

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CLASSES QUALIFICADAS DE COBERTURA DOS REMANESCENTES FLORESTAIS ATLÂNTICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO DERIVADAS DE IMAGENS ORBITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO.

Aluno: Agni Hévea dos Santos
Orientador: Luis Felipe Guanaes Rego

Introdução

A Mata Atlântica, principal formação florestal do Sudeste brasileiro, subsiste no município do Rio de Janeiro em remanescentes situados em maciços litorâneos (Tijuca, Pedra Branca e Mendanha). Além de definir a paisagem do município do Rio de Janeiro representa destacado papel no que se refere aos serviços ambientais prestados à vida da própria cidade. O quadro de ocupação desordenada de suas encostas, os incêndios florestais e a deposição de poluentes contribuem para uma situação de degradação do ecossistema florestal, gerando instabilidade de encostas e a degradação da paisagem, com a gradual perda de seus melhores atributos ecológicos e paisagísticos.

O avanço desenfreado da urbanização tem deflagrado um caótico quadro urbano permeado pela ocupação desordenada das encostas, incêndios florestais e desflorestamento (derivados das práticas agrícolas ou da cultura de soltar balões) e pela deposição de poluentes e resíduos urbanos (Coelho Neto, 1995). O somatório destes problemas contribui para uma situação de degradação do ecossistema florestal gerando instabilidade de encostas, assoreamento e eutrofização das bacias hidrográficas e a degradação da paisagem, com crescentes conseqüências negativas tanto à sustentabilidade ambiental quanto à perda dos atrativos turísticos.

Consolidada como uma das mais ricas florestas do mundo em termos de diversidade biológica, com elevados índices de endemismo (30% das espécies arbóreas, 150 tipos de pássaros e 50 tipos de pequenos animais, entre outros). Este bioma vem subsistindo através de isolados e desconectados fragmentos residuais de florestal tropical (*land-cover*), bem como, por meio de sua dinâmica de transformação temporal (*land-cover change*), o que confere a formação florestal um caráter sistêmico-dinâmico representada por um mosaico sócio-cultural proveniente dos subseqüentes usos antrópicos diretos ou indiretos, ativos ou inativos, locais ou globais, etc.

Tendo em vista a carência em estudos científicos que discorram sobre a dinâmica dos biomas brasileiros e, em especial, da Floresta da Mata Atlântica que se consolida como um dos biomas mais ameaçados do mundo, torna-se fundamental a evidenciação de projetos científicos ordenados e sistemáticos que avalie a eficiência do processo de classificação de imagens orbitais de alta resolução em termos de acurácia e detalhamento de classes qualitativas de cobertura. Proporcionando assim, um singular conhecimento acerca dos atributos econômicos, ambientais e paisagístico irracionalmente perdidos e remanescentes da intervenção antrópica.

Para se extrair informações a partir de imagens orbitais existem dois métodos básicos: o primeiro, mais difundido e com maior amplitude e acurácia, é denominado Interpretação Visual, onde são identificados por um interprete na imagem padrões de cor, textura, estrutura, forma, além de informações auxiliares de cunho espacial. Esses padrões definem as

características das classes de cobertura que, então, são digitalizadas diretamente sobre a imagem em meio digital (Avery & Berlin, 1985). O segundo método, denominado classificação automática, se fundamenta em algoritmos que matematicamente definem padrões que caracterizam classes de cobertura na imagem.

A interpretação visual utiliza várias técnicas de filtragem ou de valorização de feições que facilitam o trabalho de classificação de imagens, bem como busca integrar diferentes tipos de informações de cunho geográfico existentes, fundamentando decisões de classificação desenvolvidas pelo intérprete. Os métodos utilizados e a estratégia adotada para se chegar a um determinado conjunto de classes são muito subjetivos, algo que se aproxima da arte e independente da forte base tecnológica que envolve as ferramentas de sensoriamento remoto (Patterson, K & Jensen J. R., 1998). Estas técnicas alcançam os melhores resultados em termos de precisão e acurácia, mas, por outro lado, o processo de classificação é bastante lento exigindo que cada pedaço da imagem seja analisado individualmente o que pode demandar muito tempo e custos elevados em função do tamanho da área a ser classificada (Mas, J.F & Ramirez I., 1996).

