

GEOPROCESSAMENTO COMO SUBSÍDIO PARA A CRIAÇÃO E GESTÃO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DOS CONTRAFORTES DO FERRABRAZ, BACIA DO RIO DOS SINOS (RS, BRASIL)

Anamaria Stranz [1]



OLAM - Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil – eISSN: 1982-7784
Está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Introdução

O geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar, ou extrair, informações de objetos ou fenômenos geograficamente distintos, quando estes são observados por um sistema sensor (CÂMARA; MEDEIROS, 1998a; 1998; MOREIRA, 2005).

A idéia de criar procedimentos computacionais para análise deste tipo de dados surgiu por duas razões: dinamizar as tarefas manuais realizadas durante a interpretação visual (delimitação de áreas, confecção de mapas, cálculos de área, etc.) e possibilitar, ao analista, introduzir outros tipos de informações, além de proporcionar o cruzamento destas informações com os padrões espectrais contidos nas imagens (MOREIRA, 2005).

Desta forma, o Geoprocessamento tornou-se uma ferramenta viável para otimizar o ritmo de trabalho e diminuir o custo dos mapeamentos, já que o termo engloba toda a ciência ou tecnologia relacionada ao cadastro, levantamento, mapeamento, sensoriamento remoto e sistema de informação georreferenciada (SIG). Utilizando uma abordagem sistêmica, esta ferramenta integra todos os meios empregados na aquisição e gerenciamento de dados espaciais, usados em aplicações científicas, administrativas, legais e técnicas, envolvidas no processo de produção e gerenciamento de informação espacial (CÂMARA; MEDEIROS, 1998a).

Os estudos iniciais que subsidiam a implantação de uma Unidade de Conservação têm como objetivo principal, interpretar o meio em relação à sua composição, estrutura, processo e função, como um todo contínuo no espaço (SANTOS, 2004).

Com base neste objetivo, busca-se compreender o meio de forma global, por intermédio do levantamento de dados ligados a diversas disciplinas numa seqüência que represente a evolução das transformações e a velocidade de

mudança no espaço estudado (SANTOS, 2004), diagnóstico que pode ser obtido através da aplicação de alguns métodos contidos em Geoprocessamento.

Desde sua criação, esta técnica tem sido empregada em diversas áreas, dentre as quais Cartografia, Geografia, Agricultura e Florestal (LOPES; ZANARDI, 2007). Também tem contribuído para estudos de planejamento urbano e rural (LUCHIARI, 2001); microbacias hidrográficas (ASSAD *et al.*, 1998), e implantação de unidades de conservação (BARBOSA *et al.*, 2005; ARAUJO *et al.*, 2007).

Conceitualmente, os mapeamentos são representações, em superfície plana, das porções heterogêneas de um terreno, identificadas e delimitadas. Um mapa permite observar as localizações, as extensões, os padrões de distribuição e as relações entre os componentes distribuídos no espaço, além de representar generalizações e extrapolações. Um mapa, principalmente, deve favorecer a síntese, a objetividade, a clareza da informação e a sistematização dos elementos a serem representados (SANTOS, 2004), pois um mapa não é uma simples representação espacial da informação. Sua produção é o resultado de um processo de construção do conhecimento. Para Martinelli e Pedrotti (2001) a atual profusão de representações cartográficas é um fator social por excelência.

Legislação ambiental e a proteção de paisagens naturais

Os critérios de ocupação do uso da terra estão definidos no Código Florestal (Lei N^o. 4.771, de 15 de setembro de 1965), no qual é prevista a proteção da cobertura florestal em áreas importantes para a conservação do ambiente e para a população como um todo. De acordo com o Código, as seguintes classes de terra devem ter suas coberturas vegetais originais, permanentemente preservadas: áreas com altitude acima de 1.800 metros, encostas com declividade acima de 45^o e áreas de proteção distante até 30 metros da margem dos cursos d'água, e até 50 metros ao redor de nascentes. Além destas normas de utilização da terra, o Código prevê a exploração florestal em encostas com declividade entre 25^o e 45^o, apenas mediante um plano de manejo florestal aprovado pela autoridade competente (SIQUEIRA; VALERIANO, 2001).

Além de impedir a exploração da cobertura florestal e sua substituição por outro tipo de cobertura de terra em áreas inapropriadas para estes usos, o Código Florestal contribui para a contenção da perda de solo e para a proteção dos recursos hídricos e da qualidade da água. A preservação de áreas de captação de bacias hidrográficas, a prevenção de erosão acelerada do solo, em áreas sujeitas a este risco, a manutenção de margens de rios, da qualidade de suas águas e de sua biota, a conservação da diversidade biológica e do valor estético da paisagem são benefícios indiretos da aplicação deste Código (SIQUEIRA; VALERIANO, 2001). Porém, mesmo a iniciativa de criação de Unidades de Conservação para a preservação da diversidade biológica da Mata Atlântica tem sua eficácia ameaçada pela ocupação desordenada dentro de seus limites e, principalmente, nos seus entornos.

Desta forma, sabe-se que um sistema de diagnóstico e monitoramento do estado normativo da cobertura florestal poderá ter utilização imediata pelas entidades responsáveis pela proposição, implantação e gestão da Unidade de Conservação, assim como os demais órgãos competentes pela ordenação do uso e da cobertura da terra, de qualquer instância administrativa. Em vista disto, o presente trabalho objetiva caracterizar o uso da terra e analisar os componentes geomorfológicos, hidrológicos e paisagístico dos municípios de Araricá; Nova Hartz; Sapiranga; Morro Reuter; Santa Maria do Herval; Três Coroas; Igrejinha, e Parobé, localizados na porção inferior da Bacia do Rio dos Sinos (RS), região onde se insere a Área Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Material e Métodos

Para a caracterização do uso da terra, foram utilizadas imagens SPOT 5, sensor HRG (*High Resolution Geometric*), cenas 712-409 de 02/08/02 e 712-410 de 29/03/03 multiespectrais compostas por 4 bandas, três com 10 metros de resolução e uma pancromática com 5 metros de resolução.

A imagem foi retificada utilizando-se 14 Pontos de Controle no Terreno (PCT's), com o uso do receptor GPSMAP 76S e da Folha Planialtimétrica Taquara (SH.22-X-C-IV, MI-2971/1), elaborada a partir de fotografias aéreas de 1978, interpretadas e editadas pelo Ministério do Exército – Diretoria de Serviço Geográfico – Brasil, na escala 1:50.000, com equidistância das isolinhas de 20 metros, orientadas pela projeção Universal Transversa de *Mercator* com *Datum* horizontal Córrego Alegre (Minas Gerais). Empregou-se o polinômio de primeira ordem para correção espacial da imagem.

A imagem foi classificada através do método de Máxima Verossimilhança ICM (MaxVer-ICM) no aplicativo SPRING 4.3.2 (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) criado e administrado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os procedimentos de interpolação para geração de grades regulares foram realizados a partir de amostras e de acordo com a grandeza medida. Para o caso dos mapas de altimetria e declividade, foram utilizadas as funções de ponderação por inverso do quadrado da distância.

Para a geração da grade triangular foi utilizada uma tolerância de isolinhas de 20 metros com distância entre os seus pontos de 400 metros e tolerância de linhas de quebra de 20 metros. A menor aresta considerada foi a de 4 metros e o interpolador matemático utilizado foi o de Delaunay.

A rede hídrica e os aglomerados urbanos foram atualizados através interpretação da imagem de satélite, através da edição vetorial, com fator de digitalização de 0.10 mm.

As áreas rurais foram mapeadas pelo mesmo método, onde cada polígono representa um terreno/residência.

