

MONITORIA REMOTA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS EM ÁREA URBANA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO - BRASIL

**Luiz Felipe Guanaes
Regoⁱ**

Doutor em Geografia
Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Resumo

A atualidade expressa enormes contradições que se materializam na atual crise ambiental indicando uma nova era geológica o antropoceno. Neste contexto as universidades necessitam buscar soluções que ultrapassem seus muros e permitam soluções integrais que avaliem o conjunto em detrimento do detalhe. Este artigo trata de forma ampla do bioma Atlântico brasileiro e visou avaliar o projeto piloto de monitoramento de áreas de Mata Atlântica em Unidades de Conservação em áreas urbanas, parceria entre a PUC-Rio e a Secretaria do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro que objetivou trazer as pesquisas desenvolvidas na PUC-Rio na área de sensoriamento remoto na solução efetiva de questões de monitoramento remoto no frágil bioma Atlântico. O projeto foi baseado em imagens de alta resolução IKONOS adquiridas nos anos de 2009 e 2010 do Parque Nacional da Tijuca e do Parque Estadual da Pedra Branca na cidade do Rio de Janeiro. O conhecimento geográfico utilizado na interpretação visual das imagens, produziu classificações que depois foram convertidas em parâmetros digitais no ambiente orientado a objetos o que permitiu a automatização do processo de classificação para identificação de áreas de supressão arbórea. O projeto confirmou sua validade técnica ao confirmar a necessidade e a possibilidade de um monitoramento fino através da classificação automática com imagens de alta resolução em razão da pulverização de cortes característica da pressão antrópica, que acontece nos parques com bordadura urbana em áreas remanescentes de mata Atlântica. A não implementação do projeto como política pública decorrentes de problemas relacionando a gestão do espaço municipal sugeriu a distância que existe entre a solução criada na esfera acadêmica, extremamente disciplinar, e sua aplicação, e reforçou a necessidade de uma ruptura na forma atual de se fazer pesquisa. A visão multidisciplinar se mostrou necessária para tornar as pesquisas compatíveis com a realidade complexa em que serão aplicadas.

Palavras-chave: Mata Atlântica; Imagens de Alta Resolução; Monitoramento; Classificação automática; Gestão Municipal; Parques Urbanos.

Abstract

There remains only 7% of the original Atlantic rainforest, one of the planet's most biodiverse. The present paper provides a broad overview of the Brazilian Atlantic biome and aims to evaluate a pilot project to monitor areas of the Atlantic Rain-

ⁱ *Endereço institucional:* Rua Marquês de São Vicente, n. 225. Edifício da Amizade, ala Frings, sl. F411. Gávea. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 22451-900.
Endereço eletrônico:
regoluiz@puc-rio.br

forest within conservation sites located in urban areas, a partnership between PUC-Rio and the Rio de Janeiro State Department for the Environment that sought to use research on remote sensing developed at PUC-Rio to create effective solutions for the remote monitoring of the fragile Atlantic biome. The enormous contradictions underway in the current environmental crisis are a sign of the new geological Anthropocene era. Within this context, universities need to seek solutions that reach beyond their walls and provide integrated solutions that are general as opposed to specific. The project used IKONOS high resolution images taken in 2009 and 2010 of the Tijuca National Park and the Pedra Branca State Park in the city of Rio de Janeiro. Geographic knowledge was used for the visual interpretation of these images, and the classifications provided were later converted into object-oriented digital environmental parameters, allowing the identification of areas of deforestation to be automated. The technical feasibility of the project was confirmed, as there is a real need and possibility for fine monitoring through automatic classification using high resolution images due to the deforestation that takes place in parks with urban borders containing remnants of the Atlantic Rainforest. The inability to implement this project as public policy due to problems relating to the inaccurate database of municipal land titles and the inability to access urban slums often on the margins of protected areas due to the safety issues of urban violence highlights the distance between solutions created in academia, which is extremely specific, and their application, which emphasizes the need for changes to the current way of conducting research. A multidisciplinary vision is required in order to make research compatible with the complex reality in which it is applied.

Keywords: Atlantic rainforest; high-resolution imagery; monitoring; automated classification; municipal management; urban parks.