Os sistemas de classificação automática de imagens orbitais utilizam a “inteligência” do software e se baseiam na informação espectral contida no pixel para se executar o processo de classificação. A classificação automática é muito eficiente quando se objetiva trabalhar com grandes áreas e se necessita de resultados em pouco tempo e com custos relativamente baixos.

A classificação automática baseada no pixel, desenvolvida nos anos 70 e utilizada até hoje, trabalha com padrões definidos a partir de “amostras” (conjunto de pixels que representam determinada classe), que são avaliados através de parâmetros matemáticos como variância e covariância, gerando uma assinatura espectral da classe que se pretende classificar. O software, comparando os valores de todos os pixels da imagem com os valores da assinatura espectral, classifica o pixel como pertencente ou não a uma classe de acordo com um conjunto de algoritmos disponíveis como, por exemplo, os algoritmos: Máxima Verossimilhança e Mínima Distância (Lillesend M.; Kiefer W. R. 1998). A classificação automática baseada no pixel alcança ótimos resultados a partir de imagens com média resolução espacial como as imagens Landsat.

Trabalhos vêm demonstrando o potencial de novos sistemas de classificação de imagens de alta resolução a partir de processos que segmentam a imagem em objetos, simplificando a complexidade inerente deste tipo de imagem (Richards, J. A. & Jia, X. 1998). O ambiente de classificação baseado em objetos permite a extração de várias informações, como, por exemplo, relações topológicas entre objetos, além das referentes à reflectância do pixel. Estes objetos ampliam as opções de classificação disponíveis, facilitando a criação de descrições de classes que utilizam a lógica presente no espaço e geram classificações automáticas de classes complexas com elevado nível de acurácia (Rego, Luiz. 2003)

Como citadas anteriormente as técnicas de classificação de imagens orbitais que apresentam os melhores resultados em termos de acurácia e detalhamento de classe são as técnicas de interpretação visual desenvolvidas por um intérprete. Esses procedimentos somam as informações de cunho espectral a informações variadas como altimetria, solos, classificações de cobertura anteriores, entre outras. Este conjunto de informações de apoio pode fundamentar o desenvolvimento de uma base de conhecimento que procurará modelar em um ambiente computacional o conhecimento e o raciocínio do foto-intérprete e emular sua capacidade de combinar dados de diferentes fontes e diferentes formatos na avaliação de imagens de sensores remotos. Esta base de conhecimento, integrada às técnicas de classificação baseadas em objetos, permitirá melhorar os resultados alcançados e aproximar a classificação automática aos resultados alcançados com as técnicas de interpretação visual de imagens.

Objetivos

Este projeto busca, alicerçado na utilização de tecnologias espaciais para conhecimento da realidade do espaço geográfico (Geoprocessamento) e na classificação de tipos de cobertura de solo, formular uma sólida metodologia de classificação de imagens de alta resolução, além de mensurar e qualificar os padrões de cobertura representados por polígonos, onde o foto-intérprete alcança melhores resultados quanto à acurácia e precisão das classes, bem como sua verossimilhança e espacialização dos fenômenos naturais (Gonçalves, 2005). Dessa forma, aufere-se e delimita-se o impacto de técnicas baseadas em conhecimento sobre a produtividade do processo de fotointerpretação de imagens de alta resolução espacial da Mata Atlântica para o mapeamento de desflorestamento.

Metodologia

Área de Estudo

A área de estudos do presente trabalho é o Maciço da Pedra Branca, zona oeste do município do Rio de Janeiro, localizado na vertente sul do Maciço da Pedra Branca, RJ, situado acima da cota de 100 m de altitude, entre as coordenadas 22º 53' e 23º latitude sul, 43º 23' e 43º 32' longitude oeste. Consolida-se como uma Floresta Ombrófila Densa submontana de caráter secundário decorrente de sucessivos usos pretérito por populações tradicionais que interferiram na configuração do mosaico de cobertura de solo, acima da cota de 100 m de altitude, entre as coordenadas 22º 53' e 23º latitude sul, 43º 23' e 43º 32' longitude oeste.