Uma vez desenhada a rede hidrográfica, as bacias componentes da área de estudo foram isoladas pelo delineamento dos divisores de água. Este procedimento foi realizado a partir das curvas de nível, desenhando-se uma linha divisória ortogonal às curvas e em direção aos topos mais elevados (pontos cotados). Através deste método a área de estudo foi dividida em sete subbacias.

O aplicativo ArcMap™ 9.0 foi empregado para a geração das cartas temáticas e análises espaciais.

Área de estudo

A área núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica possui uma área territorial de 32 km² com um perímetro de 62 km. Faz limite com os municípios de Sapiroanga (a leste), Morro Reuter (a noroeste), Santa Maria do Herval (a centro-norte), Nova Hartz (a centro-sul), Araricá (a leste-sul), Igrejinha (a oeste) e Três Coroas (a nordeste). A região mapeada possui 368 km² com um perímetro de 77 km e encontra-se inserida entre as bacias hidrográficas do rio dos Sinos e do rio Caí (29°30'-29°38' S e 50°45'-51°00' W) (Figura 1).

Desenvolvimento

Uso e ocupação da terra é um tema básico para planejamento ambiental em Unidades de Conservação, porque relata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É uma ponte essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante de ligação entre as informações do meio biofísico e socioeconômico (SANTOS, 2004).

Através dos resultados do uso e ocupação da terra, os planejadores buscam avaliar o potencial de uso da área (ou o uso adequado, com práticas adequadas, voltadas à conservação e proteção do recurso) e a ocorrência de inadequações de uso (ou a ocorrência de conflitos envolvendo o uso atual e o uso recomendável). Nesse segundo caso, pode-se também deduzir sobre a sub ou sobre-utilização das terras, indicando o estado de degradação (SANTOS, 2004).

O procedimento para a classificação do uso da terra foi o de identificação das classes (Tabela 1) na imagem de satélite com posterior apoio de campo para reavaliação. Em determinadas categorias houve a inclusão dos dados obtidos pela digitalização da folha planialtimétrica.

Tabela 1. Classes definidas em campo e utilizadas para a geração do mapa de Uso da Terra.

Categoria	Classe	Definição
Área urbanizada	Áreas urbanas	Área urbanizada em processo de expansão organizada
Aglomerado rural	Áreas rurais	Aglomerado rural isolado em processo de expansão
Agropecuária	Atividades agrícolas	Agricultura anual
Hidrografia	Cursos d'água	Rios, arroios, nascentes, canais, lagos, lagoas e açudes.
Solo exposto	Solo exposto	Solo exposto por desmatamento, aterramento e deslizamento natural e induzido.
Vegetação	Floresta Pluvial Atlântica	Floresta com espécies representativas da Mata Atlântica (<i>strictu sensu</i>) e representantes da Floresta do Alto Uruguai
	Floresta Secundária	Floresta Pluvial Atlântica em expansão; áreas vegetacionais em forma de mosaico ou fragmentada nas áreas de agricultura abandonada.
	Reflorestamento	Áreas com plantio de Acácia e <i>Eucaliptus</i> sp.

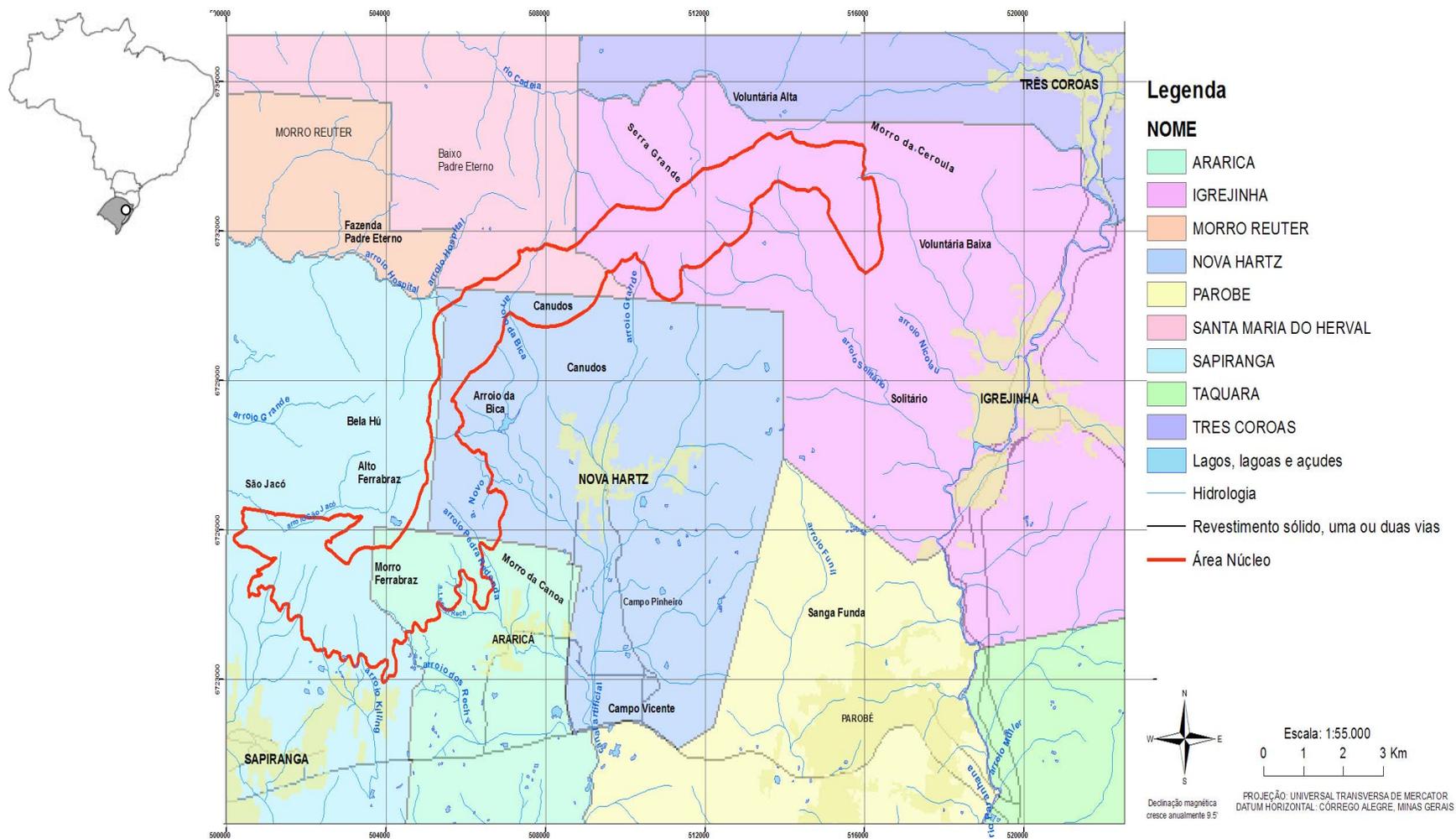


Figura 1. Localização da área de estudo e dos municípios que fazem limite com a Área Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Fonte: STRANZ, A., (2007).

Modelo Numérico do Terreno e suas derivações

Um modelo numérico de terreno (MNT) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado (SPRING, 2006). Este modelo é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço (CÂMARA; MEDEIROS, 1998b).

As etapas de geração de grades regulares e triangulares produzem o Modelo Numérico de Terreno (MNT), do qual derivam as bases temáticas de altimetria e declividade.

A grade regular é uma representação matricial onde cada um dos elementos da matriz está associado a um valor numérico. Para a geração deste tipo de grade, torna-se necessário estimar, através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação, considerando-se, para tanto, as medidas da vizinhança (CÂMARA; MEDEIROS, 1998b).

