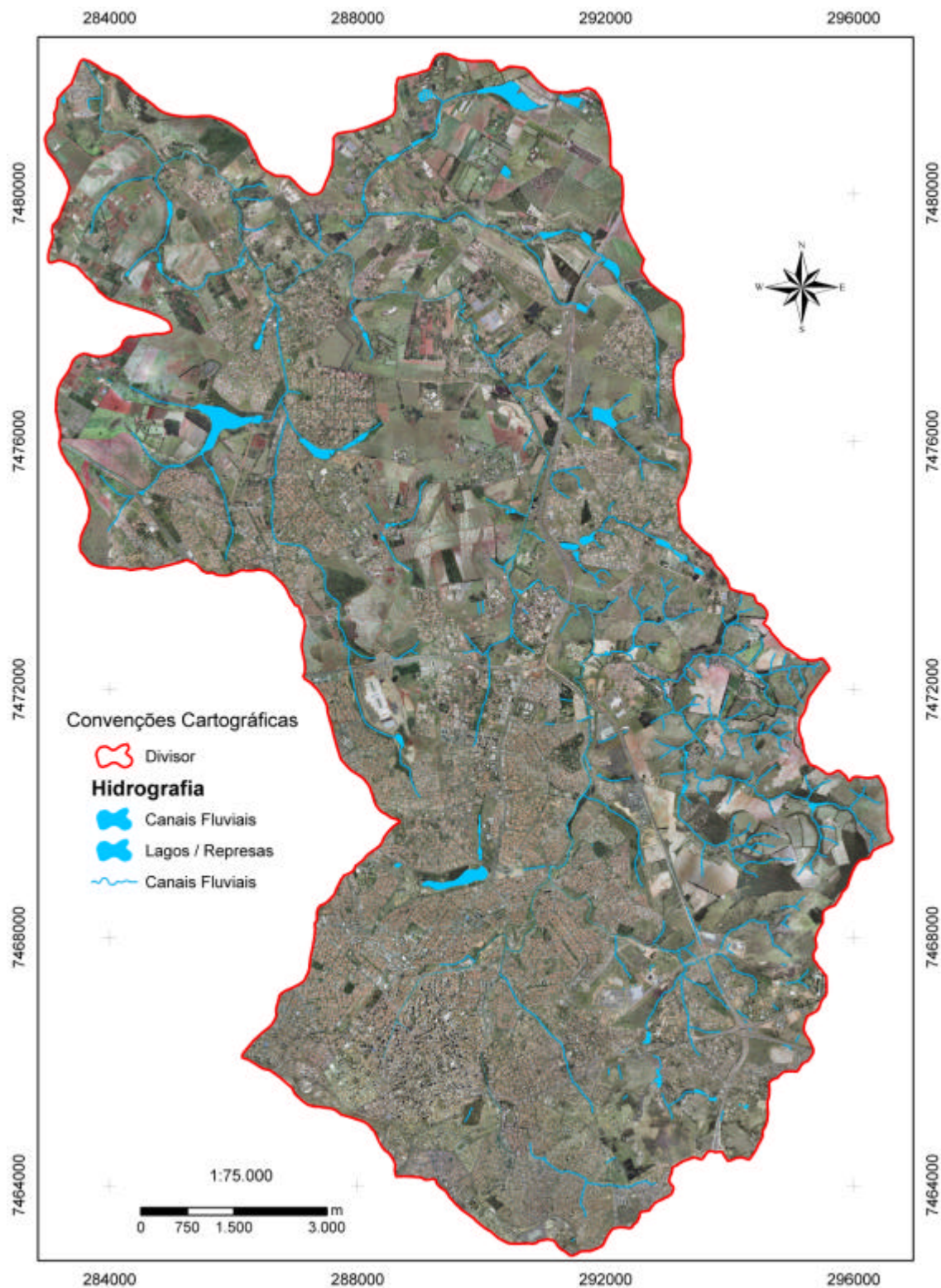


Figura 9. Mosaico de ortofografias.

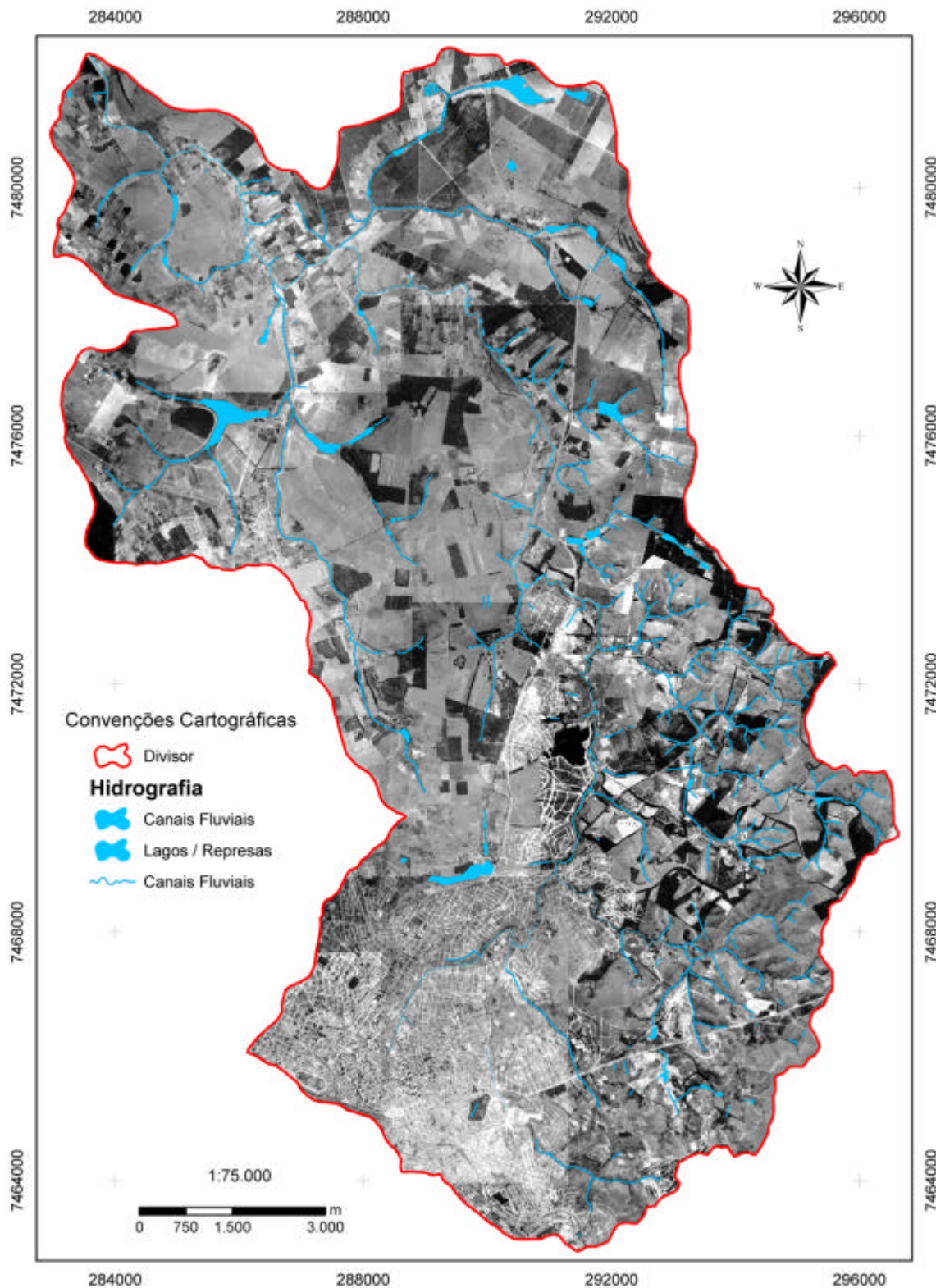


Figura 11. Mosaico de aerofotografias de 1962.

Nas figuras 10 e 11 estão os mosaicos de aerofotografias de 1972 e 1962, respectivamente. Nestes casos a resolução espacial é de 1,5 metros. Abaixo apresenta-se a

composição colorida falsa-cor das bandas (verde, vermelho e infravermelho próximo) CCD dos Cbers de 2005, com resolução espacial de 20 metros.

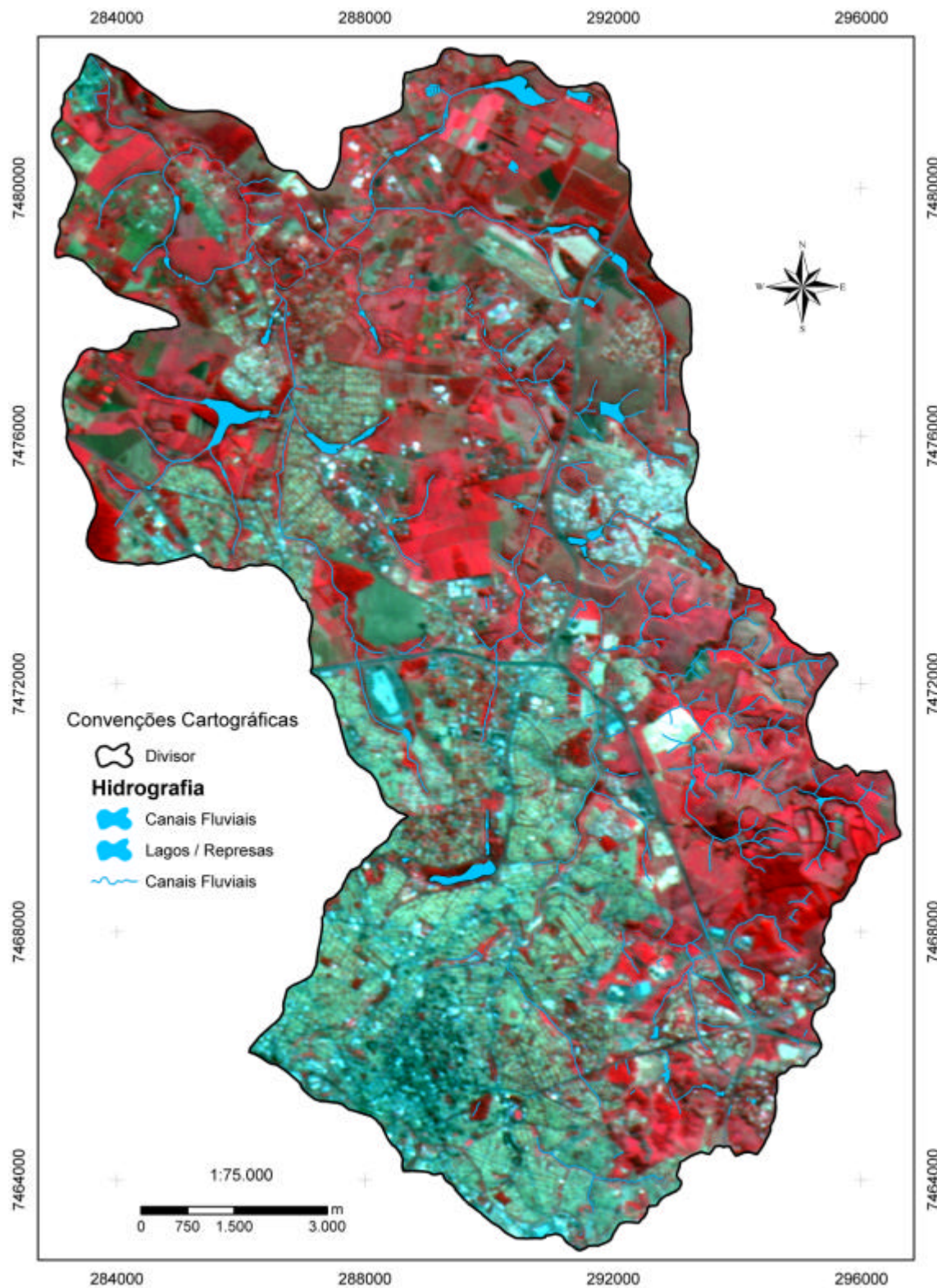


Figura 12. Composição colorida falsa-cor RGB de dados Cbers de 2005.



Estes resultados são, na realidade, produtos intermediários a partir dos quais foi possível a análise dos usos e ocupações das terras e sua evolução e mapeamento dos fragmentos florestais. Entretanto considera-se importante sua apresentação devido à grande quantidade de informações que pode ser retirada deles.

3.2. Usos e ocupações das terras

Os mapas de uso e ocupação das terras, atuais ou de 1962 e 1972, apresentam uma legenda muito complexa e sua representação cartográfica é destinada à escala final de representação. Desse modo, durante este relatório estarão representados os mapas com as classes de uso apenas, mas que permitirão sua representação adequada na escala possível, qual seja 1:75.000. Na figura 13 podem ser avaliados as representações dos usos e ocupações para as três datas.

3.2.1 Usos e ocupações atuais das terras

O mapa de uso e ocupação das terras é apresentado na figura 14. Ao contrário do imaginado ao início dos trabalhos as áreas de expansão urbana são pequenas atualmente, e ocorre um marcado predomínio das áreas residenciais de alta densidade (23% da área urbanizada), seguidas pelas residências de média (15%) e baixa densidade (12%). Nas áreas rurais predominam as culturas herbáceas (cana e milho principalmente) com cerca de 30% da área rural, e as pastagens com pastos tratados (27%) e não tratados (21%). As culturas perenes como citros e café e a horticulturas ocupam áreas diminutas.

Em relação às classes de vegetação são marcantes as áreas de matas (incluindo-se os maciços arbóreos) e reflorestamento, recobrimdo 25% e 13% respectivamente das áreas classificadas como vegetação. A maior ocorrência, entretanto é de macega que atinge mais de 48% destas áreas.

Os usos urbanos recobrem 49% da área da bacia atualmente, seguido pelos usos rurais com 37% e por fim as áreas de vegetação representam apenas 13% da área.

Usos e ocupações das terras em 1962



Usos e ocupações das terras em 1972



Usos e ocupações atuais das terras



Figura 13. Fragmentos dos mapas de usos e ocupações das terras.