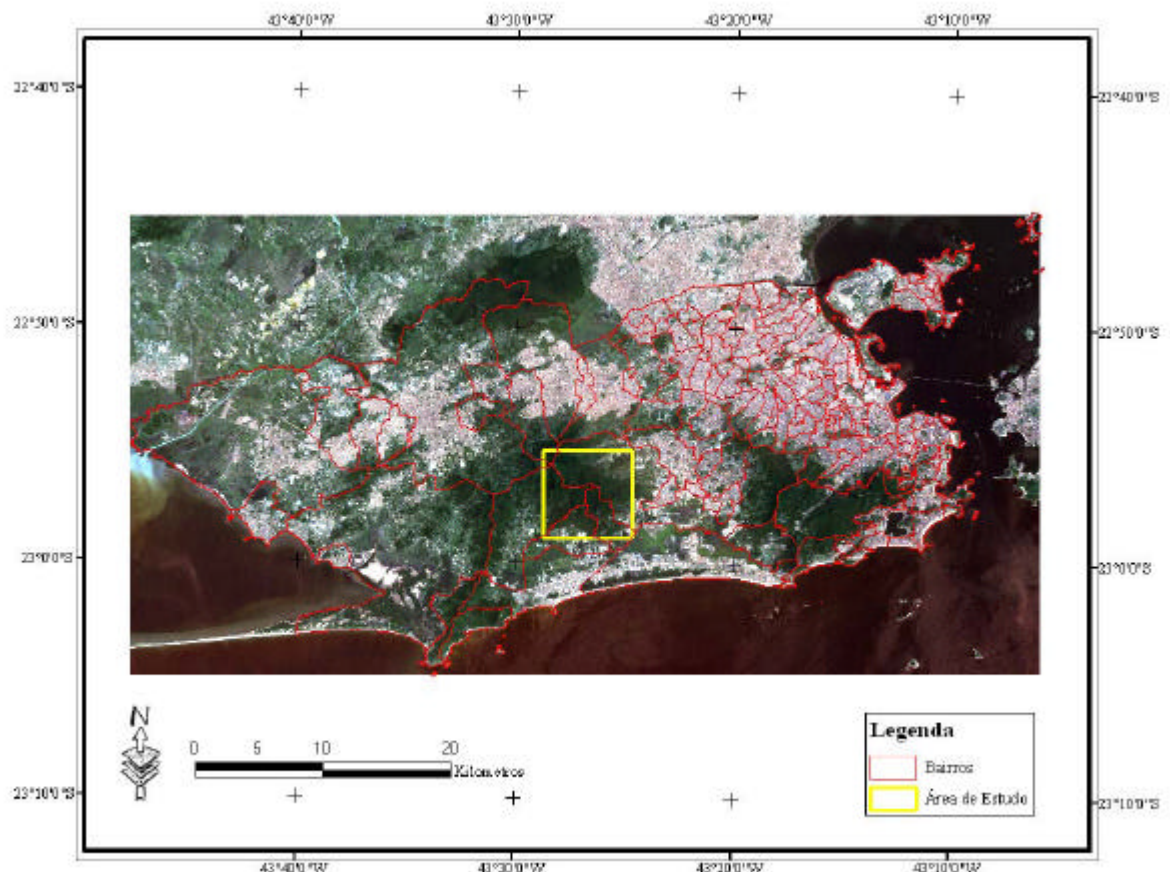


Figura 1: A figura mostra a área de estudo dentro do Parque Estadual da Pedra Branca. Imagem Lansat 7, composição colorida (RGB 123).