A grade triangular consiste em uma estrutura do tipo vetorial e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas (x e y) e o atributo z , correspondente ao valor de elevação ou altitude (CÂMARA; MEDEIROS, 1998b).

Analisar uma grade regular ou triangular simplesmente não dá uma idéia do todo, isto é, dos parâmetros que estão sendo modelados, por isso é conveniente transformar a grade em um produto mais aprazível. Desta forma, uma imagem em níveis de cinza foi produzida pela projeção paralela, com determinado valor para o ângulo azimutal e para a direção angular do observador em relação ao Sul (Figura 2). O exagero vertical utilizado foi de 0.3, valor aplicado às cotas do modelo e que determina a escala vertical da apresentação da imagem.

Através das grades regulares e triangulares e da geração da imagem sombreada, foi possível realizar o fatiamento por intervalo de cota, e assim obter os dados de distribuição de cada intervalo altimétrico para a região, resultando em um mapa temático de altimetria.

As cartas de percentagens de declividade têm sido consideradas como documento básico para planejamentos, com múltiplas utilizações também nos estudos de estrutura agrária e de geomorfologia, além de apresentar vantagens para melhor visualizar as declividades das vertentes e melhor realçar as áreas de declividades homogêneas. Este tema permite, ainda, inferir informações como formas da paisagem, erosão, potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação urbana, manejos e práticas conservacionistas.

A declividade da região foi construída a partir do mapa de altimetria da área, com equidistância entre as curvas de nível de 20 metros, através da utilização de uma técnica simplificada, baseada na construção de ábacos, proposta por Biasi (1970).

Os dados geomorfológicos permitem interpretar questões indispensáveis para o planejamento ambiental, tais como a relação entre as configurações superficiais do terreno e a distribuição dos núcleos ou aglomerados humanos e dos usos do solo em função das limitações impostas pelo relevo (SANTOS, 2004).

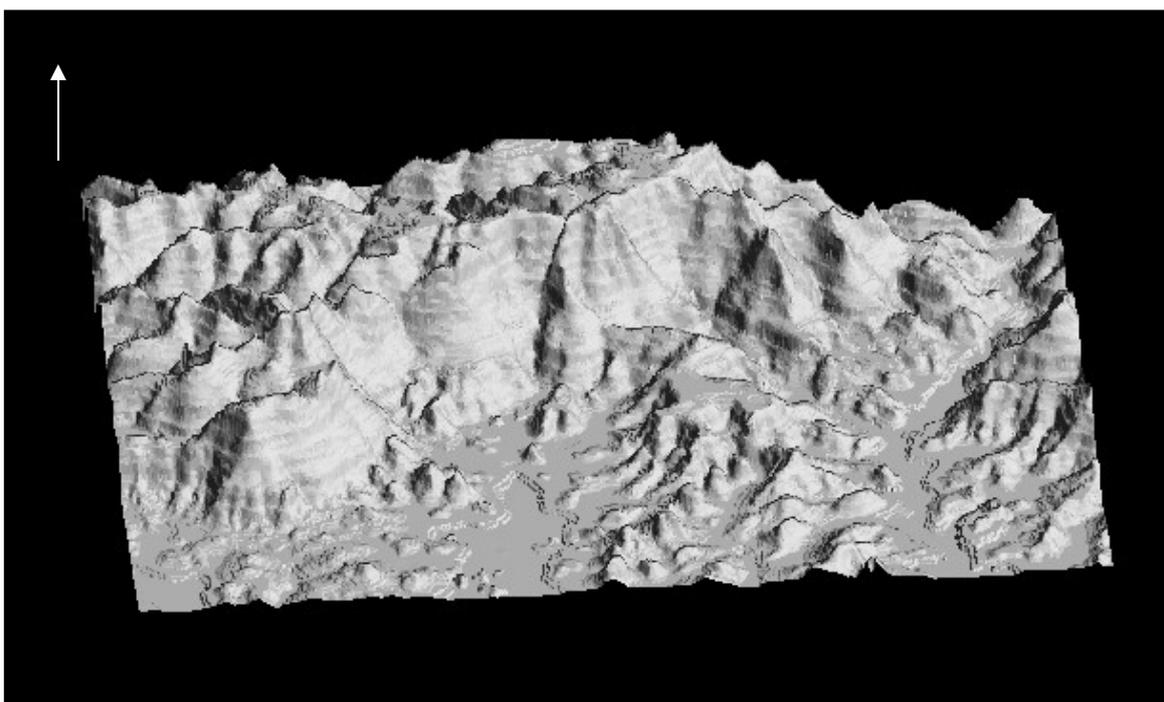


Figura 2. Modelo Numérico do Terreno (MNT) utilizando como plano de textura a imagem sombreada em níveis de cinza (NC) produzida pela grade regular. Exagero vertical de 0.3 e elevação de 25°. Fonte: STRANZ, A. (2007).

A autora comenta que estes dados são a base para a elaboração dos mapas de susceptibilidade a deslizamentos ou movimentos de massa, cujos resultados são importantíssimos para alternativas de minimização de riscos de acidentes. Estudos realizados nos últimos anos demonstram a relação do tipo de relevo e suas relações de fragilidade ambiental, devendo desta forma, ser levado em consideração a favor da proposição da Unidade de Conservação.

Para a área de estudo foram reconhecidas as seguintes classes de relevo:

- **Plano:** superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

- **Suave ondulado:** superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas ate 50m e de 50 a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
- **Ondulado:** superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiro, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
- **Forte Ondulado:** superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
- **Montanhoso:** superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
- **Escarpado:** áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de *cuestas*, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Geologia

Os estudos geológicos apresentam as informações mais remotas sobre a formação, a evolução e a estabilidade terrestre, e auxiliam muito na construção dos cenários passados e atuais. As informações geológicas servem para a análise dos tipos e da dinâmica superficial do terreno. Elas subsidiam as interpretações sobre relevo, origem e evolução das rochas e minerais, e ainda permitem ao pesquisador deduzir permeabilidade do solo, o tipo de vegetação e a disponibilidade de água superficial e subterrânea e de recursos minerais. Acima de tudo, essas informações demonstram a capacidade de suporte das ocupações e ações humanas sobre o meio físico (SANTOS 2004).

Como as mudanças geológicas ocorrem em uma grande escala temporal, os dados geológicos são mais estáveis, ou seja, seus processos dinâmicos são mais contínuos no tempo e espaço, sendo uma informação confiável como unidade espacial.

As informações geológicas foram obtidas através do mapa geológico, escala 1:1.000.000, produzido pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) sucursal Rio Grande do Sul, seguidos de levantamentos em campo para aferição mais detalhada.

Hidrografia e sub-bacias hidrográficas

Uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal e seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes. Seu conceito está associado à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz (SANTOS, 2004). Toda a ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e na sua qualidade.

O diagnóstico ambiental de microbacias hidrográficas, através do uso do sensoriamento remoto e da correlação entre os recursos naturais, possibilita a distinção de áreas aptas à ocupação urbana e rural, daquelas destinadas à preservação e recuperação ambiental, subsidiando a indicação de formas viáveis de exploração racional das terras, capazes de garantir a sustentabilidade, observando a dinâmica ecológica dessa área, onde fatores biofísicos, econômicos e sociais, pelas suas inter-relações, têm influência na estabilidade da unidade como um todo (BARBOSA *et al.*, 2005).

Segundo Brasil (1987), os trabalhos de manejo de solo e de águas, praticados até o momento no país, restringem-se a algumas ações isoladas feitas na propriedade agrícola, desconsiderando o conjunto, ou seja, o aproveitamento integrado dos recursos naturais.