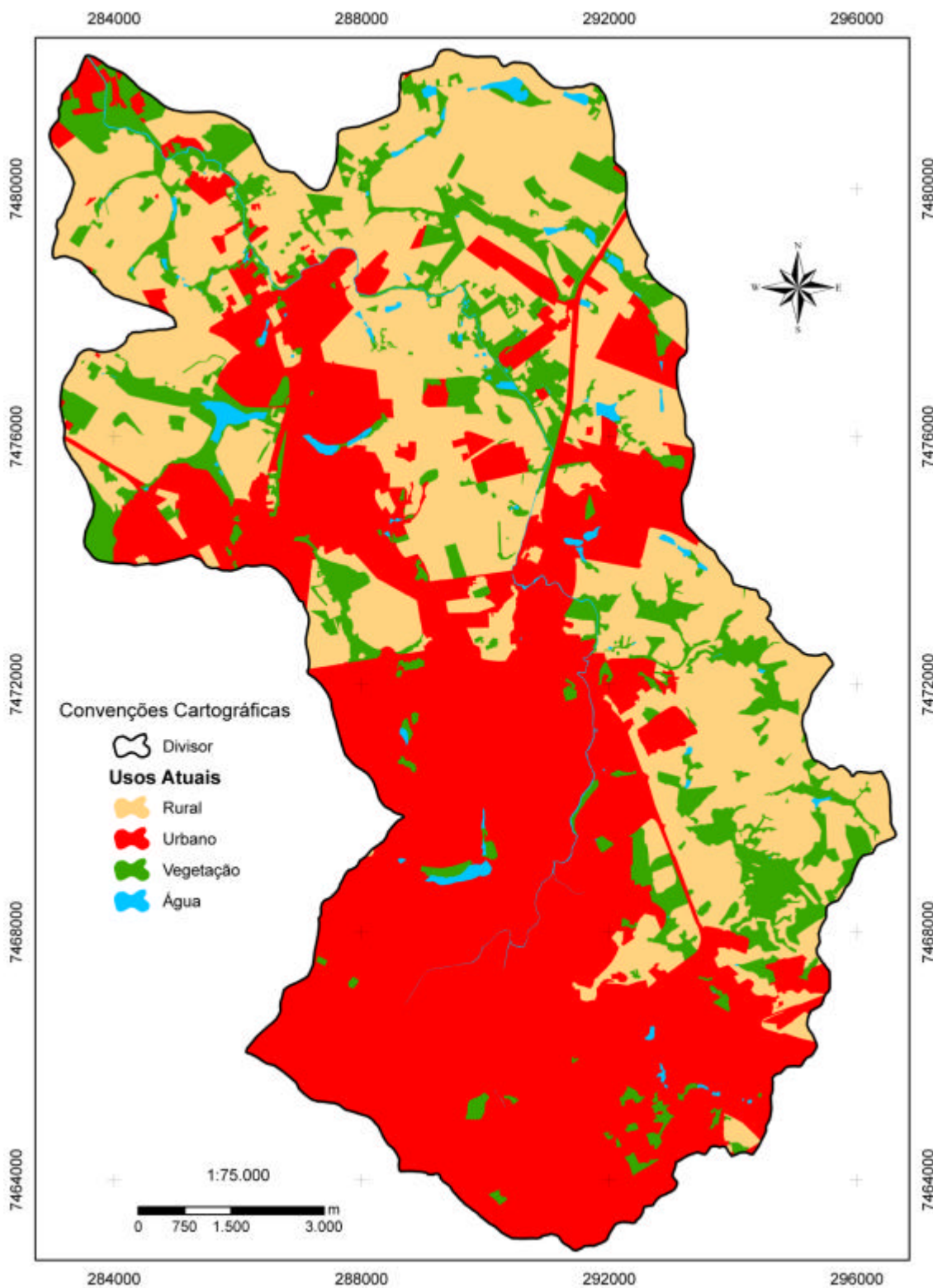


Figura 14. Mapa de usos atuais das terras.

Abaixo estão alguns exemplos das classes de uso e ocupação mapeadas.



Figura 15. Cultura arbórea – café



Figura 16. Cultura herbácea – milho



Figura 17. Horticultura



Figura 18. Pasto



Figura 19. Reflorestamento – eucalipto



Figura 20. Mata



Figura 21. Lagos



Figura 22. Rios – ribeirão das Anhumas



Figura 23. Misto comercial / industrial



Figura 24. Favela \subhabitação



Figura 25. Panorama da área urbana

3.2.2 Usos e ocupações das terras em 1972

A bacia do ribeirão das Anhumas era em sua maioria recoberta por usos rurais (mais de 50% da área total) e 30% de usos urbanos e 16% manchas de vegetação. Dentro das áreas rurais predominavam os pastos tratados (43%), as culturas herbáceas (25%), os pastos sujos (20%). Pequenas eram as áreas de culturas arbóreas (4%) e horticultura (3%).

Nas áreas urbanizadas eram grandes as áreas das expansões urbanas (29%), residencial alta densidade (21%) e baixa densidade (11%) e ocorriam grande extensões de terras em meio urbano, mas desprovidas de obras e tratadas como macega/capinzal, somando mais de 9% da área urbana. As matas, reflorestamento e macega atingiam 16%, 30%, 39% da área de vegetação. Na figura abaixo é apresentado o mapa de usos das terras em 1972.

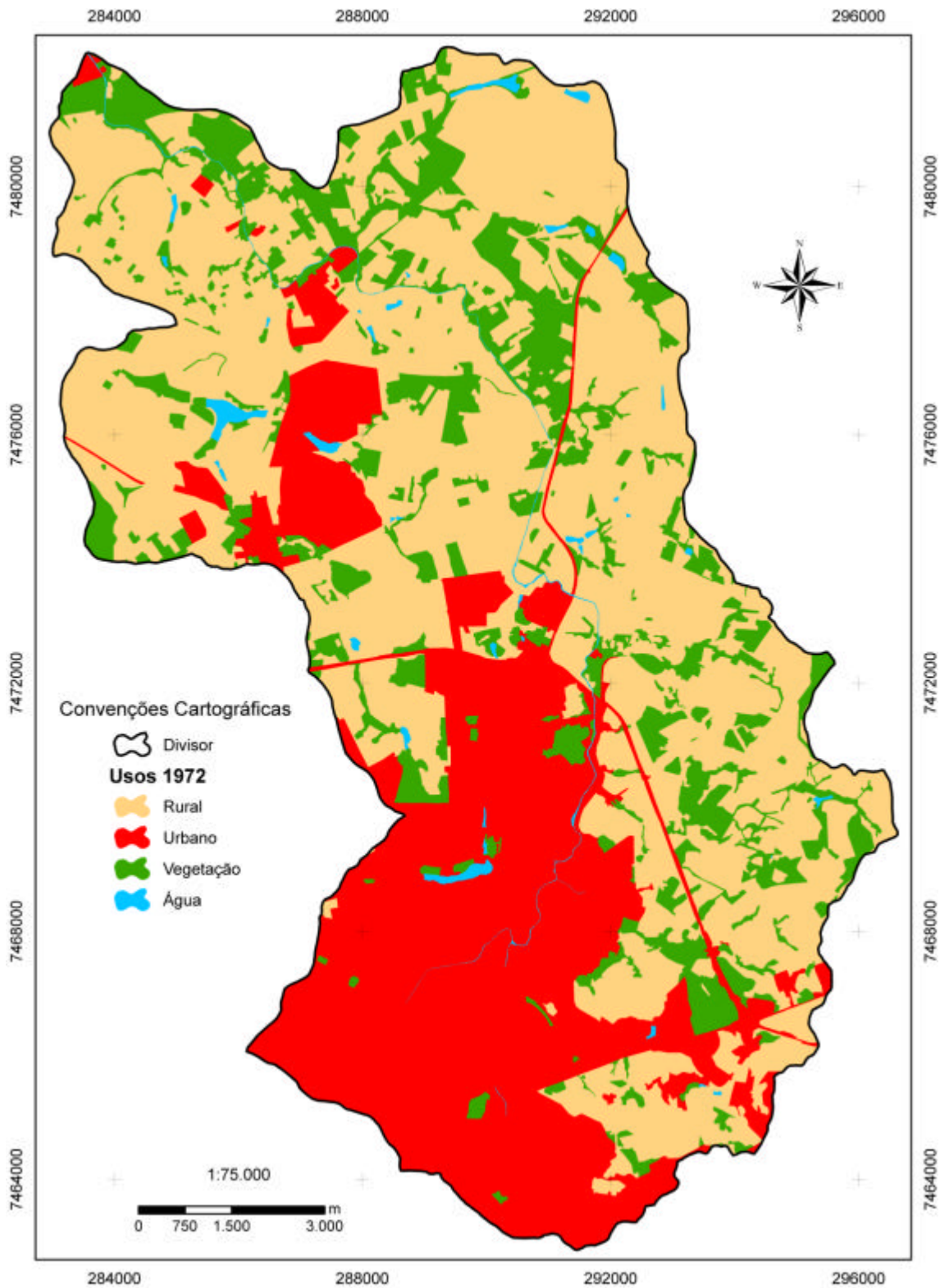


Figura 26. Mapa de usos das terras em 1972.

3.2.3 Usos e ocupações das terras em 1962

Na figura 27 apresenta-se o mapa de uso das terras para o ano de 1962.

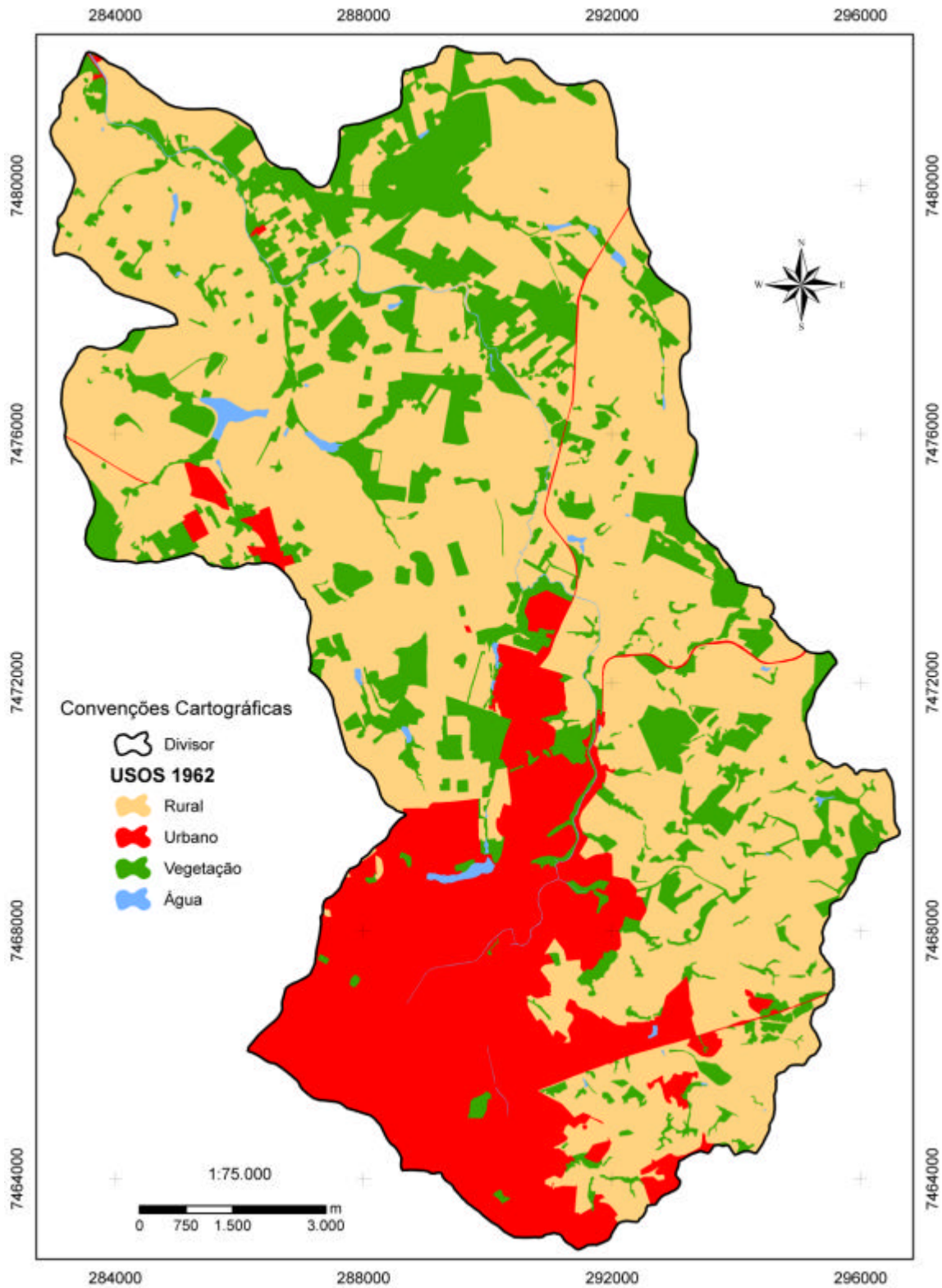


Figura 27. Mapa de usos das terras em 1962.



No ano de 1962 quase 60% da bacia era predominantemente rural, e cerca de 20% era recoberta por vegetação, contra 21% de áreas urbanizadas. Na área urbana predominam as áreas residências de alta densidade, com cerca de 25% da área urbanizada, e mais 32% de lotes de expansão urbana. Os pastos (39%), as culturas herbáceas (22%) e os pastos sujos (22%) são predominantes na área rural, com áreas consideráveis de horticulturas (4%) e culturas arbóreas (9%). Entre a vegetação ocorre o predomínio absoluto dos reflorestamentos (49%) e macega (17%), as matas somam mais de 13%.

3.2.4 Usos e ocupações das terras entre 1962, 1972 e 2006

Entre estas datas ocorreram mudanças essenciais no quadro dos usos das terras, conforme pode ser observado na tabela 6 e na figura 28.

Tabela 6: Área (%) ocupada por cada classe de uso das terras

Uso	1962	1972	Atual
Urbano	20,91	30,20	48,99
Rural	58,76	52,60	36,58
Vegetação	19,54	16,25	13,10
Água	0,79	0,96	1,33

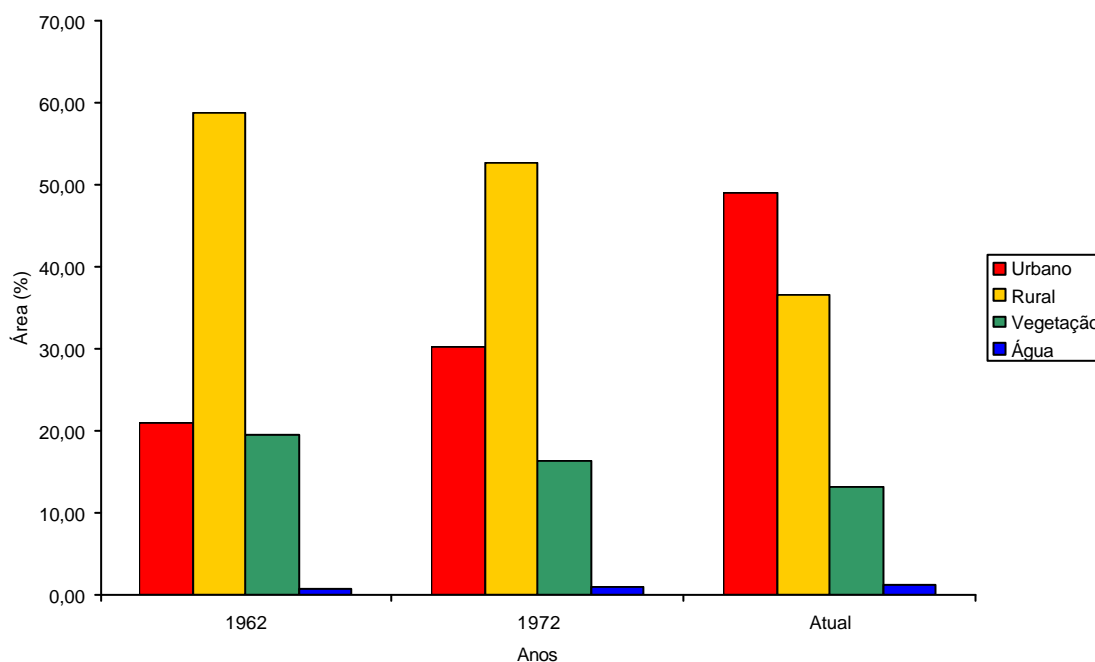


Figura 28. Evolução dos usos das terras



Três momentos puderam ser observados, o primeiro em curso durante a década de 50 e 60, com a área urbanizada expandindo-se pelo espaço da bacia, como demonstrado pela grande área de expansão urbana deste período. Este movimento estava perdendo fôlego em 1972 e outro já estava em curso, o adensamento das áreas já ocupadas. Este movimento mostra-se ativo atualmente, enquanto as áreas de expansão atuais são caracterizadas por serem loteamentos para residências maiores em condomínios, num terceiro tipo de expansão da cidade.