Efetiva-se como uma Floresta Ombrófila Densa sub-montana (IBGE), de caráter secundário decorrente do uso pretérito para a fabricação de carvão vegetal na década de 1950. Este ambiente florestal, influenciado constantemente pelo meio urbano, possui uma diferenciação espacial compatível com as especificidades do relevo: as formas côncavas que baseiam o fundo de vale são responsáveis pelo domínio dos processos deposicionais que convergem os fluxos de água e sedimentos às regiões mais baixas (elúvio), enquanto as formas convexas do divisor de drenagem respondem pela dispersão dos fluxos delegando as partes altas do relevo (colúvio), hegemonia dos processos erosivos. A temperatura média anual da região é alta (22°C), possuindo variação no verão entre 30°, 32°C a 40°C absolutos no verão e invernos de, aproximadamente, 18°C. A pluviosidade varia de 1500 a 2500 mm, com os períodos mais chuvosos no verão e os mais secos no inverno. A variação microclimática é resultante da proximidade do mar, além da influência de núcleos urbanos em direção às encostas e do abusivo processo de desmatamento.

Histórico de Utilização

As florestas secundárias são produtos das alterações das florestas pela intervenção antrópica pretérita ou atual, seja afetada direta ou indiretamente. A destruição das formações primárias tem criado uma paisagem característica, na qual as matas mais bem preservadas se apresentam como verdadeiras ilhas em um mar de vegetação secundária, em diferentes estágios sucessionais (Uhl, 1987). Os 600 milhões de hectares atuais de florestas secundárias existentes nos trópicos favorecem a idéia de que estamos vivendo em plena "era da vegetação secundária" (Gómez-Pompa & Vásquez-Yanes, 1974).

A gama de fragmentos de formação secundária se constituem a partir dos usos anteriores da floresta (principalmente o consumo de recursos florestais no período colonial e a agricultura de subsistência) na região do piemonte foram responsáveis pelo declínio e transformação da sua área. Além da extração de lenha, as duas áreas de estudos também foram utilizadas para fabricação de carvão, pois foram encontrados vestígios da presença de balões de carvão (locais onde eram erguidos os fornos para queima da lenha). Dada à amplitude de tempo e intensidade de ocupação, muito possivelmente a maior parte destas florestas tenha tido mais de um uso, pelo menos a partir do período colonial.

Vegetação

As características da vegetação, atreladas ao estágio sucessional, são testemunhos do quão intenso e influente constitui-se a intervenção antrópica pretérita, bem como, a dinâmica convencional.

Conforme estudos de Solorzano e Oliveira (2005), foi encontrado, em um fragmento de fundo de vale do Parque Estadual do Pedra Branca, um total de 41 espécies distribuídas entre 35 gêneros e 22 famílias, representando uma diversidade média de 1,64 espécies/100 m² e 92 espécies pertencendo a 60 gêneros e 33 famílias, atingindo uma diversidade média de 3,7 espécies/100 m² em um fragmento do divisor de drenagem do mesmo parque. Sendo os dois fragmentos portando a mesma idade (cerca de 50 anos) e um mesmo histórico de devastação.

Observa-se a correlação entre a biodiversidade da vegetação característica de cada situação topográfica (fundo de vale e divisor de drenagem) e as características vegetacionais. Evidencia-se dessa forma, a influência da atividade econômica pretérita quanto à configuração do fragmento residual ao processo de uso do solo.

Imagens utilizadas

Imagens de sensores remotos de alta resolução obtidas em junho de 1999 e março de 2001 foram utilizadas, de uma área de aproximadamente 13 Km². Essa área cobre uma grande parcela do Parque Estadual da Pedra Branca e também a sua vizinhança, composta de áreas urbanas e industriais. Os dados selecionados compreendem uma imagem IKONOS do ano de 2001 do sensor multiespectral, ou seja, com quatro bandas espectrais: vermelho, azul, verde e infravermelho. Essas imagens têm resolução espacial de 4m.