A Bacia do rio dos Sinos e do rio Caí abriga uma das regiões mais urbanizadas e densamente povoadas do Rio Grande do Sul, sendo o vale do Rio dos Sinos a região onde se iniciou a colonização alemã, e palco de uma das mais sistemáticas remoções das florestas, as quais, outrora, abundavam na metade norte do estado. Por localizar-se em uma faixa contígua e estreita entre o litoral e o planalto, e, sendo limítrofe para a dispersão de um grande número de espécies e gêneros tropicais, torna os remanescentes florestais locais em áreas de especial interesse para o detalhamento de padrões e processos ecológicos e fitogeográficos para o estabelecimento de uma Unidade de Conservação (Figura 3).



Figura 3. Remanescentes florestais da Mata Atlântica recortados pelas atividades agrícolas, economia predominante na região. Vista proveniente da localidade de Canudos (NW-SE). Ao fundo, o município de Nova Hartz. Foto: Anamaria Stranz, janeiro de 2007.

Fitofisionomia

Por meio de imagens de sensores remotos, podem ser observados alguns parâmetros descritores da cobertura vegetal que são essenciais para sua compreensão. Mesmo que interpretados de forma subjetiva, auxiliam na indicação do potencial da cobertura vegetal, uma vez que são reputados pela literatura como indicadores da diversidade e estabilidade dos sistemas naturais (SANTOS, 2004).

O mapeamento da vegetação é a forma mais comum encontrada no planejamento ambiental para as tomadas de decisão relativas à conservação de ecossistemas importantes – a distribuição, grau de fragmentação, forma e heterogeneidade espacial dos remanescentes e diversos trabalhos utilizam esta classe em seus mapeamentos (TOLEDO *et al.*, 2007; GUIARD *et al.*, 2007).

Através de excursões a campo e com auxílio do responsável técnico pelo levantamento fitossociológico, foram identificadas as fitofisionomias da região. Estas foram divididas em três classes de Floresta Pluvial Atlântica, levando-se em consideração para sua divisão o intervalo altitudinal. Foram reconhecidas três unidades fitofisionômicas. A Floresta Pluvial Atlântica Submontana distribui-se entre os 30 e 200 metros; a Floresta Pluvial Atlântica baixo-montana com distribuição entre os 200 e 400 metros e a Floresta Pluvial Atlântica médio-montana entre os 400 e 795 metros.

Mapa de distância

Um mapa de distância é um tipo de análise de proximidade que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa (SPRING, 2006).

Estes mapas servem para a realização da análise das áreas do entorno de uma determinada área, no caso do presente trabalho, a Área Núcleo da Reserva da Biosfera.

A atual constatação de que as áreas protegidas, ou a serem protegidas, não podem ser ilhas isoladas leva, conseqüentemente, à conclusão de que estas devem fazer parte de estratégias de manejo em escala maior (MORSELLO, 2001). Assim, a análise do entorno de uma Unidade de Conservação objetiva, principalmente, fornecer subsídios para a criação das zonas de amortecimento e de transição (*buffer zones*).

A zona de amortecimento pode ser definida como a porção adjacente à área protegida, na qual o uso da terra é parcialmente limitado com o objetivo de incorporar uma camada a mais de proteção para a Unidade de Conservação. Conforme salienta a Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, o termo “*zona de amortecimento*” é definido como o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade (VIO, 2001 *apud* MORSELLO, 2001).

Esta zona pode servir a duas funções principais. Em primeiro lugar, pode ampliar a presença na área protegida de certo tipo de hábitat, permitindo, por exemplo, a manutenção de populações maiores do que aquelas possíveis dentro da Unidade de Conservação. Em segundo lugar, pode servir a propósitos sociais, quando os habitats nelas presentes forem de importância secundária. Nesses casos, essa zona pode servir para suprir benefícios econômicos à comunidade residente com o incentivo a atividades que gerem recursos de subsistência ou monetários à população local e que, preferencialmente, contrastem o menos possível com os objetivos da Unidade de Conservação (MCNEELY, 1994 *apud* MORSELLO, 2001).

Embora tenha uma definição simples, o conceito de zona tampão pode variar em múltiplos aspectos: 1) nos requerimentos de tamanho e extensão; 2) nas restrições impostas; 3) na localização interna ou externa à delimitação legal da Unidade; 4) nos tipos de uso do solo permitidos ou incentivados; 5) na presença ou não de assentamentos populacionais em seu interior. Essas diferenças dependerão de contextos específicos das diferentes unidades, mas também de divergência existentes entre diversos autores (MORSELLO, 2001).

A nomenclatura algumas vezes também difere. Para alguns autores, zona de transição é sinônimo de zona tampão ou amortecimento (MACKINNON *et al.*, 1986 *apud* MORSELLO, 2001). Para outros, a zona de transição é um limite exterior contínuo à zona de transição, onde as restrições são ainda menores. Ou seja, a função da zona tampão é exatamente permitir apenas atividades que não se confrontem com a possibilidade de conservação na unidade em si, enquanto na zona de transição, mais externa, deve-se procurar obter cooperação para práticas de manejo adequadas (ORLANDO, 1997 *apud* MORSELLO, 2001).

Essas áreas consideradas zonas de amortecimento pela legislação ambiental atual são enquadradas como zona rural. O uso da zona rural para expansão urbana é uma tendência que ocorre em função do menor custo da terra (VIO, 2001 *apud* MORSELLO, 2001). Portanto, a criação e implantação das zonas de amortecimento e tampão poderão servir de restrição ao avanço, já observado, dentro dos limites da Área Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica nos contrafortes do Morro Ferrabraz.

Resultados e discussão

Os dados provenientes da interpretação da imagem de satélite apresentam como matriz da paisagem a Floresta Pluvial Atlântica, seguida de franca recuperação de áreas anteriormente degradadas, hoje representadas como extensões de Floresta Secundária.

A estimativa de exatidão de mapeamento da imagem classificada foi realizada de acordo com o método de amostragem por nível de aceitação proposto por Ginevan (1979) *apud* Siqueira e Valeriano (2001). O resultado da

análise da matriz de confusão entre as classes observadas na imagem de satélite foi de 43 pontos, erroneamente classificados, dentro de um aceitável de 47 pontos para uma amostra de 393 pontos. Isto significa que os mapas apresentam uma exatidão de mapeamento global superior a 70% com um nível de confiança de 85%. A confusão média ficou em 29% e a abstenção média em 2.91%.

A região mapeada é compreendida pela ampla distribuição da Floresta Pluvial Atlântica (41.25% da área) seguida por atividades agrícolas (19.46% da área) e um aumento significativo da regeneração florestal, através de grandes extensões de Floresta secundária (Figura 4). Os solos expostos, que perfazem 13.83% da área, são observados nas áreas de maior altitude e podem ser provenientes do corte de plantios homogêneos com espécies exóticas ou devido à exposição rochosa.

O cálculo de área para cada categoria é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Cálculo de área para cada uma das categorias mapeadas na interpretação da imagem de satélite SPOT 5.

Classe	Área (km ²)	Área (ha)	% da área total
Floresta Pluvial Atlântica	151.80	1518.05	41.25
Solo Exposto	50.92	509.22	13.83
Atividades Agrícolas	71.62	716.28	19.46
Aglomerados urbanos	16.21	162.13	4.40
Floresta secundária	72.52	752.23	19.70
Reflorestamento	3.48	348.77	0.94
Não-classificado	1.45	145.00	0.39
Total	368.00	3680.00	100.00

Fonte: STRANZ, A. (2007).

Mesmo com o alto índice de ocorrência de Floresta Pluvial Atlântica, a paisagem é caracterizada como uma grande “colcha de retalhos”, com fragmentos de diversos tamanhos. Esta classe tem sua ocorrência contínua apenas nas áreas montanhosas a escarpadas e com declividades superiores a 45%. Em locais com declividade entre 0-29%, a Floresta Pluvial Atlântica apresenta uma distribuição espacial dos seus fragmentos de forma aleatória com um grau de isolamento de nível médio.