Outra característica pode ser realçada, principalmente entre 1962 e 1972 e em diante - na primeira data as classes de ocupação apresentam-se com áreas contínuas maiores. Ao contrário do que pode ser percebido posteriormente, com áreas menores e um padrão mais “recortado”. Na tabela 7 podem ser identificadas algumas alterações. Entre 1962 e 1972, 13% das áreas rurais foram transformadas em urbanas e esse índice atinge 10% da área de vegetação. Por outro lado 10% da área rural passaram por regeneração e pôde ser considerada vegetação.

Durante o lapso de tempo de 1972 a 2006, 29% da área rural foi transformada em urbana e 25% das áreas de vegetação sofreram a mesma intervenção. Mas, cerca de 11% da área rural regenerou-se em áreas de vegetação.

Tabela 7: Alteração nos usos das terras, entre 1962 e hoje. Áreas (%)

		1972			
		Urbano	Rural	Vegetação	Água
1962	Urbano	98	1	1	0
	Rural	13	77	10	0
	Vegetação	10	37	52	1
	Água	7	9	12	72
		Atual			
		Urbano	Rural	Vegetação	Água
1972	Urbano	99	1	1	0
	Rural	29	59	11	0
	Vegetação	25	32	41	2
	Água	7	4	8	80
		Atual			
		Urbano	Rural	Vegetação	Água
1962	Urbano	99	0	1	14
	Rural	38	49	12	4
	Vegetação	31	39	28	13
	Água	14	4	13	70



No contexto mais amplo pode-se identificar o marcado aumento das áreas urbanas às expensas dos outros usos não-urbanos, conforme a tabela 8 e a figura 29.

Tabela 8: Evolução dos usos urbanos x não-urbanos entre 1907 e 2005

Anos	UU (%)	UN (%)
1907	5,0	95,0
1925	6,0	94,0
1962	20,9	79,1
1972	30,1	69,9
2005	49,0	51,0

Observação: UU – usos urbanos, UN – usos não-urbanos

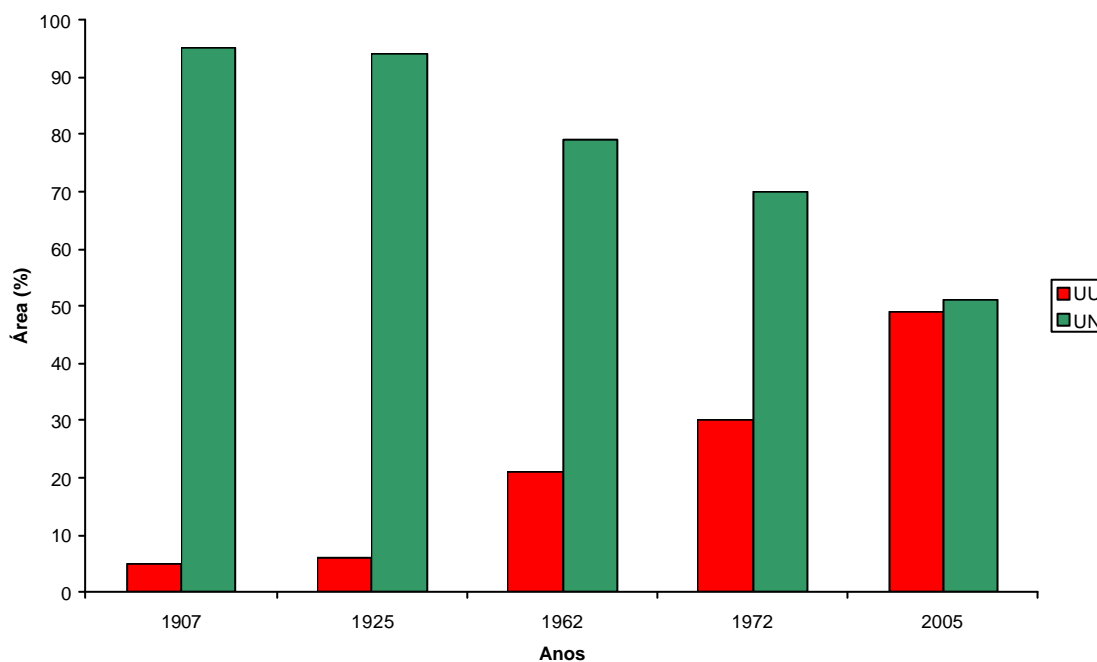


Figura 29. Bacia do ribeirão das Anhumas – evolução urbana

A expansão urbana foi pequena entre 1907 e 1925, representada pelo aumento de alguns bairros e abertura de duas rodovias (“rodovias de automóveis do governo”, segundo o mapa). Até 1962 esse ritmo, mesmo acelerado, ainda era pequeno, mas a partir da década de

70 ocorre um forte aumento na expansão das áreas urbanas. Espacialmente podem-se visualizar estes fatos pelos mapas abaixo.

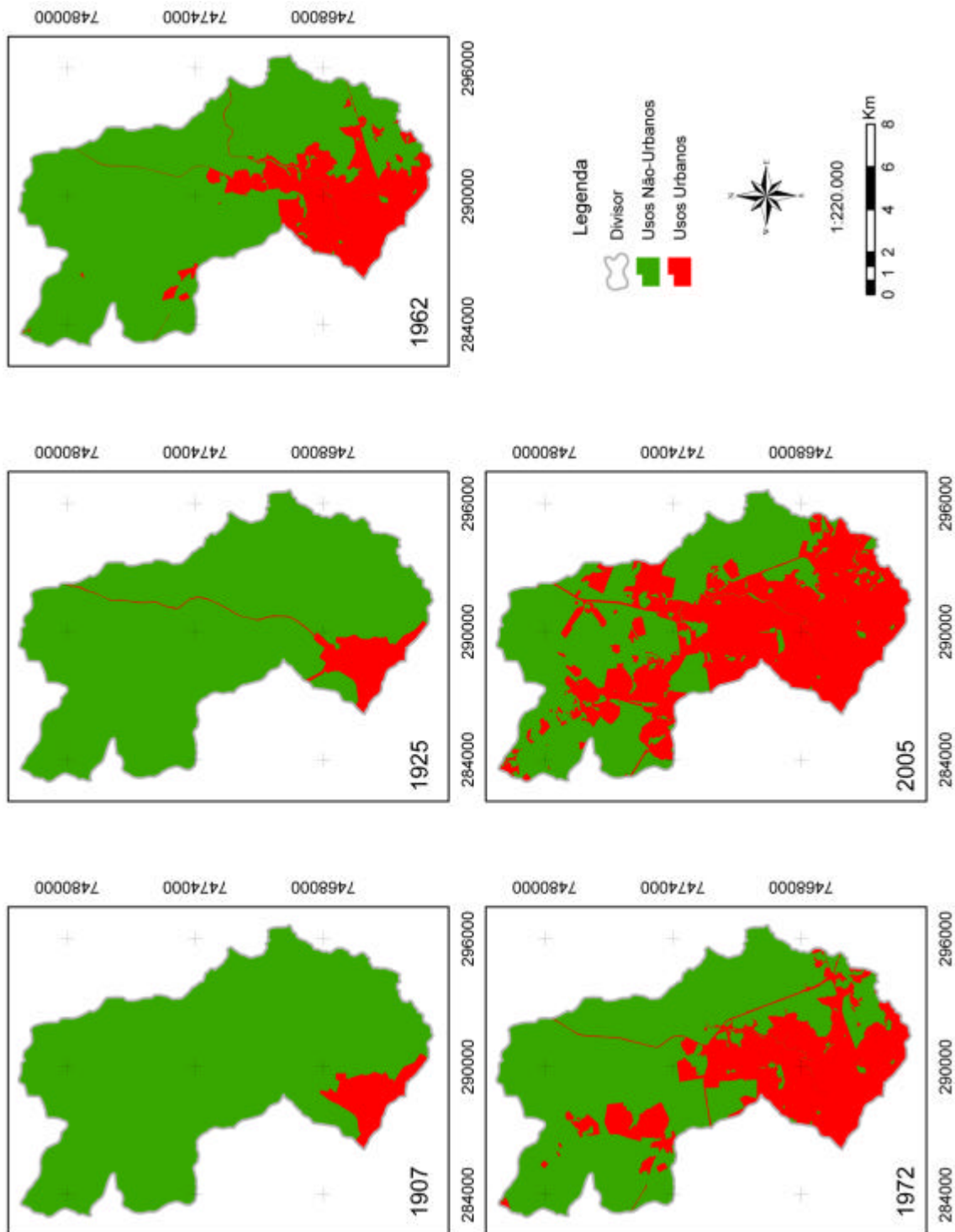


Figura 30. Evolução dos usos urbanos e não-urbanos entre 1907 e 2005.



3.3 Diagnóstico da Erosão

Nas páginas seguintes são apresentados os mapas dos diversos fatores que compõem o modelo da EUPS. Em ordem são os fatores K (figura 31), LS (figura 32), C (figura 33) e P (figura 34).

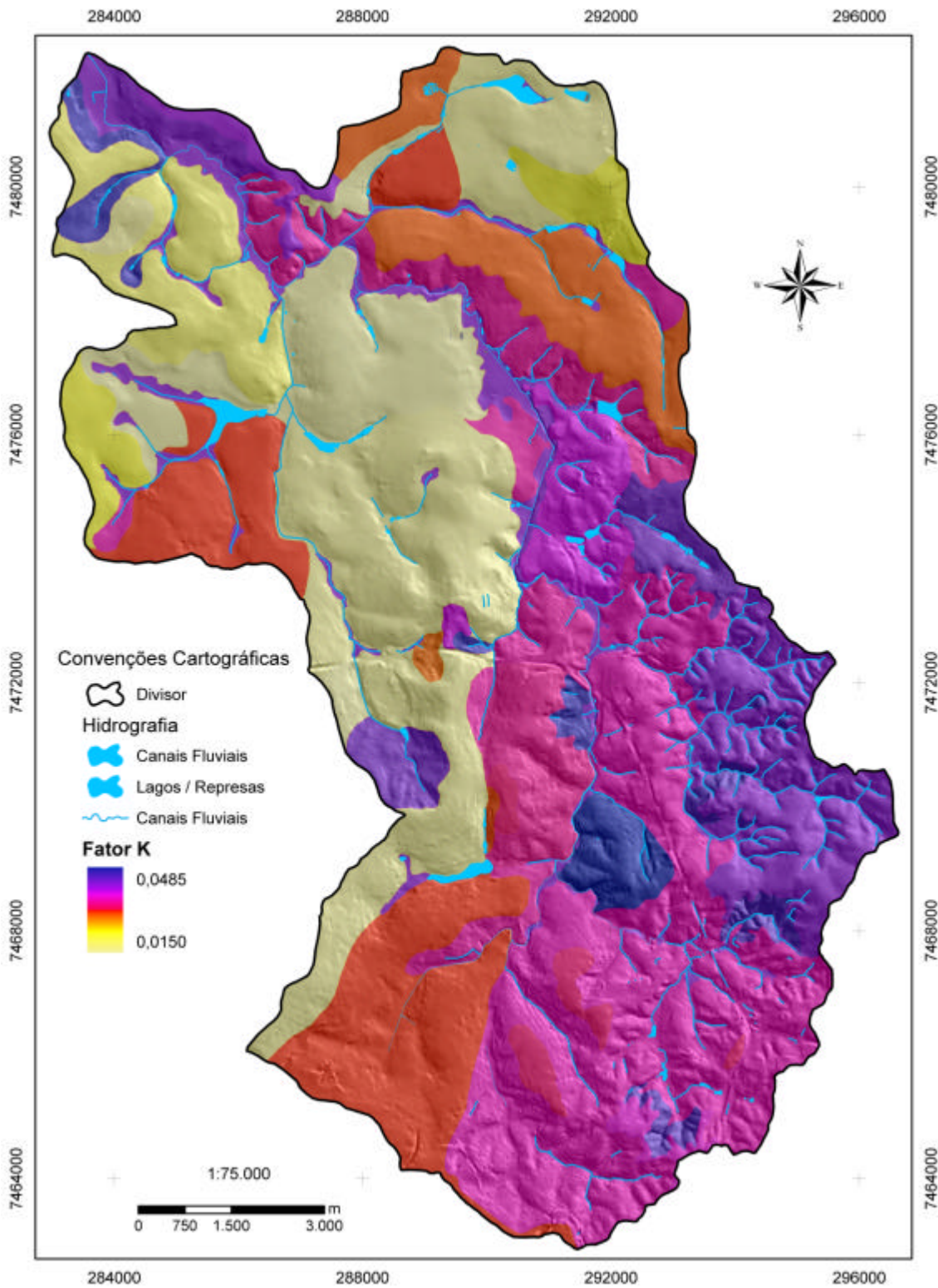


Figura 31. Fator K da bacia do ribeirão das Anhumas.



Os valores do fator K^7 e de tolerância para as classes de solos da bacia são apresentados na tabela 9.

Tabela 9: classes de solos, valores de K e da tolerância (T).

Solo	K	T
CXbe	0,0292	7,6
GXbd	0,0422	6,9
LAd	0,0297	11,0
LVAAd1	0,0314	10,2
LVAAd2	0,0410	11,0
LVAAd3	0,0427	11,2
LVAAd4	0,0329	10,0
LVAAd5	0,0354	10,9
LVAAd6	0,0297	11,0
LVAAd7	0,0329	11,0
LVAAd8	0,0331	10,9
LVd1	0,0160	14,0
LVd2	0,0149	14,0
LVd3	0,0149	14,0
LVdf1	0,0160	15,0
LVdf2	0,0223	15,0
LVdf3	0,0191	15,0
LVe	0,0149	14,0
LVEf1	0,0223	14,0
LVEf2	0,0160	14,0
NVd	0,0477	11,0
NVEf	0,0477	11,0
NXd	0,0477	11,0
NXe1	0,0487	11,0
NXe2	0,0372	10,7
PAd	0,0386	9,0
PAe	0,0440	8,0
PVAd1	0,0355	9,0
PVAd2	0,0358	9,0
PVAd3	0,0305	9,0
PVAd4	0,0440	9,0
PVAd5	0,0350	9,0
PVAd6	0,0350	9,0
PVAd7	0,0346	9,0
PVAe1	0,0342	9,0
PVAe2	0,0421	9,0
PVAe3	0,0458	8,8
PVAe4	0,0383	8,8
PVd1	0,0350	9,0
PVd2	0,0350	9,0
Pve	0,0350	9,0

⁷ Os valores deste fator foram calculados com auxílio do Dr. Ricardo Marques Coelho, do Grupo de Solos do projeto.