Com a análise das imagens, foram geradas classes gerais e que foram se especificando conforme a necessidade do trabalho. São elas: campo alagado, rocha, água, campo, urbano, floresta urbana, floresta, sombra e campo urbano. Constadas na chave de classificação descrita abaixo:

CHAVE DE CLASSIFICAÇÃO

Campo alagado

- Cor:
 - INFRA VERMELHO : quase preto, pode confundir com água porém depende da vizinhança.
 - REAL: marrom escuro
- Área plana de baixada (declividade 0), sujeito a inundações
- Apresenta vegetação que se adapta a alto nível de umidade
 - área próxima ao mar
 - área de manguezal ou próxima a ele

• **Rocha**

- Cor:
 - INFRA VERMELHO: Cinza escuro quase azulado em alguns casos
 - Textura rugosa
 - REAL: cinza, confunde bastante com solo exposto;
- Declividade alta na maioria dos casos;
- Pode apresentar vegetação rupícola (plantas que vivem sobre rochas e que se adaptam a regiões com pouca água e camadas muito fina de solo existente sobre as mesmas).

• **Água**

- Cor:
 - INFRA: preto
 - REAL: preto, esverdeada escuro, varia muito conforme os graus de resíduos. Na água limpa a luz tem maior penetração, enquanto que na água com alto nível de poluição a luz não chega com profundidade e a reflectância nesse caso é baixa, resultando numa cor azul, cinza ou violeta. Em piscinas, por exemplo, pode ser azul bem claro.
- TEXTURA : uniforme sem rugosidade, lisa a não ser quando tem vegetação sob a água, pode ser confundida com a poluição.