As atividades agrícolas ocorrem em praticamente toda a região, sendo que os fragmentos possuem uma distribuição espacial agrupada, principalmente nas regiões próximas aos aglomerados urbanos e distritos rurais (por exemplo: São Jacó, Fazenda Padre Eterno, Voluntária Baixa e Solitário).

Os aglomerados urbanos (Tabela 3) estão espacialmente distribuídos de forma agrupada, sendo que a expansão dos municípios de Nova Hartz e Araricá segue em direção noroeste, invadindo os limites da Área Núcleo.

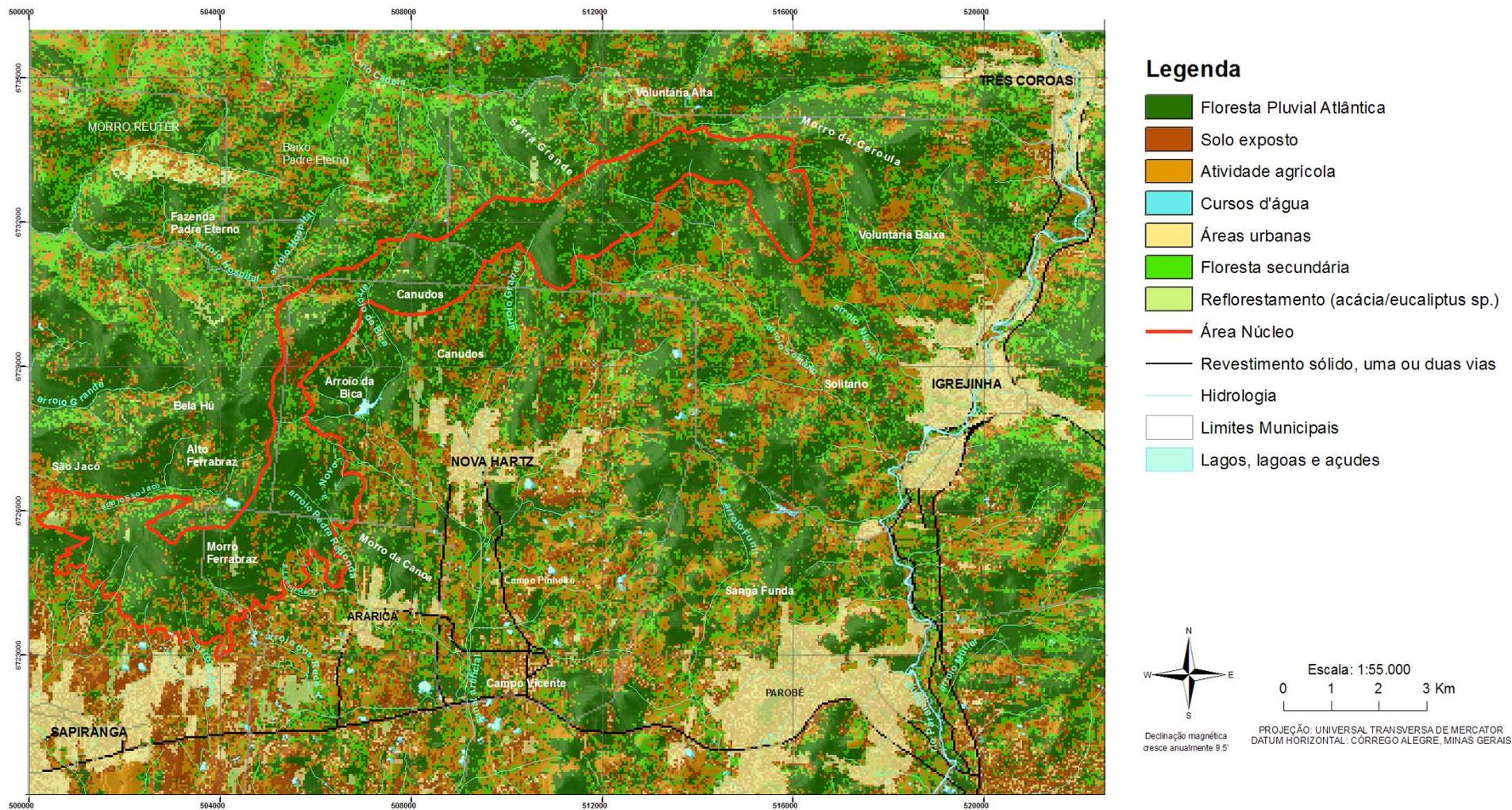


Figura 4. Mapa temático gerado a partir da classificação da imagem SPOT 5. Fonte STRANZ, A. (2007).

Tabela 3. Quantificação das áreas dos aglomerados urbanos.

Município	Área (km ²)	Perímetro (km)	% da Área
Araricá	1.05	17.57	0.28
Igrejinha	3.38	29.58	0.91
Nova Hartz	2.62	30.54	0.71
Parobé	9.45	60.59	2.56
Sapiranga	5.20	41.93	1.41
Três Coroas	2.99	31.26	0.81

Fonte: STRANZ, A. (2007).

O município de Sapiranga tem seu aglomerado urbano em franca expansão na direção norte do limite da Área Núcleo, devido, principalmente, ao acesso rodoviário proporcionado pela Linha Ferrabraz, no qual há maior incidência de áreas rurais.

Estas áreas penetram nos limites da Área Núcleo pela mesma linha rodoviária e se estabelecem nas baixas altitudes. Estes estabelecimentos se devem, provavelmente, ao relevo plano a suavemente ondulado ocorrente nesta região.

Entre as áreas rurais, a localidade de São Jacó, no município de Sapiranga, e o arroio da Bica, em Nova Hartz, merecem atenção especial por apresentarem uma penetração abundante na Área Núcleo.

No município de Igrejinha, a localidade de Voluntária Baixa, encontra-se inserida dentro dos limites da Área Núcleo, merecendo estudos quanto ao tipo e forma de manejo realizado na área, a fim de evitar conflitos futuros.

A Floresta Secundária tem sua distribuição espacial de forma aleatória à noroeste e a sul da Área Núcleo, onde o grau de isolamento dos seus fragmentos é considerado de nível alto, passando para um nível médio a norte e nordeste da área.

Os fragmentos identificados como “reflorestamento” (*Acácia/Eucaliptus* sp.) estão distribuídos espacialmente de forma aleatória e isolados. Sua maior distribuição está nas áreas montanhosas. Na região de Morro Reuter e à noroeste da Serra Grande, foram mapeadas grandes extensões de plantio homogêneo. A sudoeste da Área Núcleo, próximo ao município de Nova Hartz esta forma de uso da terra é bastante freqüente, com fragmentos grandes e isolados.

A Área Núcleo possui 69.28% de sua área total como Floresta Pluvial Atlântica, sendo sua ocorrência mais contínua na área central (entre Canudos e Serra Grande) seguida pela Floresta secundária, estendendo-se do centro para a borda do seu limite e a sudoeste do distrito de Voluntária Alta.

A região compreendida entre a Linha Ferrabraz e o distrito de Alto Ferrabraz, contém grandes extensões de Floresta Pluvial Atlântica, principalmente na direção Leste-Oeste. Porém, estes fragmentos fazem contato com fragmentos

isolados de reflorestamento e atividades agrícolas ao sul, principalmente nos limites dos aglomerados urbanos de Sapiiranga e Araricá.