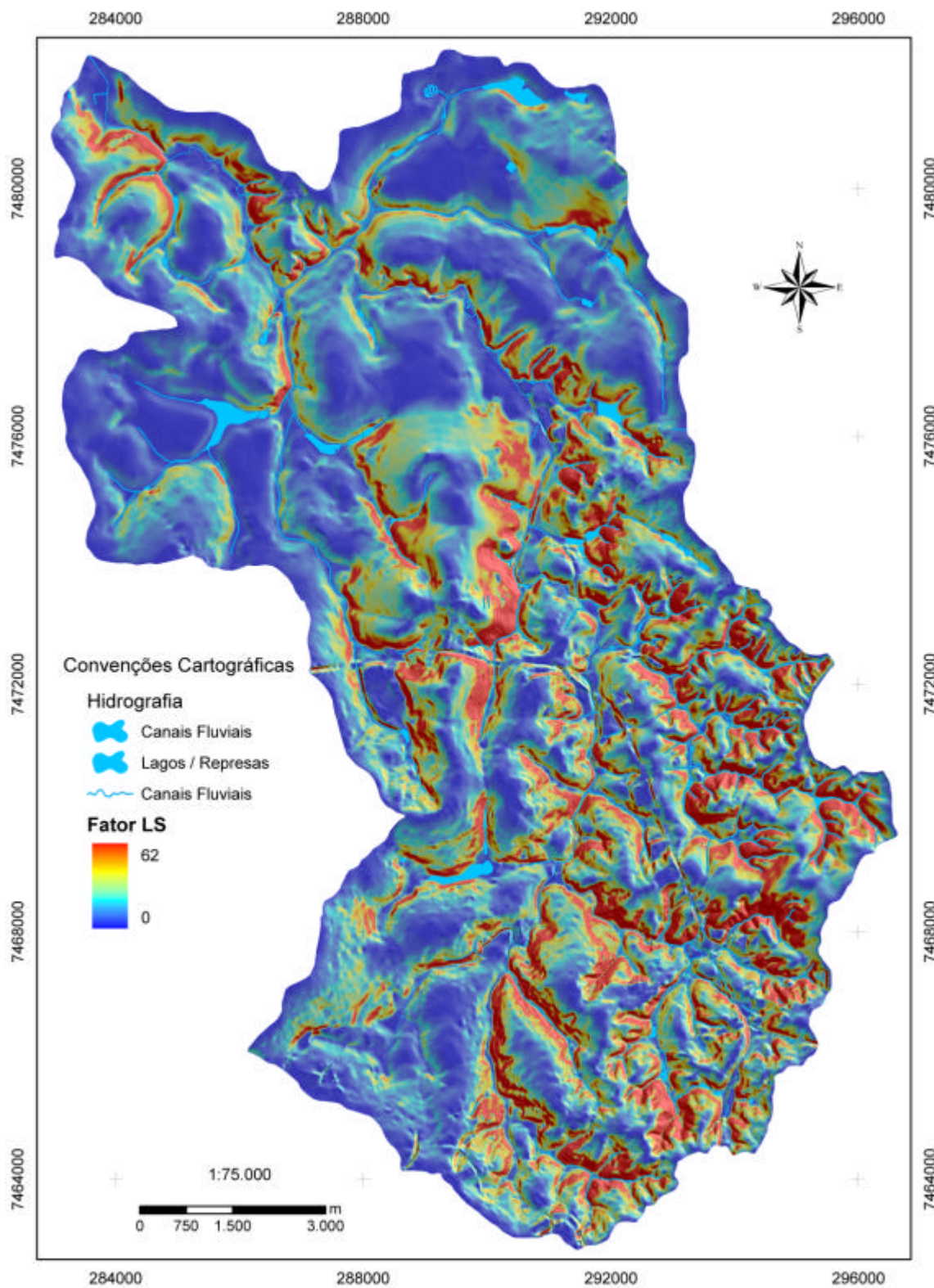


Figura 32. Fator topográfico para a área analisada.

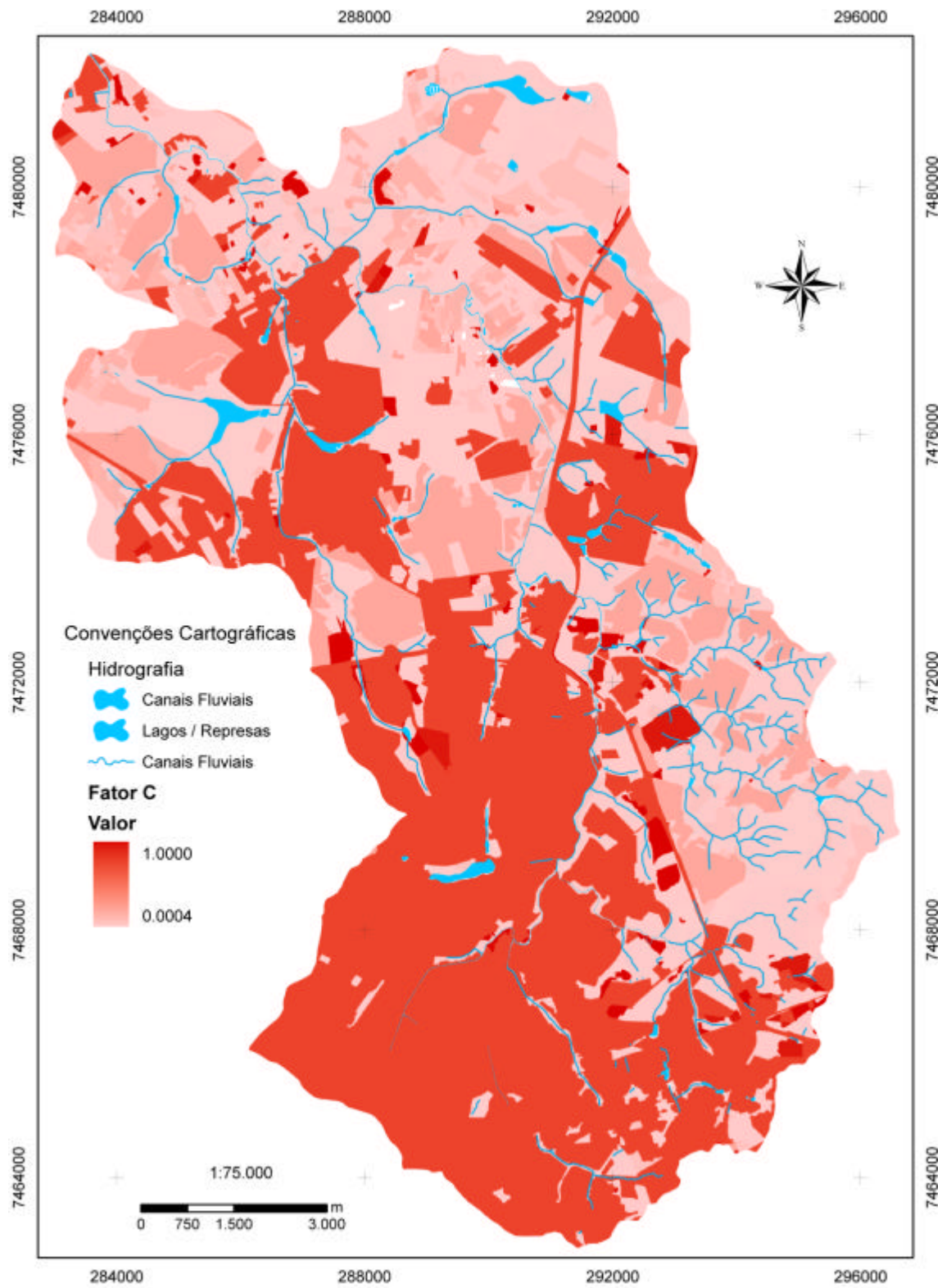


Figura 33. Mapa do fator C.

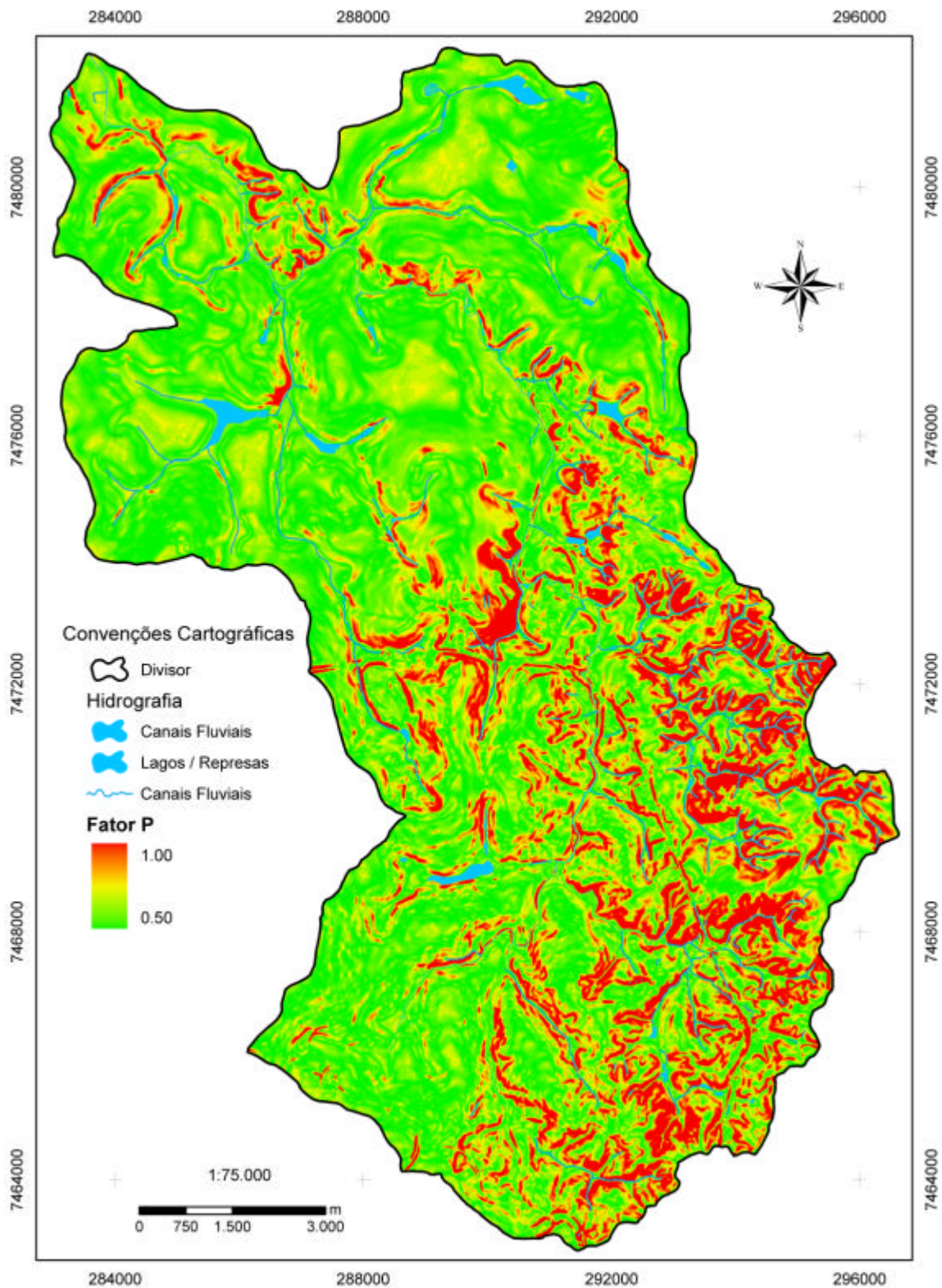


Figura 34. Distribuição dos valores de P pela área da bacia.

Como resultado da equação tem-se o mapa abaixo representando a distribuição das perdas de solos por unidade de área para a bacia do ribeirão das Anhumas.

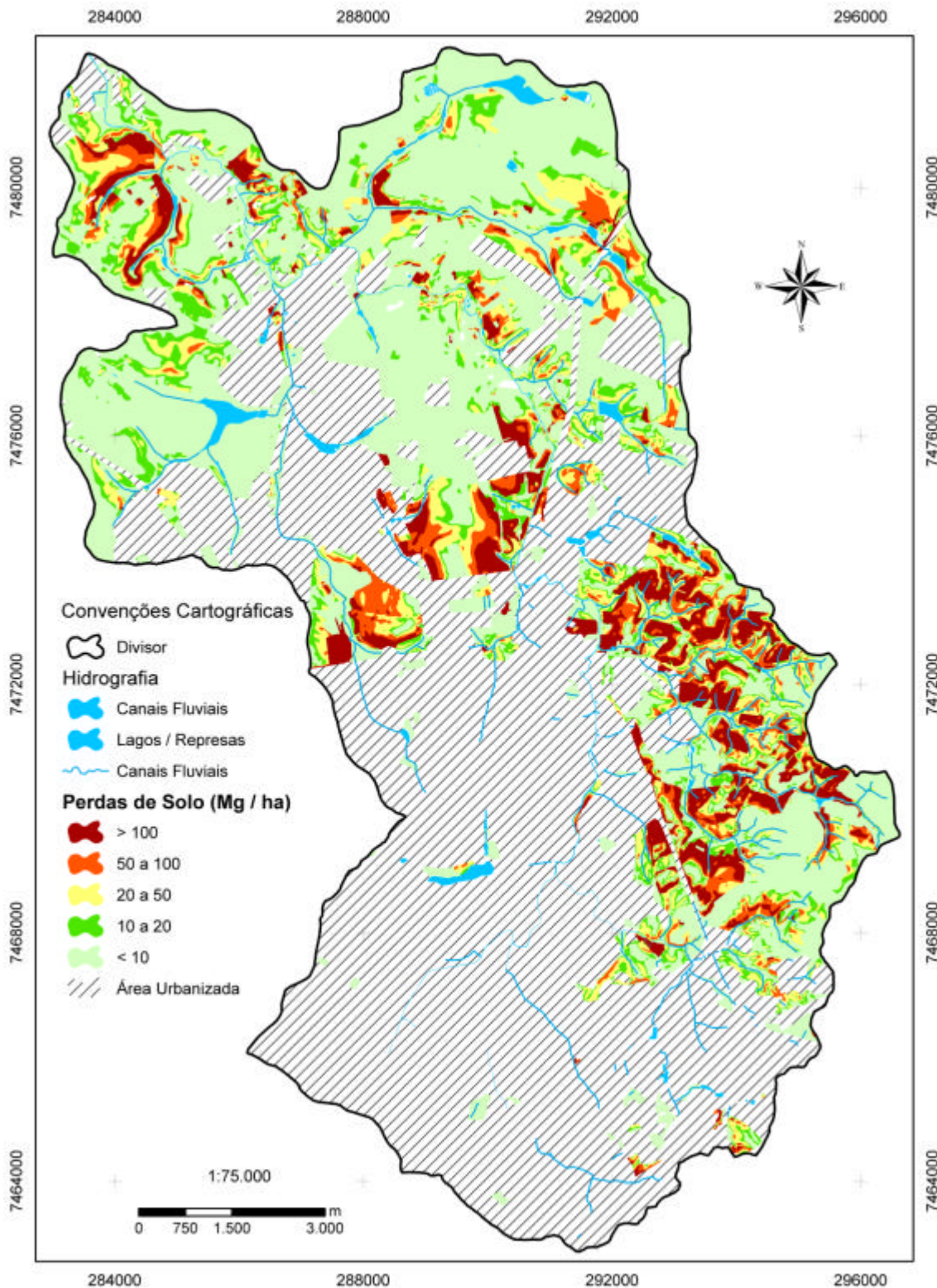


Figura 35. Mapa das perdas de solos por erosão para a bacia do ribeirão das Anhumas.