• **Sombra**

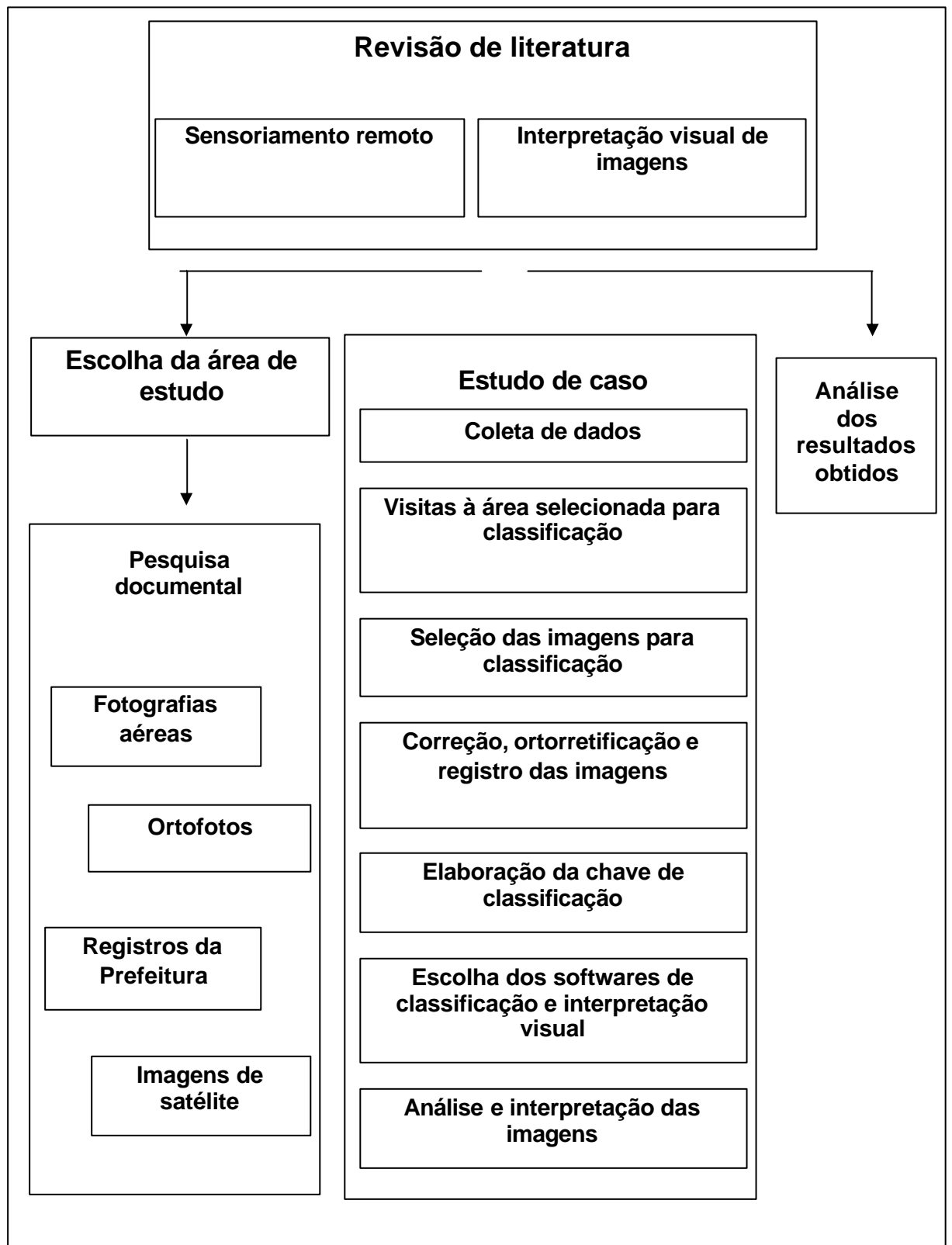
- Cor:
 - Sempre preta (bem escura) em qualquer banda
- Pode confundir com água, quando se trata de sombra de árvore.
- Textura uniforme como a água
- **Floresta**
 - Cor:
 - REAL: verde forte denso
 - INFRA: vermelho forte denso, às vezes brilhante
 - Textura lisa e homogênea.
- **Floresta urbana**
 - Cor:
 - REAL: verde
 - INFRA: vermelho forte e denso
 - Textura: rugosa
 - Contexto:
 - Estar no meio de áreas urbanas, ladeando ruas e formando parques urbanos e praças.
 - Geralmente aparecem enfileiradas formando uma reta horizontal ou vertical, aglomeradas quando fazem parte de parque urbano.
 - Incluem:
 - Árvores que beiram ruas (bem altas)
 - Parques (bem denso em alguns casos)
 - Formato dos objetos:
 - Bordas bem definidas e retas devido a área urbana (ruas)
 - Nos parques, aparecem num aglomerado mais denso, como se fosse uma floresta ombrófila densa, porém têm o seu entorno limitado e circundado por área urbana consolidada.
- **Urbano**
 - Cor:
 - Bem distinta
 - INFRA: cinza/branco
 - REAL: aparece bem claro (branco) e às vezes alaranjado no caso de construções (muito parecido com solo exposto—distingue pela forma do objeto e pela sombra)

- Formato dos objetos;
 - Forma mais reta, retangular;
- As ruas ajudam a definição das áreas;
- Vizinhança
- Floresta com área descampada com formato bem definido (linear) com objeto com forma e cor de edificação. Às vezes as construções estão esparsas, com estradas de terra, sem pavimentação.
- **Campo urbano:**
 - Cor:
 - INFRAVERMELHO: tom do branco para quase azul
 - REAL: cor branca (areia)
 - Inclui toda área de campo, localizados na área urbana. Seu entorno é caracterizado por construções (edificações) e ruas pavimentadas e não pavimentadas. As áreas em torno de pedreira, também foram classificadas como campo urbano, por estas se localizarem em área urbana.
- **Campo**
 - Cor:
 - INFRA: Tom cinza com pequenas manchas vermelhas (vegetação)
 - REAL: tons meio róseos;
 - Confunde com rocha quando se trata de campo com solo exposto;
 - Cinza mais claro que a rocha;
 - Informação de textura.

A metodologia de pesquisa utilizada foi estudo de caso sendo utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para interpretação visual de imagens orbitais de alta resolução. De acordo com Feranec (1999) a obtenção de informações geográficas oriundas da classificação de imagens de satélite, embora represente estimativas subjetivas, é essencial representação e interpretação do espaço natural. Rego (2003), afirma que: “pesquisa de campo é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles”.