O distrito de São Jacó (a sudoeste), a área urbana de Sapiiranga e Araricá, a noroeste, assim como ao norte da localidade de Canudos e a noroeste do arroio da Bica, em Nova Hartz, penetram nos limites da Área Núcleo, com fragmentos contínuos de solo exposto e atividades agrícolas.

A análise dos dados de altimetria demonstrou que a topografia da região é caracterizada por um relevo acidentado com altitudes variando dos 20 aos 780 metros, com dissecação forte a extremamente forte (Figura 5), representado na paisagem por planícies e pequenas elevações.

Das classes de porcentagem de declividade (0-29%; 30-35%; 35-45%; 45-65%; 65-90%; e 90-120%) a região é compreendida por uma variação entre áreas planas a montanhosas (0 a 60%).

O cruzamento dos dados de intervalos de declividade com os de altitudes apresentou os seguintes resultados:

- A região possui a maior ocorrência de declividade no intervalo de 0-35%. Estas se distribuem entre todas as cotas topográficas, sendo sua maior incidência, entre as altitudes de 20 a 160 metros, caracterizando para a região uma topografia que varia de planícies a terrenos suavemente ondulados nas cotas mais baixas, e a presença de morros com declives acentuados de acordo com o aumento da altitude;
- As declividades com intervalo de 30-45% ocorrem entre as altitudes de 80 a 180 metros e de 440 a 700 metros, sendo estas sujeitas a movimentos de massa, queda de blocos ou escorregamentos planares;
- As declividades com intervalo entre 45-60% possuem sua maior distribuição (2.56% da área) entre as altitudes de 620-640 metros;
- Declividades superiores a 60% começam a ocorrer a partir dos 160 metros de altitude, tendo seu maior índice no intervalo entre 180-200 metros. Seus valores nas demais altitudes são muito baixos, porém, indica que a região possui áreas escarpadas (média de 0.01 km²).

Através da análise dos dados quantitativos das classes geomorfológicas, a região possui áreas de relevo fortemente ondulado (30% da área). Apesar de pouco ocorrente, a presença de escarpas demonstra a importância da preservação destes locais, devido, principalmente, a possíveis movimentos de massa e mudanças climáticas locais, conforme salientado por Santos (2004).

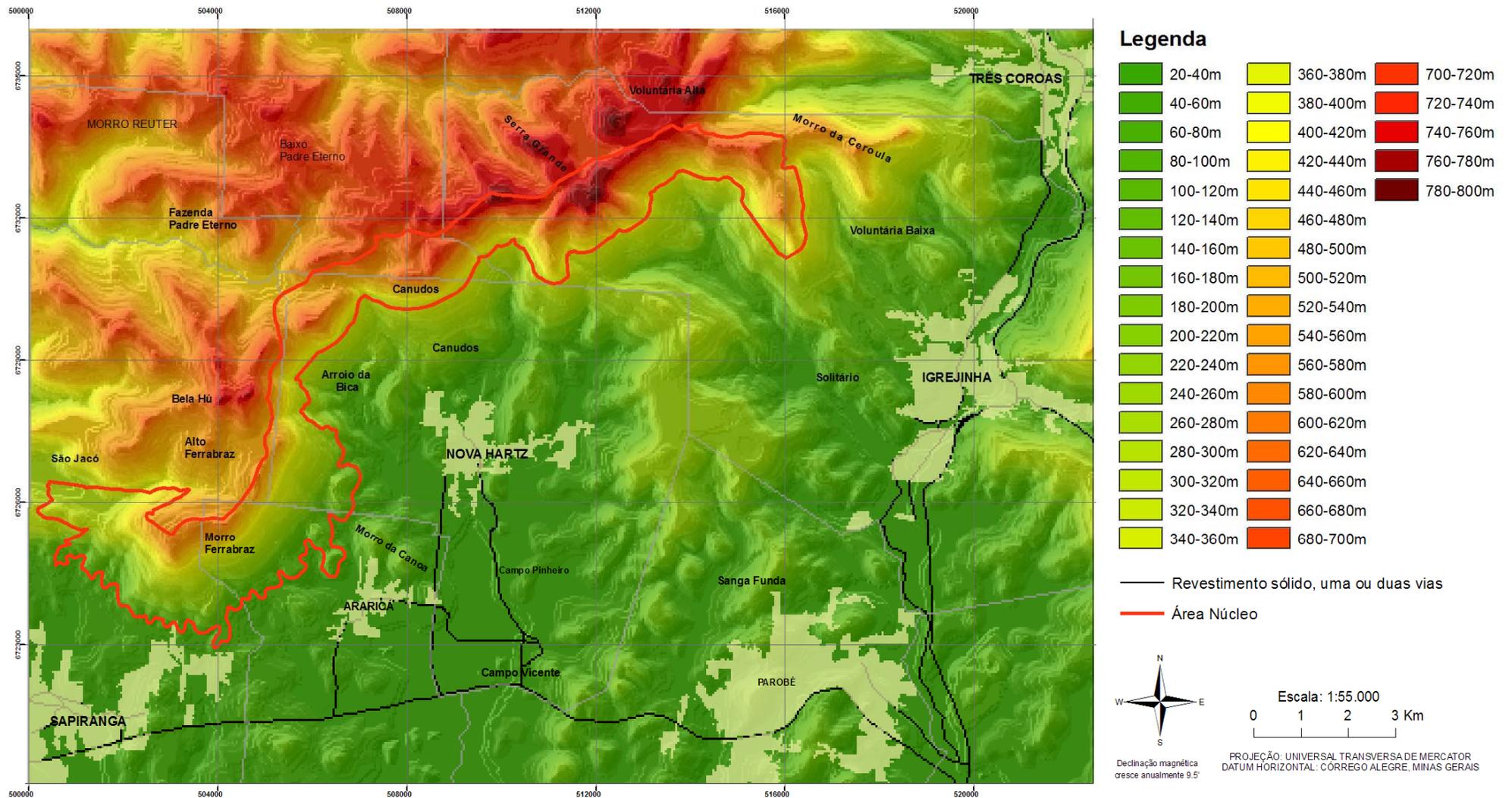


Figura 5. Mapa temático com a divisão das classes altimétricas da região. Fonte: STRANZ, A. (2007).

Dentro dos limites da Área Núcleo, a topografia varia de fortemente ondulada a montanhosa, com pequenas áreas escarpadas (3.56% da área), principalmente no distrito de Canudos, pertencente ao município de Nova Hartz e na Linha Ferrabraz, à norte do município de Sapiranga (Figura 6). Por todas estas características e dentro do que estabelece o Código Florestal Brasileiro, a região constitui-se em uma área de risco, e sua preservação é de suma importância, principalmente, quando o objetivo é evitar escorregamentos durante grandes períodos de chuvas. Além disso, uma variação de relevo tão acentuada, como a apresentada na região, normalmente favorece a existência de alta diversidade e possíveis endemismos da fauna e flora local.

Geologicamente, a área é constituída pelas formações Botucatu (Eo-Cretáceo), Serra Geral (127-132 Ma) e por coberturas aluviais quaternárias localizadas nas planícies de inundação das principais drenagens.

A Formação Botucatu, de origem eólica, é constituída por arenitos quartzosos bem selecionados, de granulometria fina a média, com estratificações cruzadas em cunha ou tangenciais de grande porte (HEINE *et al.* 2005).

A Formação Serra Geral, constituída por efusivas básicas e intercalações eventuais de arenitos eólicos de pequena espessura, recobre os arenitos Botucatu. Esta Formação está dividida em duas Fácies: Caxias (rocha vulcânica ácida - riodacitos) e Gramado (rocha vulcânica básica - basalto), sendo a Fácies Caxias com maior exposição na região.

Os sedimentos quaternários são constituídos por areais, argilas e cascalhos e preenchem o fundo dos vales.