Apesar da maior parte área rural da bacia apresentar valores baixos de perdas de solos, nas áreas de relevo mais dissecado, no setor leste-sudeste ocorrem grandes manchas com amplas taxas de perdas de solo. Esse resultado é reflexo do elevado fator topográfico destas áreas associados aos solos suscetíveis à erosão. Enquanto as áreas de maiores perdas de solos do médio e baixo curso devem-se em parte aos tipos de coberturas do solo e aos maiores valores de comprimento das vertentes representado no fator LS. Este modelo é considerado adequado apenas para áreas não-urbanizadas, em virtude disso aplicou-se uma máscara visando a não representação dos valores de A para áreas urbanizadas.

Tabela 10. Classes de risco de erosão e áreas

Classe	Área (ha)	%
Muito Alto	703.674	4,76
Alto	503.132	3,40
Médio	951.605	6,43
Baixo	763.930	5,16
Muito Baixo	4.502.484	30,43
Área Urbanizada	7.369.277	49,81

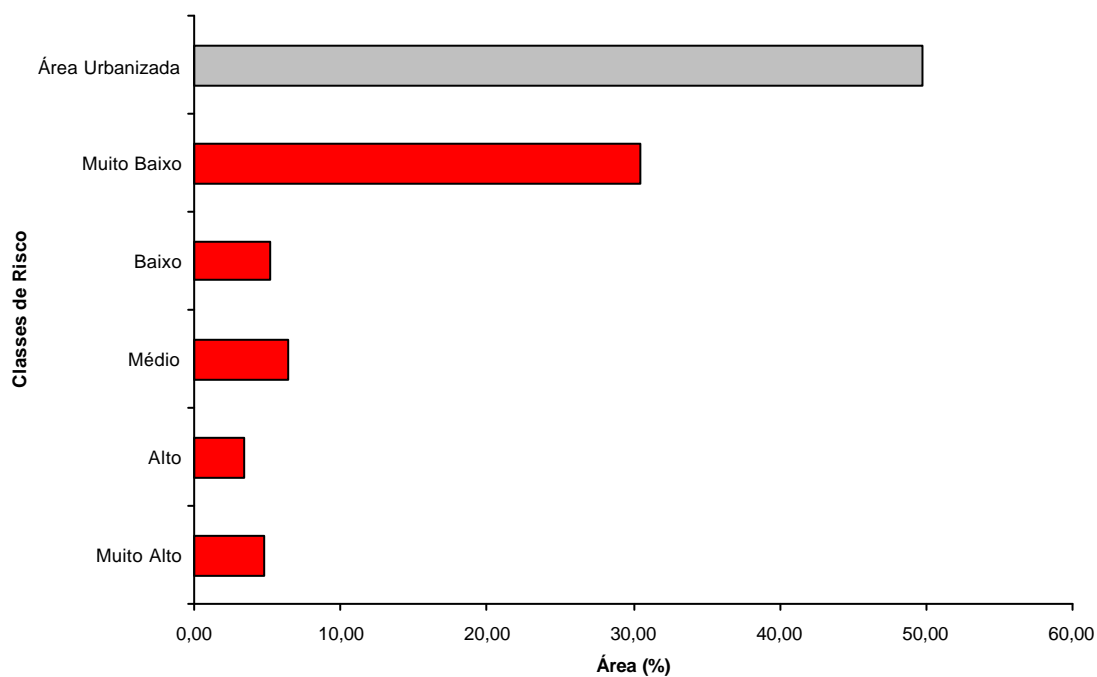


Figura 36. Distribuição em área do risco de erosão

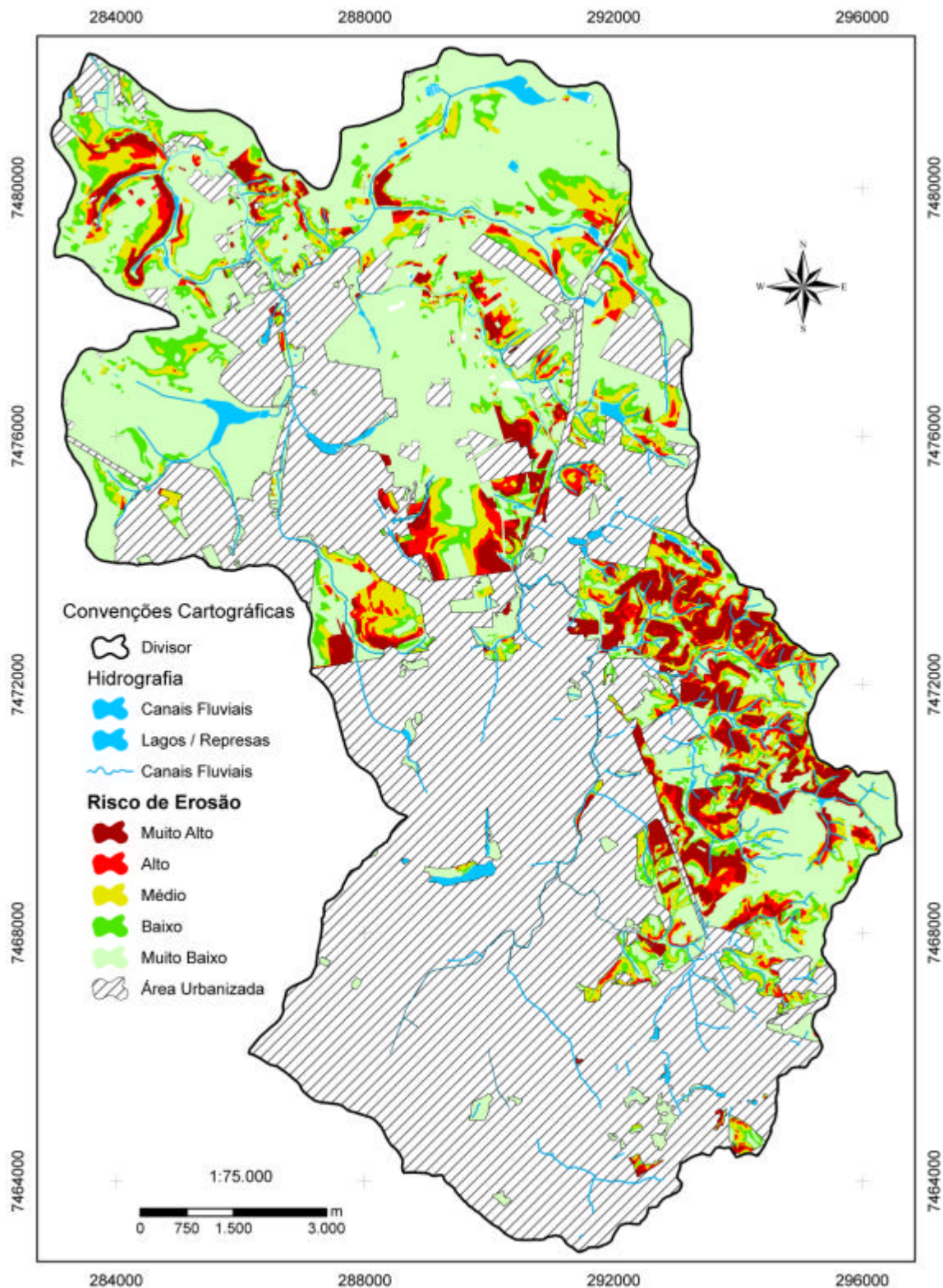


Figura 37. Risco de erosão para a bacia do ribeirão das Anhumas.

As áreas de pasto sujo, macega e culturas herbáceas são predominantes nas áreas de risco de erosão muito alto, e essas mesmas classes de ocupação são grandes responsáveis

pelas áreas de alto risco. Nas áreas de risco médio, além das classes acima citadas aparece a contribuição das áreas de culturas arbóreas. Os riscos baixos são marcados pela presença das culturas herbáceas, pasto, pasto sujo e macega. O risco de erosão dos solos (figura 37) da área rural da bacia reflete em grande medida o mapa de taxa de perdas de solo (figura 35). Os setores do embasamento cristalino, relevo mais dissecado e solos suscetíveis à erosão do leste-sudeste apresentam maiores riscos, mas no setor nordeste, onde a taxa de perdas de solos é mais baixa, ocorre a ampliação das manchas de risco médio.

Em termos de área, com exceção das áreas urbanizadas, mais de 35% da bacia apresenta risco de erosão baixo ou muito baixo (tabela 10), enquanto pouco mais de 8% apresenta-se com risco alto ou muito alto. Nas figuras abaixo estão representadas as principais classes de uso de acordo com o risco de erosão. Na figura 38 as áreas de macega, cultura herbácea, pasto sujo e pasto são os principais tipos de cobertura dos solos.

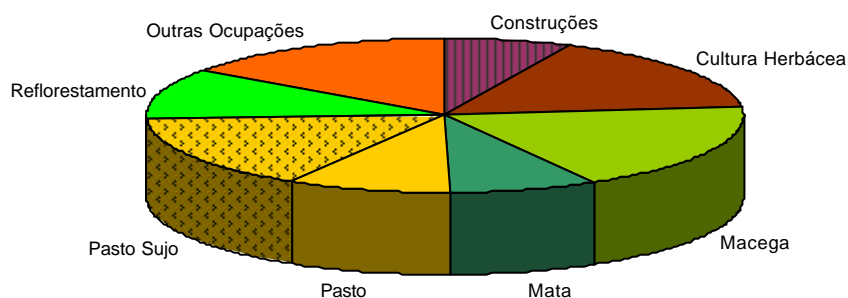


Figura 38. Distribuição dos tipos de cobertura na classe de muito alto risco de erosão

Em relação ao risco alto, as áreas de culturas herbáceas e de pasto sujo são predominantes, conforme a figura 39.

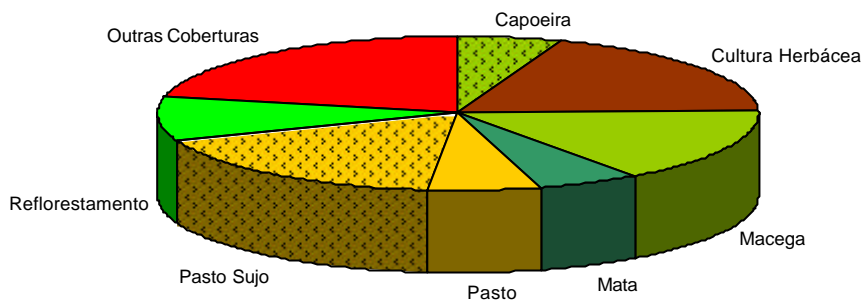


Figura 39. Distribuição dos tipos de cobertura na classe de alto risco de erosão

As culturas herbáceas, pasto sujo e macega, além de culturas arbóreas, são mais comuns nas áreas de médio risco de erosão (figura 40).

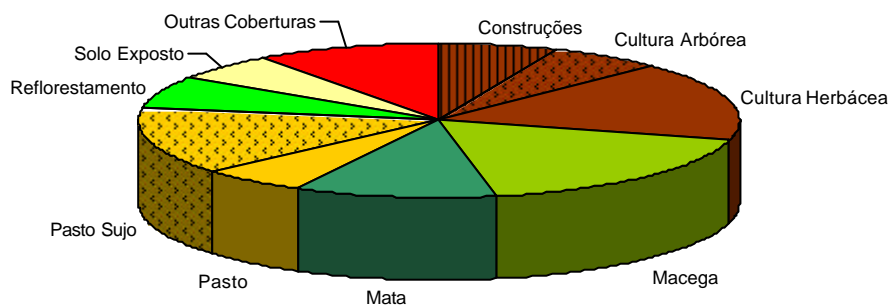


Figura 40. Distribuição dos tipos de cobertura na classe de médio risco de erosão

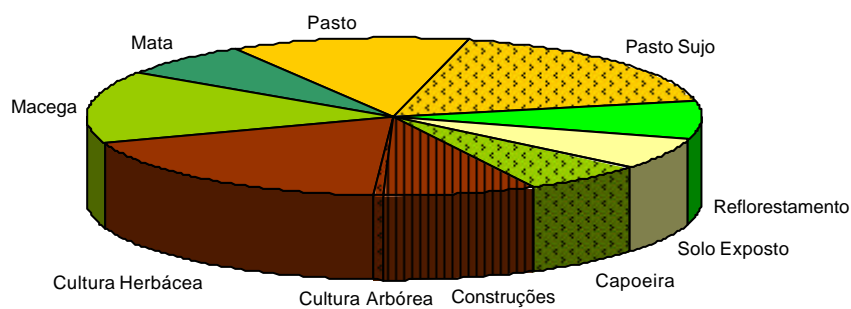


Figura 41. Distribuição dos tipos de cobertura na classe de baixo risco de erosão



Predominam as culturas herbáceas, pastos e pastos sujos em áreas de baixo risco de erosão, segundo a figura 41. Por fim as manchas de risco muito baixo são recobertas por construções rurais, culturas arbóreas, horticultura e culturas herbáceas (figura 42).

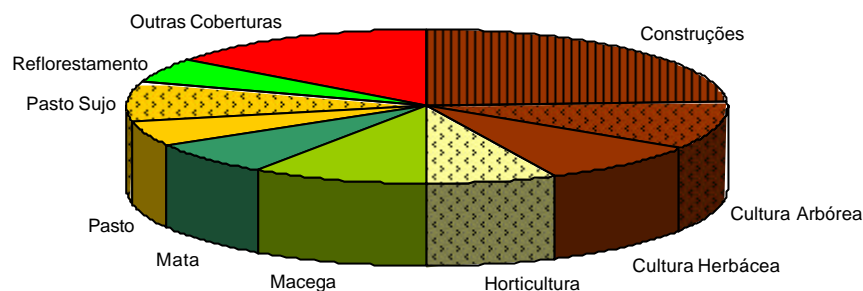


Figura 42. Distribuição dos tipos de cobertura na classe de muito baixo risco de erosão

3.4 Capacidade de uso das terras

A classificação no sistema de capacidade de usos depende do cruzamento dos mapas de solos e do mapa de classes de declividade, e como resultado gerou-se a tabela 11 que permitiu a classificação de unidades de capacidade de uso conforme a metodologia.

Tabela 11. Classes de solos, declividade e capacidade de uso das terras.