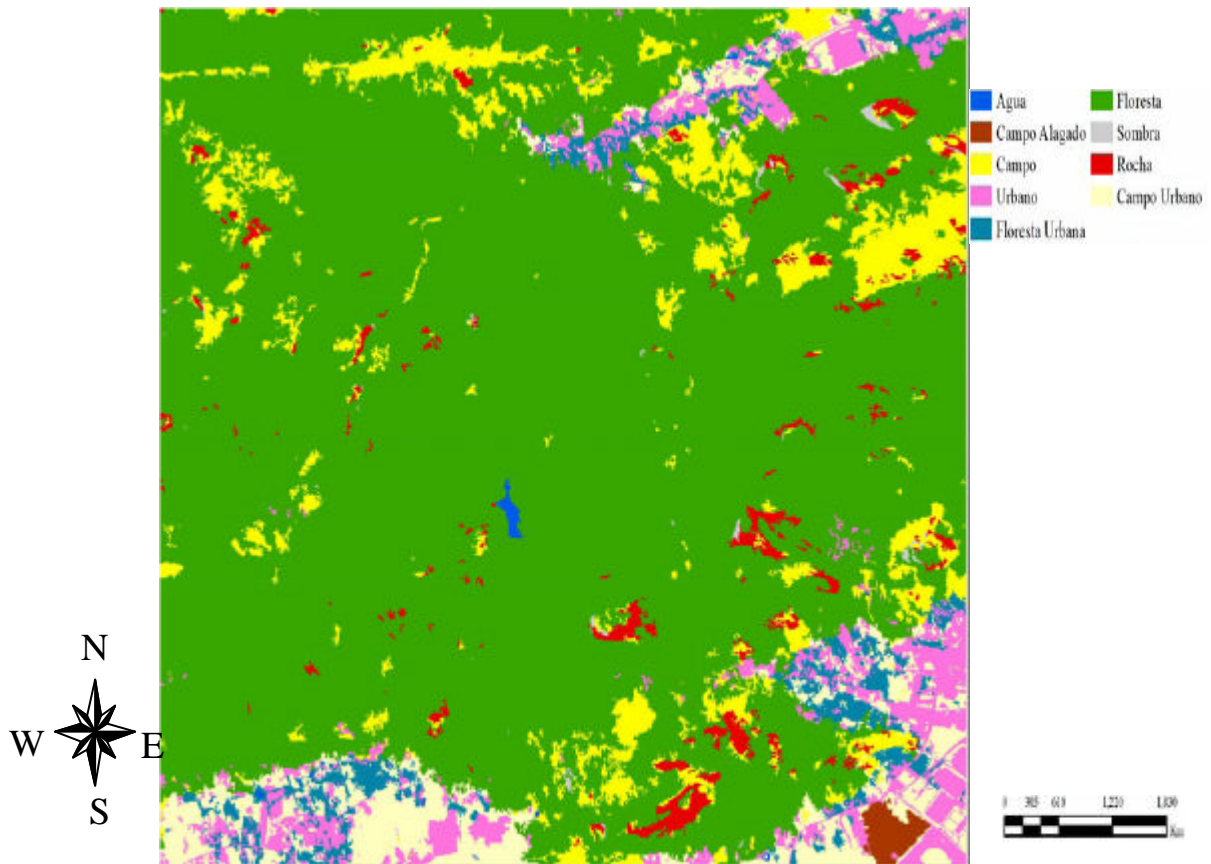
O desenvolvimento do presente trabalho foi delineado a partir dos seguintes passos: escolha da área e das imagens a serem analisadas; pesquisa documental (fotografias aéreas, ortofotos e imagens de satélite) e visitas à área selecionada para classificação; elaboração da chave de classificação; escolha dos softwares a serem utilizados na classificação e interpretação visual; análise e interpretação dos mapas gerados a partir dos dados; análise dos resultados obtidos. Esses passos são exemplificados no organograma abaixo:

Metodologia do trabalho



Análises e Resultados

Classificação Visual – Imagem IKONOS/2001



Pode-se definir segundo a interpretação visual e a partir das classes obtidas, que grande parte do Maciço do Pedra Branca possui uma singular cobertura florestal remanescente de Mata Atlântica subsistindo, relativamente, em bom estado. Porém, apresenta um considerável índice de perturbação, fruto da crescente intervenção antrópica oriundo do espraiamento da malha urbana, sendo avistadas na relevante presença das classes: floresta urbana, campo urbano, campo e urbano.