Devido ao tipo rochoso da região, nas áreas mais elevadas (basalto e riodacitos), ocorrem diversas nascentes nestes locais, as quais podem estar associadas às fraturas e ao contato entre derrames da Formação Serra Geral, o que possibilita a percolação de água por estas estruturas. Estas áreas são caracterizadas, ainda, como locais de recarga de aquíferos subterrâneos e superficiais.

Os principais cursos d'água da região são o rio Cadeia, no município de Santa Maria do Herval; o rio Paranhana, que corre na direção norte-sul, passando pelos municípios de Três Coroas, Igrejinha e Parobé; ainda em Igrejinha, o arroio Solitário, que deságua no rio Paranhana; o arroio Hospital, no município de Morro Reuter; e o arroio da Bica e arroio Grande, que abastecem o município de Nova Hartz e a localidade de Canudos (Figura 6).

Dentro dos limites da Área Núcleo, foram mapeadas 21 nascentes, entre estas: arroio Solitário, arroio Grande, arroio da Bica e arroio Bambu, importantes fontes de água para os municípios da região, salientando ainda mais a importância de sua preservação.

As sete sub-bacias mapeadas e identificadas tiveram sua configuração analisada, onde todas apresentaram uma drenagem de textura média e de padrão dendrítico. Este tipo de padrão tem o arranjo das suas drenagens semelhantes à distribuição dos galhos de uma árvore e ocorre quando a rocha dos substratos é homogênea (RICCOMINI *et al.*, 2000).

Os ramos formados pelas correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno e ao se unirem, formam ângulos agudos de graduações variadas, mas nunca chegando ao ângulo reto (SANTOS, 2004).

Todas as sete sub-bacias ocorrem, em maior ou menor área, dentro dos limites da Área Núcleo, pois os contrafortes do Ferrabraz consistem em um divisor de água.

O cruzamento dos dados provenientes da divisão em três classes de Floresta Pluvial Atlântica com as de classes de relevo identificou que:

- A Floresta Pluvial Atlântica submontana têm sua ocorrência significativa a partir de áreas com relevo ondulado (14.30% da área) a fortemente ondulado;
- A Floresta Pluvial Atlântica baixo-montana têm sua faixa de ocorrência nas áreas com relevo fortemente ondulado (6.05% da área);
- A Floresta Pluvial Atlântica médio-montana tem sua maior distribuição em áreas com relevo fortemente ondulado a montanhoso;
- Somente a Floresta Pluvial Atlântica submontana e médio-montana ocorrem em áreas com relevo escarpado, perfazendo juntas, 2.79% da área total.

O cruzamento das informações das classes fitofisionômicas com as classes de declividade demonstrou que entre o intervalo de 0-29% de declividade, há uma grande incidência de todas as classes fitofisionômicas, porém, no intervalo acima (30-35%), a Floresta Pluvial Atlântica médio-montana tem uma distribuição mais ampla (5.80% da área).

O cruzamento de todos os dados (relevo, declividade e uso e ocupação da terra) demonstrou que:

- A Floresta Pluvial Atlântica médio-montana é a que se encontra mais preservada na região (59.57% da área);
- A Floresta Pluvial Atlântica submontana é a segunda classe com maior representatividade na área, perfazendo 56.78%;

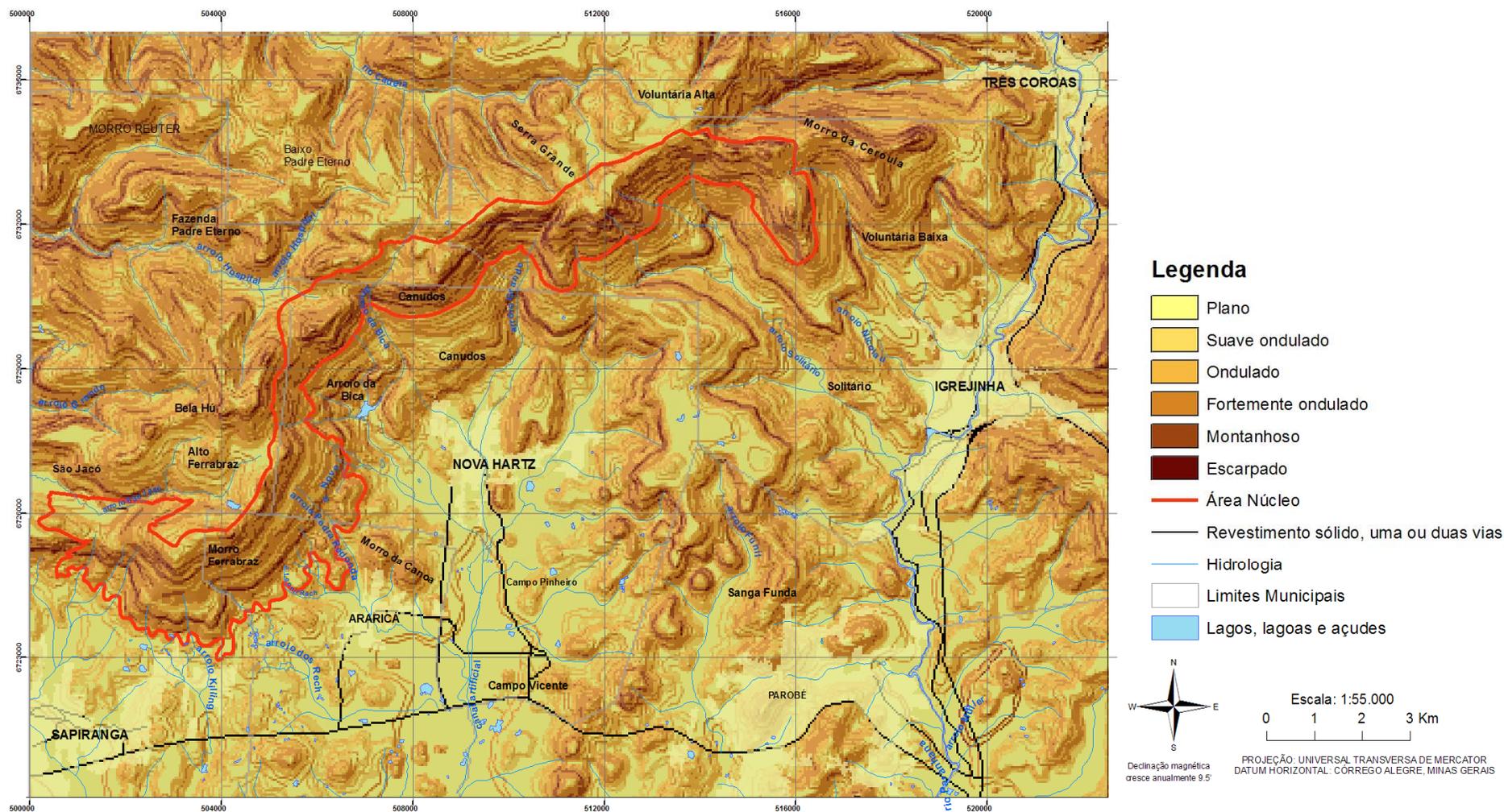


Figura 6. Mapa temático das classes de relevo e a rede de drenagem da área de estudo. Fonte: STRANZ, A. (2007).

- A Floresta Pluvial Atlântica submontana, apesar da significativa ocorrência como floresta primitiva, possui parte de sua área convertida em solo exposto (33.53 km²). Ao analisar este dado, pressupõe-se que devido ao relevo ondulado e às baixas declividades (0-29%), esta classe fitofisionômica sofreu maior penetração e ocupação humana, pois, 3.51% da área atualmente são ocupados por aglomerados urbanos;
- A Floresta Pluvial Atlântica médio-montana possui 25.85 km² de florestas secundárias;
- Os reflorestamento homogêneos com o uso de espécies exóticas (*Acacia* sp. e *Eucalyptus* sp.) ocorrem em áreas de distribuição da Floresta Pluvial submontana e médio-montana.