Classe de Solo	Classe de Declividade	Capacidade de Uso	Classe de Solo	Classe de Declividade	Capacidade de Uso
CXbe	0 - 3	IIIp	LVAAd8	20 - 40	VIef
CXbe	12 - 20	VIep	LVAAd8	3 - 6	IIIIf
CXbe	20 - 40	VIIep	LVAAd8	6 - 12	IIIIf
CXbe	3 - 6	IIIep	LVd1	0 - 3	IIIf
CXbe	6 - 12	IVep	LVd1	12 - 20	IVef
GXbd	0 - 3	Va	LVd1	20 - 40	VIef
GXbd	12 - 20	Va	LVd1	3 - 6	IIIIf
GXbd	20 - 40	Va	LVd1	6 - 12	IIIIf
GXbd	3 - 6	Va	LVd2	0 - 3	IIIf
GXbd	6 - 12	Va	LVd2	12 - 20	IVef
LAd	0 - 3	IIIf	LVd2	3 - 6	IIIIf
LAd	12 - 20	IVef	LVd2	6 - 12	IIIIf



Classe de Solo	Classe de Declividade	Capacidade de Uso	Classe de Solo	Classe de Declividade	Capacidade de Uso
LAd	20 - 40	Vlef	LVd3	0 - 3	Ilf
LAd	3 - 6	IIIlf	LVd3	12 - 20	IVef
LAd	6 - 12	IIIlef	LVd3	20 - 40	Vlef
LVAd1	> 40	VIII	LVd3	3 - 6	IIIlf
LVAd1	0 - 3	Ilf	LVd3	6 - 12	IIIlef
LVAd1	12 - 20	IVef	LVdf1	0 - 3	Ilf
LVAd1	20 - 40	Vlef	LVdf1	12 - 20	IVef
LVAd1	3 - 6	IIIlf	LVdf1	20 - 40	Vlef
LVAd1	6 - 12	IIIlef	LVdf1	3 - 6	IIIlf
LVAd2	0 - 3	Ilf	LVdf1	6 - 12	IIIlef
LVAd2	12 - 20	IVef	LVdf2	0 - 3	Ilf
LVAd2	20 - 40	Vlef	LVdf2	3 - 6	IIIlf
LVAd2	3 - 6	IIIlf	LVdf2	6 - 12	IIIlef
LVAd2	6 - 12	IIIlef	LVdf3	0 - 3	Ilf
LVAd3	0 - 3	Ilf	LVdf3	12 - 20	IVef
LVAd3	12 - 20	IVef	LVdf3	20 - 40	Vlef
LVAd3	20 - 40	Vlef	LVdf3	3 - 6	IIIlf
LVAd3	3 - 6	IIIlf	LVdf3	6 - 12	IIIlef
LVAd3	6 - 12	IIIlef	LVe	0 - 3	I
LVAd4	0 - 3	Ilf	LVe	12 - 20	IVe
LVAd4	12 - 20	IVef	LVe	20 - 40	Vle
LVAd4	3 - 6	IIIlf	LVe	3 - 6	Ile
LVAd4	6 - 12	IIIlef	LVe	6 - 12	IIIe
LVAd5	0 - 3	Ilf	LVef1	0 - 3	I
LVAd5	12 - 20	IVef	LVef1	12 - 20	IVe
LVAd5	3 - 6	IIIlf	LVef1	20 - 40	Vle
LVAd5	6 - 12	IIIlef	LVef1	3 - 6	Ile
LVAd6	0 - 3	Ilf	LVef1	6 - 12	IIIe
LVAd6	12 - 20	IVef	LVef2	> 40	VIII
LVAd6	20 - 40	Vlef	LVef2	0 - 3	I
LVAd6	3 - 6	IIIlf	LVef2	12 - 20	IVe
LVAd6	6 - 12	IIIlef	LVef2	20 - 40	Vle
LVAd7	0 - 3	Ilf	LVef2	3 - 6	Ile
LVAd7	12 - 20	IVef	LVef2	6 - 12	IIIe
LVAd7	3 - 6	IIIlf	NVd	0 - 3	Ilf
LVAd7	6 - 12	IIIlef	NVd	12 - 20	IVef
LVAd8	0 - 3	Ilf	NVd	20 - 40	Vlef
LVAd8	12 - 20	IVef	NVd	3 - 6	IIIlef
NVd	6 - 12	IIIlef	PVAd5	0 - 3	Ilf
NVef	0 - 3	I	PVAd5	12 - 20	Vlef
NVef	12 - 20	IVe	PVAd5	20 - 40	VIIef
NVef	20 - 40	Vle	PVAd5	3 - 6	Ilef
NVef	3 - 6	Ile	PVAd5	6 - 12	IVef
NVef	6 - 12	IIIe	PVAd6	0 - 3	Ilf
NXd	0 - 3	Ilf	PVAd6	12 - 20	Vlef
NXd	12 - 20	IVef	PVAd6	20 - 40	VIIef
NXd	20 - 40	Vlef	PVAd6	3 - 6	Ilef
NXd	3 - 6	IIIlef	PVAd6	6 - 12	IVef
NXd	6 - 12	IIIlef	PVAd7	0 - 3	Ilf



Classe de Solo	Classe de Declividade	Capacidade de Uso	Classe de Solo	Classe de Declividade	Capacidade de Uso
NXe1	> 40	VIII	PVAd7	12 - 20	Vlef
NXe1	0 - 3	I	PVAd7	20 - 40	Vllef
NXe1	12 - 20	IVe	PVAd7	3 - 6	llef
NXe1	20 - 40	Vle	PVAd7	6 - 12	IVef
NXe1	3 - 6	lle	PVAe1	0 - 3	I
NXe1	6 - 12	llle	PVAe1	12 - 20	Vle
NXe2	0 - 3	I	PVAe1	20 - 40	Vlle
NXe2	12 - 20	IVe	PVAe1	3 - 6	lle
NXe2	20 - 40	Vle	PVAe1	6 - 12	IVe
NXe2	3 - 6	lle	PVAe2	> 40	VIII
NXe2	6 - 12	llle	PVAe2	0 - 3	I
PAd	0 - 3	llef	PVAe2	12 - 20	Vle
PAd	12 - 20	Vlef	PVAe2	20 - 40	Vlle
PAd	20 - 40	Vllef	PVAe2	3 - 6	lle
PAd	3 - 6	llef	PVAe2	6 - 12	IVe
PAd	6 - 12	IVef	PVAe3	> 40	VIII
PAe	0 - 3	I	PVAe3	0 - 3	I
PAe	12 - 20	Vle	PVAe3	12 - 20	Vlle
PAe	20 - 40	Vlle	PVAe3	20 - 40	VIII
PAe	3 - 6	lle	PVAe3	3 - 6	llle
PAe	6 - 12	IVe	PVAe3	6 - 12	Vle
PVAd1	0 - 3	llf	PVAe4	0 - 3	lle
PVAd1	12 - 20	Vlef	PVAe4	12 - 20	Vlle
PVAd1	3 - 6	llef	PVAe4	20 - 40	VIII
PVAd1	6 - 12	IVef	PVAe4	3 - 6	llle
PVAd2	> 40	VIII	PVAe4	6 - 12	Vle
PVAd2	0 - 3	llf	PVd1	0 - 3	llf
PVAd2	12 - 20	Vlef	PVd1	12 - 20	Vlef
PVAd2	20 - 40	Vllef	PVd1	20 - 40	Vllef
PVAd2	3 - 6	llef	PVd1	3 - 6	llef
PVAd2	6 - 12	IVef	PVd1	6 - 12	IVef
PVAd3	0 - 3	llf	PVd2	0 - 3	llf
PVAd3	12 - 20	Vlef	PVd2	12 - 20	Vlef
PVAd3	20 - 40	Vllef	PVd2	20 - 40	Vllef
PVAd3	3 - 6	llef	PVd2	3 - 6	llef
PVAd3	6 - 12	IVef	PVd2	6 - 12	IVef
PVAd4	0 - 3	llf	PVe	0 - 3	I
PVAd4	12 - 20	Vlef	PVe	12 - 20	Vle
PVAd4	20 - 40	Vllef	PVe	20 - 40	Vlle
PVAd4	3 - 6	llef	PVe	3 - 6	lle
PVAd4	6 - 12	IVef	PVe	6 - 12	IVe

O mapa apresentado na figura 43 representa a distribuição das classes de capacidade uso das terras para a área da bacia do ribeirão das Anhumas. É marcante a diferenciação entre



os setores leste-sudeste em relação aos oeste-norte-nordeste. Nos primeiros estão presentes as associações de solos mais frágeis e as classes de declividade maiores sustentadas por rochas do embasamento cristalino no trecho final do planalto atlântico, essa combinação leva a predominância das classes IV, VI, VII e VIII. Nas planícies fluviais são encontrados os gleissolos com excesso de água e englobados na classe V. Nos setores onde são identificadas as terras com melhores classificações de capacidade de usos estão as menores declividades, os solos mais profundos e férteis em relevos suavizados da depressão periférica e algumas intrusões de rochas básicas.

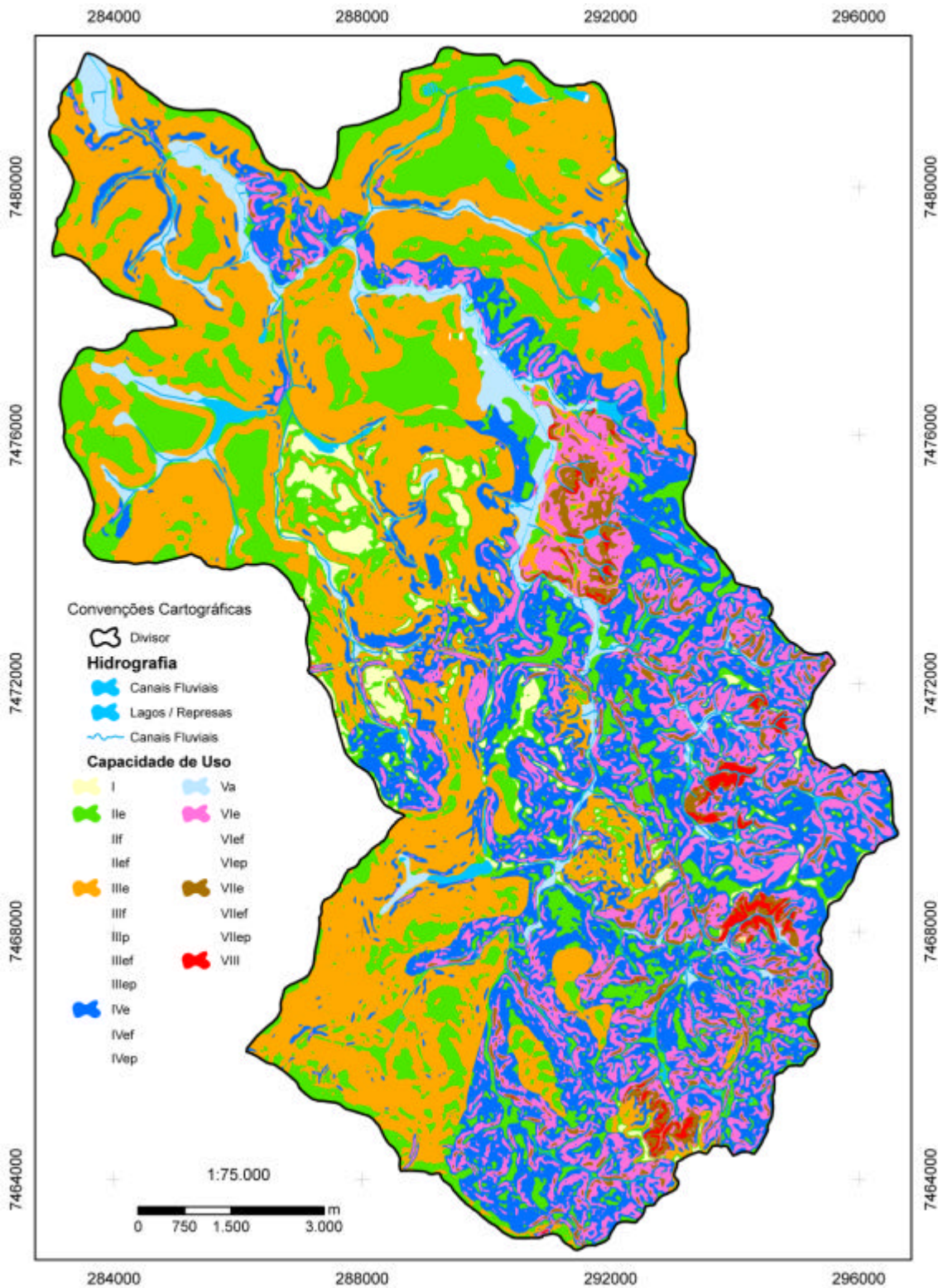


Figura 43. Mapa das classes de capacidade de uso das terras.



3.5. Mapeamento dos fragmentos florestais e sua evolução

Os fragmentos florestais passaram por mudanças, alguns perderam área, enquanto outros sofreram regeneração. Esta dinâmica está representada no mapa abaixo (figura 44) e na tabela abaixo (tabela 12). Nesta última estão os remanescentes e a porcentagem da área atual.

Tabela 12: área dos fragmentos e sua evolução

frag. N°	área 06 (ha)	área 72 (ha)	área 62 (ha)	% área atual	% área 72	% área 62
1	32,5	24,2	21,0	100	74,4	64,5
2	2,8	2,6	2,7	100	94,4	98,7
3	1,1	1,0	1,0	100	89,4	89,4
4	9,3	7,7	5,4	100	82,2	57,7
5	25,9	15,5	26,0	100	59,7	100,3
6	234,2	239,6	389,1	100	102,3	166,1
7	2,4	2,3	2,3	100	99,0	99,0
8	22,9	23,6	22,2	100	103,0	96,9
9	5,2	10,3	10,3	100	198,7	198,7
10	3,6	3,4	2,1	100	94,2	58,3
11	3,0	2,9	2,9	100	97,1	97,1
12	2,2	2,3	2,3	100	106,4	106,4
13	0,9	0,8	0,8	100	89,6	89,6
15	10,3	13,8	7,0	100	134,3	68,4
16	4,5	4,9	0,9	100	110,0	21,1
17	5,1	3,5	3,1	100	68,5	61,0
18	0,6	1,4	0,9	100	254,5	153,5
19	0,5	0,5	1,7	100	100,0	367,4
21	6,3	5,3	5,0	100	84,5	80,6
22	4,3	2,9	2,1	100	66,2	48,0
23	18,1	17,8	18,4	100	98,0	101,5
24	5,5	6,8	7,6	100	123,8	138,6
25	0,8	2,5	2,7	100	324,9	354,0
26	4,0	3,6	3,7	100	90,4	93,1
27	37,4	28,7	0,0	100	76,8	0,0
28	26,7	25,4	27,9	100	95,0	104,3
29	5,0	5,7	5,8	100	114,1	115,3
30	10,8	10,3	10,3	100	95,6	95,6
31	3,3	2,8	2,8	100	86,5	86,5
32	2,1	2,2	2,2	100	104,0	104,0
33	1,7	1,7	1,7	100	100,0	100,0
34	4,2	4,7	6,3	100	113,4	150,1



frag. Nº	área 06 (ha)	área 72 (ha)	área 62 (ha)	% área atual	% área 72	% área 62
35	3,2	0,0	0,0	100	0,0	0,0
36	5,1	14,9	18,7	100	293,5	368,3

Nesta tabela as áreas atuais foram consideradas como 100% e as áreas de 1972 e 1962 em relação a esta. Assim fragmentos destacados em vermelho possuíam áreas maiores nas datas pretéritas que as que possuem atualmente, enquanto os remanescentes em azul passaram por processos de regeneração e, portanto, aumento das suas áreas.