Conclusões

A interpretação visual possibilitou a depuração do conhecimento e sensibilidade para compreender as feições naturais (modelados em um ambiente computacional), bem como, sua dinâmica e os desdobramentos antrópicos, físicos, econômicos e sociais.

Os sucessivos usos decorrentes das intervenções antrópicas pré-1950, bem como, a intervenção da exponencial intervenção antrópica convencional, determinaram a configuração de uma singular resultante ambiental averiguada por meio da presente classificação espacial.

Pôde-se discernir sobre os sucessivos usos ambientais - legado histórico e contemporâneo da presença humana - que apresenta uma dimensão diacrônica e tem influências sustentadas pelos estudos de sucessão ecológica. Este verdadeiro mosaico de usos faz com que as florestas tropicais sejam constituídas por sucessivos e subsequentes usos antrópicos, seja agindo direta ou indiretamente, sob diferentes focos e em diferentes escalas espaciais e temporais.

Referências Bibliográficas

1. AVERY, T. E & BERLIN, G. L. Interpretation of Aerial Photographs. **Burgess**, Fourth Edition, Minneapolis, 1985.
2. COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. Cap. 3. In: Guerra, A.J.T. e Cunha,S.B. (Coord.), **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Ed. Bertrand, Rio de Janeiro, 2a. ed., 93-148p.1995.
3. FERANEC, J. Interpretation element “association”: analysis and definition. **Institute of Geography**, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic, Vol. 01, 1999.
4. GÓMEZ-POMPA, A. & VÁSQUEZ-YANES, C. Studies on Secondary Sucession of Tropicall Low-lands: The Life Cycle of Secondary Species. In: **Proceedings of First International Congress of Ecology**. p. 336-342. The Hague, 1974.
5. GONÇALVES, D. A. *et al.* Fotografias aéreas de pequeno formato aplicadas na identificação, quantificação e planejamento de recuperação de áreas de preservação permanente. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, 6p, Goiânia, 2005.
6. LILLESEND, T.M. & KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Editora Jonh Wiley & Sons, 724p., New York, 1998.
7. MAS J.F. & RAMIREZ I. Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing. **ITC Journal** 1996-3/4. p. 278-283.ote Sensing Laboratory, University of South Carolina, Columbia, USA, 1996.
8. PATTERSON, K.O. & JENSEN J. R. **Development of Improved Image Classification Algorithms to Extract Quantitative Urban Land use/ Land cover Information from High Spatial Resolution Digital Imagery**, Rem, 1998.
9. REGO, L. F. G. **Automatic Land-cover Classification Derived From High-resolution Ikonos Satellite Image in The Urban Atlantic Forest in Rio de Janeiro, Brasil by Means of an Objects-oriented Approach** (tese de doutorado). Departamento de Sensoriamento Remoto e Gis do Instituto de Florestas da Universidade Alberts Ludwigs, Freiburg, Alemanha, 2003.
10. RICHARDS, J. A. & JIA, X. **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Editora Berlin, Alemanha, 1998.
11. SOLÓRZANO, A. & OLIVEIRA, R. R. História Ambiental e estrutura de uma floresta urbana. IN: OLIVEIRA R. R. (org.) **As marcas do homem na floresta: história ambiental de um trecho urbano de Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Ed. Puc-Rio, 2005.
12. UHL, C. Factors Controlling Sucession After Slash and Burn Agriculture in Amazonia. In: **Journal of Ecology**. p. 377-407. v. 75. 1987.