Estes índices se devem as características do relevo onde ambas se distribuem. A classe médio-montana ocorre em áreas onduladas, e a classe submontana, tem sua distribuição em relevos fortemente ondulados. Esta característica possibilitou que estas florestas fossem preservadas, pois são consideradas áreas de difícil acesso, além de impróprias para o uso agrícola ou a ocupação humana.

Ao se analisar os resultados do mapa de distância, observa-se que, independente da distância da Área Núcleo, as faixas são compreendidas, fundamentalmente, por Floresta Pluvial Atlântica e Floresta Secundária.

As atividades agrícolas estão associadas a áreas de solo exposto e ocorrem, predominantemente na faixa entre 0-100 metros.

As classes de reflorestamento e aglomerados urbanos ocorrem em número reduzido no entorno da Área Núcleo. Mesmo com este baixo índice, é importante salientar que o principal problema que determina a necessidade das zonas de amortecimento refere-se à contenção do efeito de borda, promovido pela interferência antrópica no sistema natural de proteção integral (VIO, 2001 *apud* MORSELLO, 2001).

Conclusão

Os resultados aqui apresentados demonstram o potencial paisagístico, geológico, geomorfológico e fitofisionômico da região onde se insere a Área Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica nos contrafortes do Morro Ferrabraz. Além disso, subsidia e incentiva a proposição de uma Unidade de Conservação para a região.

A Área Núcleo apresenta 69% da sua área física compreendida pela Floresta Pluvial Atlântica. Porém alguns usos inadequados já são observados, tais como grandes parcelas de reflorestamento e o avanço das áreas agrícolas,

principalmente ao norte do município de Sapiranga e a noroeste do município de Nova Hartz.

As atividades agrícolas implicam em uma fragmentação da paisagem que é apresentada em faixas verticais das áreas montanhosas, o que poderá acarretar em erosão, deslizamento e movimento de blocos rochosos, evidenciado pelos dados de declividade. Neste mesmo contexto, a diferença abrupta do relevo, demonstrada pela variação de cotas de 20 a 780 metros, favorece possíveis variações climáticas, faunísticas e florísticas.

O grande número de vias de acesso que cobrem a região, sendo que algumas atravessam a Área Núcleo (Linha Ferrabraz, Serra Grande e Alto Ferrabraz) podem ser responsáveis pela redução das florestas, ao mesmo tempo em que dispersam espécies exóticas, já que os reflorestamentos encontram-se próximos a estes acessos. Além disso, estradas podem significar uma barreira para a fauna e, também, estimular mudanças nas atividades humanas (indução de habitação, agricultura, desenvolvimento comercial ou industrial), por facilitar o acesso e escoamento de bens e mercadorias.

A conservação e preservação da Área Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica torna-se relevante ao se analisarem os índices de declividade ocorrente na região, que podem causar movimentos de massa, desmoronamento de encosta ou escorregamento de blocos. Não havendo o estabelecimento de regras quanto ao uso e manejo da terra, o uso indiscriminado neste tipo de relevo poderá causar sério risco para as comunidades urbanas localizadas nas áreas planas da região.

Uma das ações mais importantes, e que corroboram o estudo para a implantação de uma Unidade de Conservação para a região, é a reestruturação dos fragmentos florestais através de técnicas de restauração ecológica. Com estas técnicas, será possível transformar a atual fragmentação florestal em corredores ecológicos para a fauna e flora, principalmente devido às características geomorfológicas da região (de áreas planas a escarpadas), e pela diferença altitudinal, que pode chegar à ordem de 400 metros.

Por fim, a criação e manutenção de zonas de amortecimento são absolutamente necessárias em virtude das crescentes pressões que a zona rural vem sofrendo na busca pela localização das indústrias, atividades de serviços, centros de lazer e recreação, além da implantação de loteamentos, chácaras de recreação, todos dispostos desorganizadamente, sem qualquer diretriz e no local de interesse exclusivo de cada empreendedor.

Referências

ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MEIRELLES, M.L.; MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E.

(Org.) **Sistema de informação geográfica**: aplicações na agricultura. Brasília: EMBRAPA-SPI. 1998. p.119-137.

BARBOSA, J.A.; MARTINS, I.C. de M.; MARTINS, A.E.; BRITO, T.G. de. O sensoriamento remoto na proposição de plano de uso em unidades de conservação: estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, 2005, **Anais...**Goiânia: INPE, 2005. p. 811-818.

BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 21, p.8-13, 1970.

BRASIL. Lei Federal No 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal Brasileiro). **Diário Oficial da União** de 16 de set. 1965, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa nacional de microbacias hidrográficas**: manual operativo. Brasília. 1987.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. (Org.) **Sistema de informação geográfica**: aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa-SPI. 1998a. p. 3-11.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Mapas e suas representações computacionais. . In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. (Org.) **Sistema de informação geográfica**: aplicações na agricultura.. Brasília: Embrapa-SPI. 1998b. p. 13-29.

GUISARD, D.M.P.; KUPLICH, T.M.; MORELLI, A.F. Análise da cobertura florestal do município de São José dos Campos entre 1973 e 2004 utilizando sensoriamento remoto e ecologia da paisagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII, 2007, **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1691-1698.

HEINE, C.A.; COELHO, O.G.W.; FACCINI, U.; SILVA, M.C. de A.; ESMERIS, C. Monitoramento da depleção e detecção dos limites de exploração do Sistema Aquífero Guarani em Ivoti (RS): uma aplicação de geoprocessamento no gerenciamento municipal do uso sustentável de recursos hídricos subterrâneos. **GAEA**, São Leopoldo, V. 1 n. 1, p. 24-33. jan-jun. 2005.

LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, 2001, p. 47-58.

MARTINELLI, M., PEDROTTI, F. A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, p. 39-46. 2005.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 2005.

MORSELLO, C. **Áreas protegidas públicas: seleção e manejo.** São Paulo: Annablume: FAPESP, 2001.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P.C.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W. *et al.* (Org.) **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 191-214.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SIQUEIRA, A.D.; VALERIANO, D.M. Metodologia de análise de dados cartográficos e de sensoriamento remoto para o diagnóstico do estado de preservação da cobertura vegetal em áreas montanhosas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XI, 2001, **Anais...** Foz de Iguaçu: INPE, p. 837-847.

SPRING. **Sistema de processamento de informações georeferenciadas.** Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. São José dos Campos: INPE. Tutorial. 2006.

STRANZ, A. **Geoprocessamento da área núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica dos contrafortes do Morro Ferrabraz.** (Relatório Técnico). Projeto PDA-MA192. Sapiranga, 2007.

TOLEDO, J.M.A.; EPIPHANIO, J.C.N. Comportamento de índices de vegetação a partir de três sensores orbitais: estudo de caso no município de São Borja (RS). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII, 2007, **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 741-748.

Agradecimentos

A autora agradece a Dra. Nelsa Cardoso pela revisão gramatical e sugestões pertinentes. A Organização não-governamental Araçá-piranga, pela iniciativa e oportunidade do presente estudo. Ao Ministério do Meio Ambiente e ao Programa de Desenvolvimento Ambiental (PDA, Gtz e kfw) pelo apoio financeiro.

Informações sobre a autora:

[1] Anamaria Stranz – <http://lattes.cnpq.br/8618629603979866>
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas (PPGEM); Laboratório de Modelagem Ambiental (MODELAGE), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Contato: anamaria.stranz@gmail.com