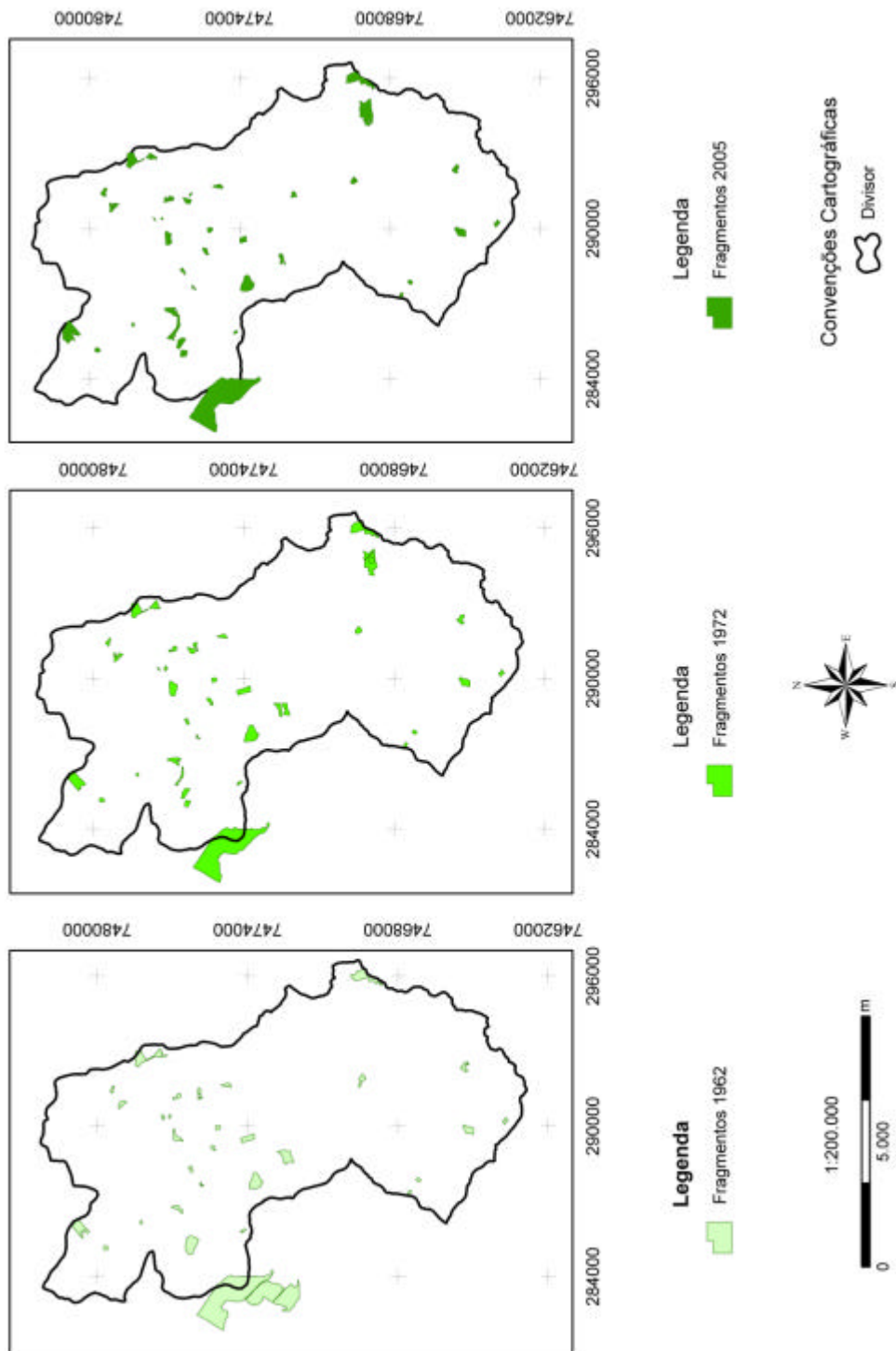


Figura 44. Localização e extensão dos fragmentos de vegetação nativa em 1962, 1972 e atual.

3.6 Morfometria das bacias hidrográficas

A bacia do ribeirão das Anhumas é de 5ª ordem, segundo a classificação adotada, conforme pode ser observado no mapa abaixo.

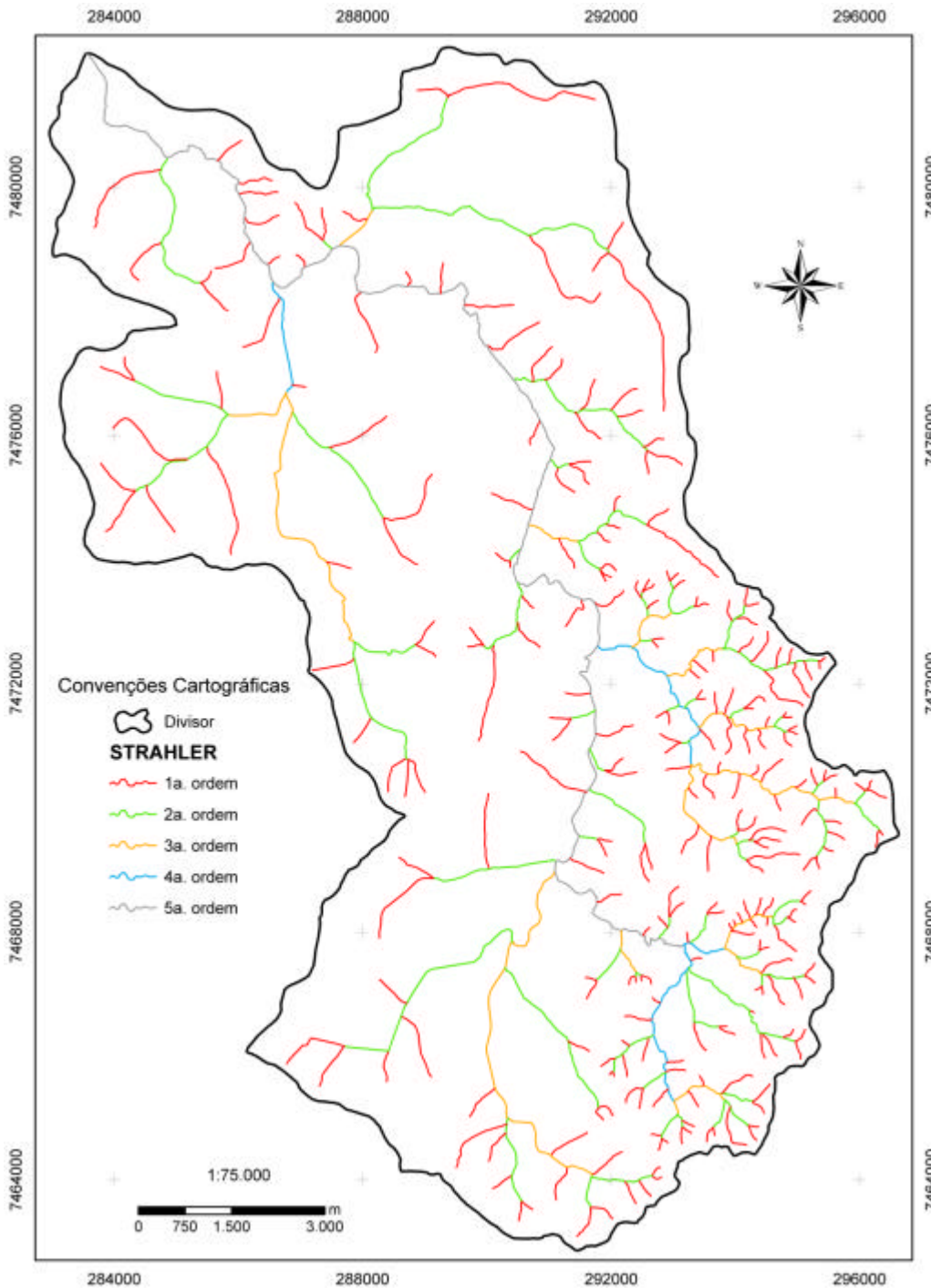


Figura 45. Ordem dos canais segundo STRAHLER (1952).



Os dados morfométricos para a totalidade da bacia estão na tabela 13, segmentados segundo as ordens dos canais. Pode-se observar que poderiam ser identificadas 272 nascentes e canais de primeira ordem na área da bacia de acordo com o modelado, mas esse número atualmente deve ter diminuído em virtude da urbanização e mudanças no regime hidrológico resultantes das atividades antrópicas.

Tabela 13. Dados morfométricos da bacia do ribeirão das Anhumas

Ordem	NC	CM (Km)	PM (Km)	AM (Km ²)
1a.	272	0,45	1,95	0,26
2a.	63	0,96	4,56	1,53
3a.	15	1,81	9,70	5,88
4a.	4	2,21	16,34	13,73
5a.	1	25,59	67,73	150,11

Obs. NC – número de canais, CM – comprimento médio dos canais, PM – perímetro médio das bacias, AM – área média.

A bacia apresenta 243,83 km de extensão da rede hidrográfica. A densidade drenagem é de 1,62 km/km² e a frequência de canais, de 1,81. O coeficiente de manutenção de 615,65 representa a área necessária para a manutenção de um metro de canal fluvial e 310 m para a extensão do percurso superficial é a dimensão média que o escoamento superficial deve percorrer antes de atingir um rio.

Tabela 14. Dados morfométricos das sub-bacias do ribeirão das Anhumas

Bacias	Área (km ²)	CT (km)	Dd	Eps	Cm
Alto Anhumas	23,76	34,17	1,44	0,35	695,48
Mato Dentro	12,68	37,59	2,97	0,17	337,23
Médio Anhumas	23,81	35,39	1,49	0,34	672,86
Nordeste	17,16	16,83	0,98	0,51	1.019,39
Rio das Pedras	42,71	52,45	1,23	0,41	814,28
São Quirino	14,83	45,62	3,08	0,16	325,03
Taquaral	15,17	21,78	1,44	0,35	696,36

Observação: Dd – densidade de drenagem, Eps – extensão do percurso superficial, Cm – coeficiente de manutenção.

Considerando-se a subdivisão em sub-bacias (figura 46) os valores são discriminados abaixo, na tabela 14. As bacias do Mato Dentro e São Quirino, que drenam relevos sustentados por rochas metamórficas e ígneas demonstram maiores valores de densidade de



drenagem e de comprimento de rios em áreas menores. As outras bacias, que drenam terrenos mais permeáveis, de relevo mais suave, ou estão altamente impermeabilizadas (Alto Anhumas) apresentam baixos valores de Dd, grandes áreas e comprimento total de rios médio.

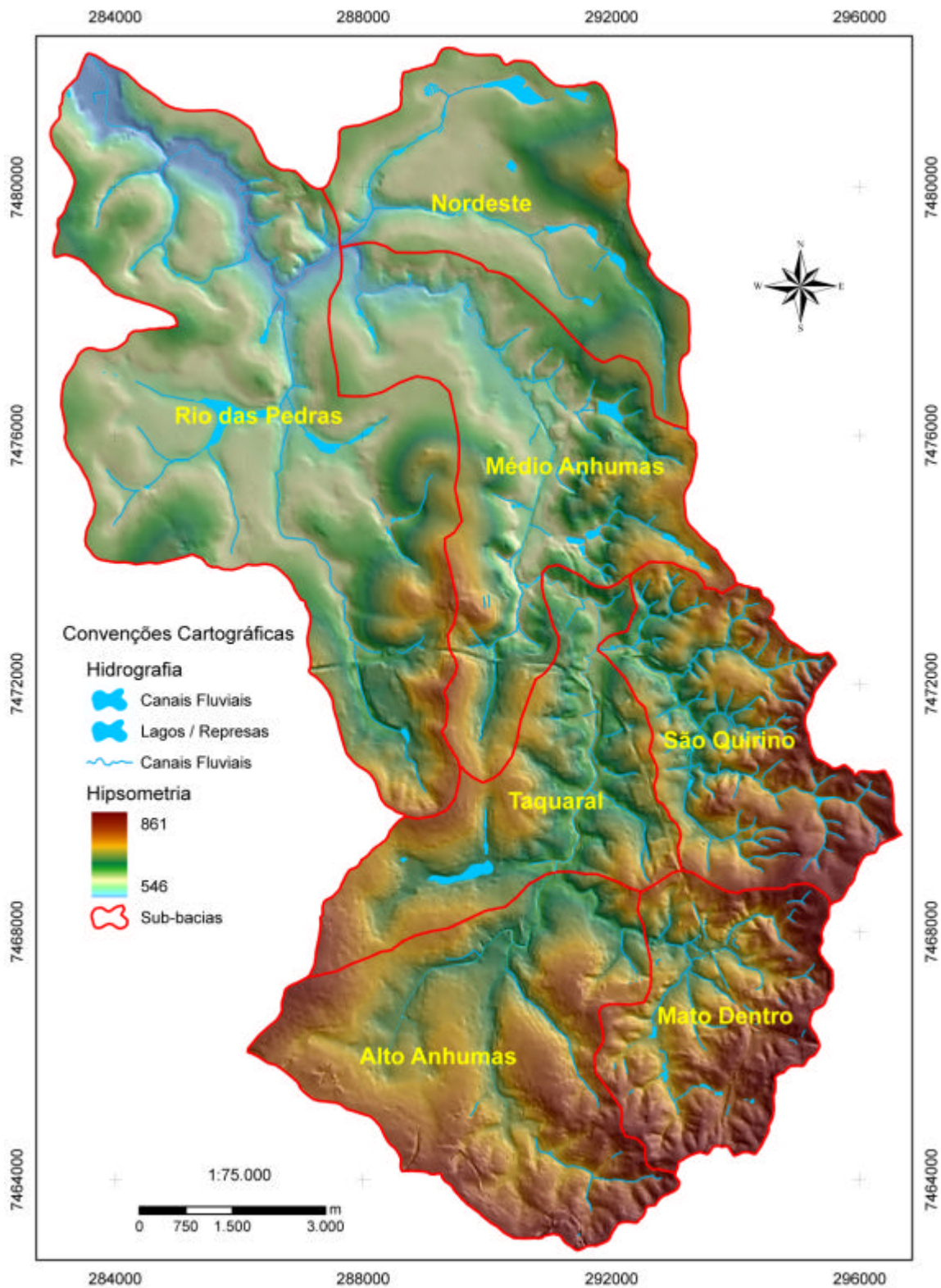


Figura 46. Relevo e sub-bacias do ribeirão das Anhumas

A figura 47 representa uma perspectiva tridimensional da bacia, na qual pode-se perceber as áreas mais altas e dissecadas do leste-sudeste, e os trechos mais suaves no norte-

oeste-nordeste. Em seu médio curso o ribeirão das Anhumas entalha o contato entre as rochas do embasamento e aquelas da bacia sedimentar do Paraná.

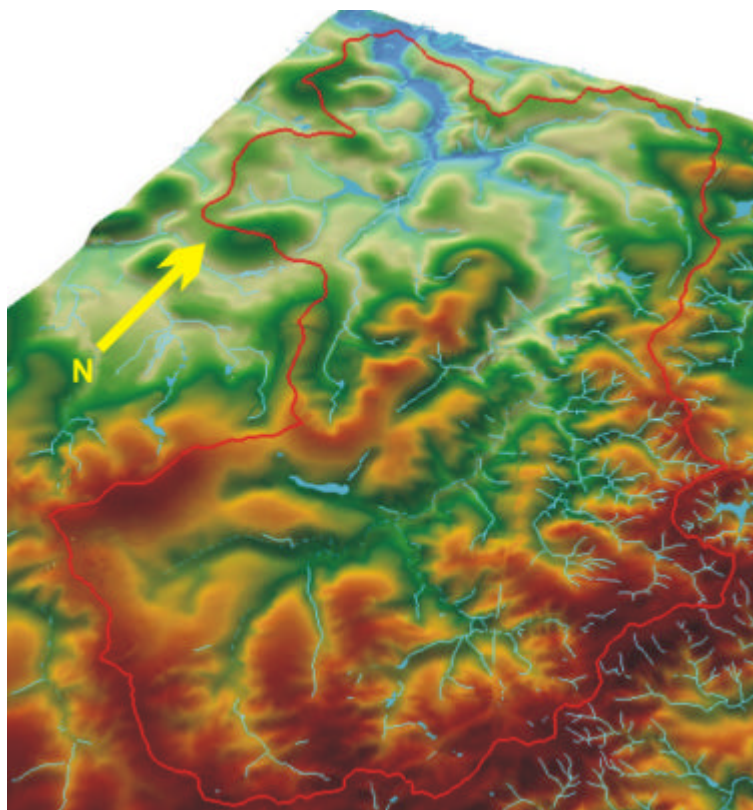


Figura 47. Vista tridimensional da bacia do ribeirão das Anhumas

3.7 Usos nas Áreas de Preservação Permanente (APP)

Em conformidade com o código florestal, procedeu-se ao mapeamento das áreas de preservação permanente. Estas se localizam ao longo dos rios, nas cabeceiras, escarpas e vertentes de grande declividade e topos de morros. Em princípio estas áreas deveriam ser preservadas e apresentar cobertura como vegetação natural. Na figura 48 pode-se observar as áreas de preservação localizadas na bacia.

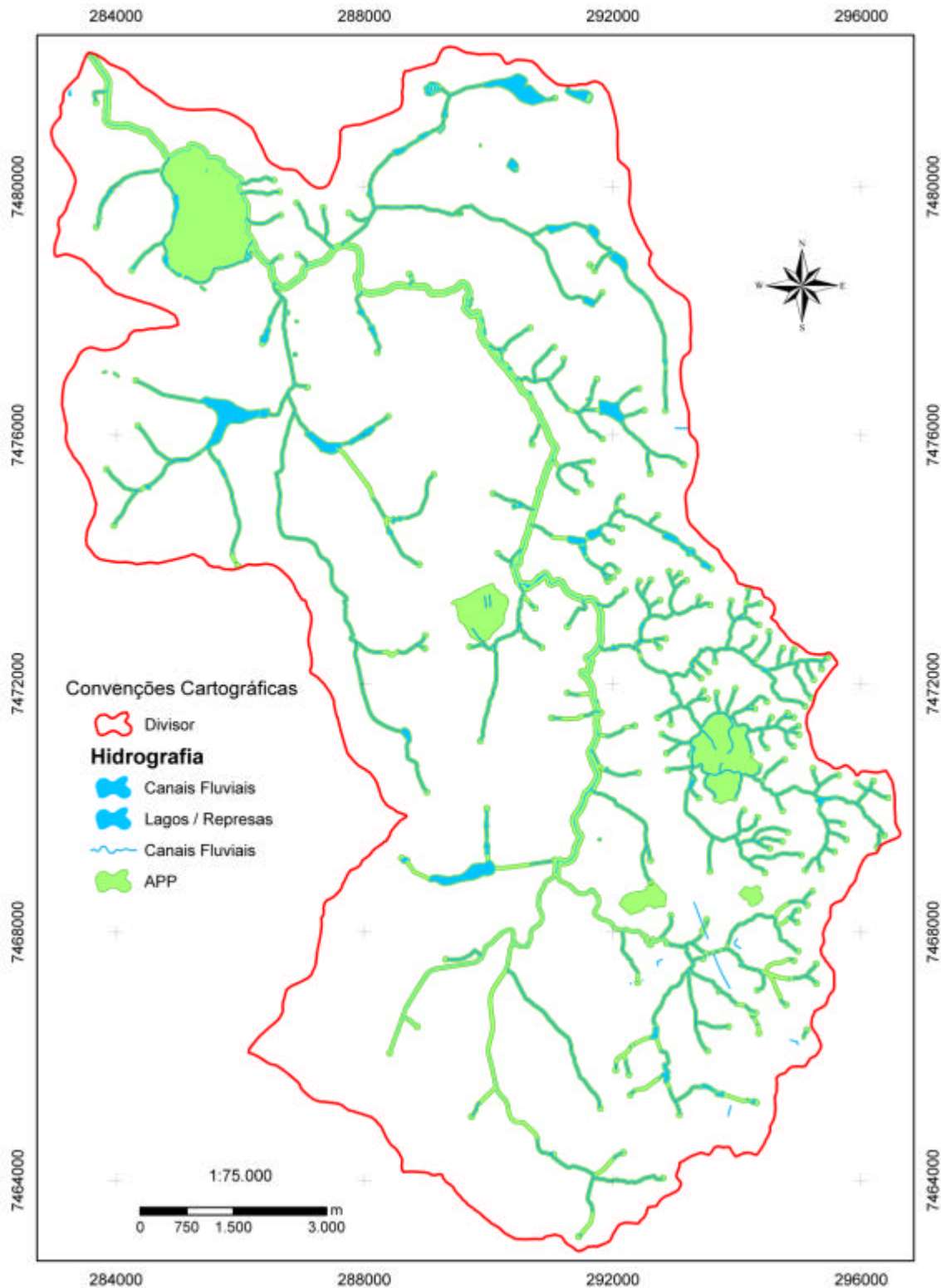


Figura 48. Áreas de APP da bacia do ribeirão das Anhumas

Desse modo quantificaram-se as áreas ocupadas pelos diferentes usos nestas áreas especiais, e como pode ser observado na tabela 15, macega (17%) e pasto sujo (12%) são as



principais ocupações. As áreas ocupadas por matas e várzeas somam um pouco mais de 8%, enquanto as favelas e subhabitações, que são menos de 1% da área total da bacia, atingem cerca de 1,6% da APP. As áreas residências recobrem mais de 8% destas áreas, mas em linhas gerais, são os usos rurais os principais invasores da APP. O mapa com a distribuição dos usos está representado na figura 49.

Tabela 15. Usos nas áreas de APP.

Ocupação	Área (ha)	Área (%)
Macega	298,56	16,51
Pasto Sujo	209,12	11,56
Macega / Capinzal	160,49	8,87
Pasto	158,74	8,78
Lagos / Reservatórios	152,86	8,45
Cultura herbácea	136,99	7,58
Mata	100,30	5,55
Várzea	56,98	3,15
Sistema de transporte	47,92	2,65
Residencial unifamiliar - baixa densidade	47,64	2,63
Residencial unifamiliar - alta densidade	45,83	2,53
Residencial unifamiliar - média densidade	41,41	2,29
Reflorestamento	40,11	2,22
Construções	39,85	2,20
Rios	37,88	2,09
Praças / Áreas de Lazer	34,67	1,92
Capoeira	31,28	1,73
Favela / Subhabitação	28,74	1,59
Solo Exposto	28,21	1,56
Comercial / Industrial	22,61	1,25
Expansão urbana	21,84	1,21
Centros de pesquisa e educação	21,50	1,19
Horticultura	13,46	0,74
Misto residencial / comercial	10,93	0,60
Comercial - parque	10,01	0,55
Cultura arbórea	7,50	0,41
Misto	1,66	0,09
Residencial multifamiliar	1,28	0,07

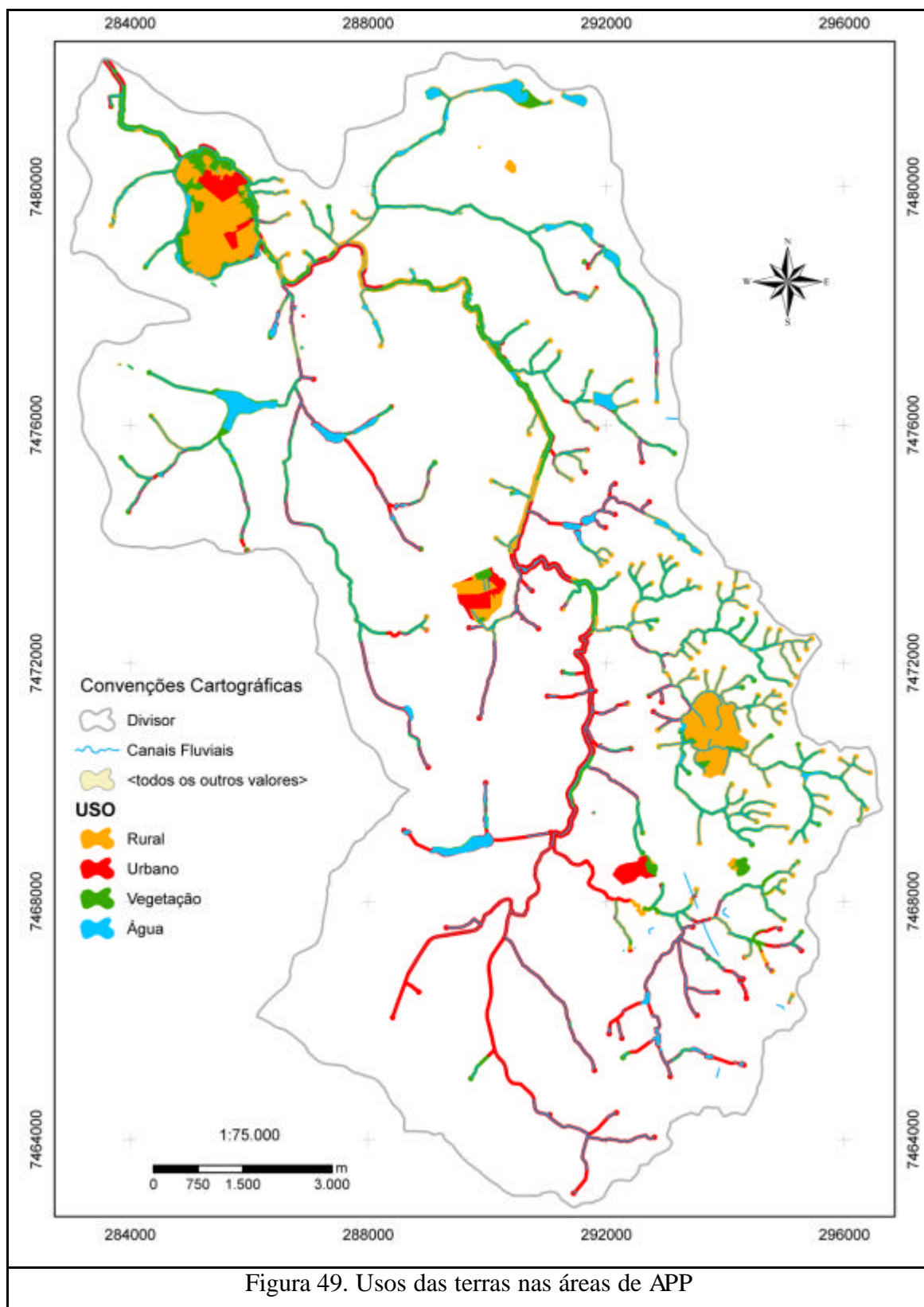


Figura 49. Usos das terras nas áreas de APP



4. Problemas Encontrados

Os principais problemas encontrados nesta etapa do trabalho estiveram ligados à transformação das informações geradas nas fases anteriores do projeto com a antiga base cartográfica para a atual base de dados. Esse esforço demandou a estreita colaboração com outras equipes do projeto, notadamente do grupo riscos, de vegetação e de solos. Alguns dados temáticos teriam contribuído para uma análise mais completa como, por exemplo, um mapa geológico. No estudo da evolução urbana teria sido adequada a consulta a mapas e aerofotos das décadas de 40 ou 50, além de dados censitários para todo o período. Estes últimos poderiam auxiliar na determinação do perfil da população ao longo deste último século.

5. Considerações finais

Os estudos e diagnósticos acima descritos levantam a questão da qualidade de vida, como inserida na qualidade ambiental, da população residente na bacia e mesmo daqueles de alguma forma estão ligados ou dependem deste sistema. O grau de urbanização, associado à perda progressiva de áreas rurais e, de maior relevo, das áreas de remanescentes de vegetação nativa, coloca em foco a necessidade políticas públicas governamentais e, principalmente, da participação da própria comunidade na gestão do seu espaço de trabalho, moradia e lazer.

O incentivo à agricultura sustentável que abasteça as necessidades da grande massa que habita os núcleos urbanos e que possa ser rentável para os proprietários, ou mais rentável que a venda de suas terras para especulação imobiliária, deveria ser o foco das políticas voltadas ao uso rural dos solos da bacia.

6. Referências bibliográficas

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.E. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensing data. *Geological Survey Professional Paper*. n. 964.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1999. *Conservação do solo*. 4^a. ed. São Paulo: Ícone, 355p.



- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 188p.
- CRÓSTA, A.P. 1992. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: IG/Unicamp. 164p.
- ITC 1997. *Ilwis 2.1 for windows: integrated land and water information system, user's guide*. Enschede: ITC, 520p.
- JENSEN, J.R. 1996. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 318p.
- LEPSCH, I.F. (coord.) 1983. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: SBCE, 175p.
- LEVY, M.C.T.C. 1995. *Avaliação da sustentabilidade das terras de Piracicaba por comparação de cenários*. Piracicaba: Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP.
- LOMBARDI NETO, F.; PRUSKI, F.F.; TEIXEIRA, A de F. 2000. *Sistema para o cálculo da erosividade da chuva para o estado de São Paulo*. Viçosa. (CD-rom).
- MITCHELL, J.K.; BUBENZER, G.D. Soil loss estimation *In*: KIRKBY, M.J.; MORGAN, R.P.C. 1980. *Soil erosion*. New York: John Wiley & Sons. p. 17– 62.
- MORGAN, R.P.C. 1995. *Soil erosion & conservation*. 2. ed. Burnt Mill: Longman. 198p.
- MORISAWA, M. Accuracy of determination of stream lengths from topographic maps. *Transactions American Geophysical Union*, Richmond, v. 38, n. 1, p. 86-88, 1957.
- SOKOLONSKI, H.H. (coord.) 1999. *Manual técnico de uso da terra*. Rio de Janeiro: IBGE. 58p. Manuais Técnicos em Geociências
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, Boulder, v. 63, p. 1117-1142, 1952.
- TAVARES, A.C.F. 2001. *Diagnóstico agroambiental para gestão do uso da terra da microbacia do rio Jundiá-Mirim*. Campinas. 92p. Dissertação (Mestrado). IAC.
- VALERIANO, M.M. 1999. *Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da erosão de solos*. Rio Claro. 172p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.



Anexos

Seguem em anexo os seguintes mapas temáticos impressos:

1. Uso e ocupação das terras
2. Solos
3. Capacidade de usos das terras
4. Risco de erosão
5. Ortofotografias
6. Relação usos urbanos /não urbanos (1907 a 2006)
7. Riscos ambientais – solos
8. Riscos ambientais – fatores de vulnerabilidade social
9. Riscos ambientais – resíduos sólidos e contaminações
10. Riscos ambientais – animais e vegetação
11. Riscos ambientais – ar
12. Riscos ambientais –água
13. Hidrografia, hipsografia e sub-bacias
14. Evolução dos fragmentos de vegetação nativa