1. Introdução

A atualidade expressa longos processos de relação de espoliação da sociedade humana aos recursos naturais finitos, caracterizando uma nova dimensão diante do grau de transformação causada pela ação do homem. Tanto em relação aos recursos naturais finitos como em relação às funcionalidades que se expressam na distribuição fitogeográfica no planeta, em flagrante processo de degradação (Sachs and Warner, 2001). Alguns cientistas relacionam este impacto como determinante de uma nova era geológica: o Antropoceno (Steffen et al, 2011; Walcacer et al., 2013).

Neste contexto, urge uma aproximação mais consistente entre os conhecimentos gerados no seio das universidades e sua conversão em melhoria da qualida-

de de vida (Spoelstra, 2013). Existe um lapso entre o pensado e entendido dentro das Universidades e as ações no plano prático, tanto na dimensão política como na escala individual (Abreu, 2013).

As pesquisas disciplinares, pelo seu rigor metodológico, naturalmente afastam outros olhares disciplinares, criando um isolamento de percepção que pode comprometer a eficácia da solução desenvolvida (Mutz et al., 2014). Olhares multidisciplinares e métodos de avaliação de problemas complexos a partir de determinado recorte geográfico, têm se mostrado um plano eficiente de interação disciplinar permitindo soluções mais próximas da realidade numa compreensão multidisciplinar (Dewulf et al., 2007.; Chen, 2012).

Este artigo trata de forma ampla do Bioma Atlântico, que se estende numa faixa quase contínua no litoral, do sul ao norte do Brasil. Esta região é ocupada por 80 % da população brasileira e abrange a mesma proporção em relação à produção econômica. Este bioma acompanha a história do Brasil e vem sofrendo diferentes tipos de pressões antrópicas há séculos (MMA, 1998).

Os resultados métricos, frutos de mapeamentos cartográficos derivados de imagens do satélite de média resolução como as imagens Landsat 6 e 7, segundo dados do monitoramento divulgado pela SOS Mata Atlântica, a área original do Bioma Atlântico está reduzida a aproximadamente 102.012 km², apenas 7,91% da sua extensão no início da colonização do país, que era de 1.315.460 km², correspondentes a 15% do território brasileiro (SOS Mata Atlântica, 2006).

O contínuo florestal que a Mata Atlântica ocupava na faixa litorânea brasileira se dividiu e hoje se encontra muito fragmentado em função dos diferentes usos que o espaço geográfico vem adquirindo com o tempo e também do uso que vem sendo dada à própria floresta (Oliveira, 2007).

O estado do Rio de Janeiro expressa bem este quadro: áreas com forte declividade e de difícil ocupação antrópica urbana ainda mantêm fragmentos maiores preservados, em alguns casos, por parques; já nas áreas mais planas e mais densamente ocupadas, esses fragmentos florestais estão pulverizados em número e tamanho (Madureira et al., 2007).

As manchas florestais atlânticas vistas a partir do detalhe, numa perspectiva municipal, além de fragmentadas, são bordadas por todo o tipo de uso estabelecido tanto pelo adensamento populacional como pelo tipo de atividade desenvolvida, assim como delimitadas por condicionantes geomorfológicas (Silveira and Silva, 2010). Este quadro expressa bem a complexidade espacial que em muito dificulta a utilização de metodologias tradicionais de fiscalização e controle, baseadas em trabalho de campo e denúncias.

As imagens de satélite de média resolução vêm sendo utilizadas há décadas no monitoramento dos grandes biomas brasileiros, como a Amazônia (Chen et al. 2015) e a Mata Atlântica, principalmente pelo INPE e pela Fundação SOS Mata Atlântica. O INPE, por exemplo, utiliza imagens LANDSAT no monitoramento da Amazônia, que possibilitam a observação de objetos maiores que 900m^2 e faz um mapeamento anual para acompanhar os níveis de deflorestação na região (PRODES, INPE, 2003). A Fundação SOS Mata Atlântica usa o mesmo tipo de imagem de média resolução para monitorar o bioma atlântico, porém o mapeamento é feito apenas a cada cinco anos. Enquanto as imagens LANDSAT se justificam perante a realidade amazônica, quando transportadas para o contexto pulverizado da Mata Atlântica em meio urbano, elas ficam aquém da demanda de vigilância (Rego, 2008).

Os monitoramentos derivados de imagens de média resolução geram informações fundamentais no tocante ao conjunto do Bioma (Madureira et al., 2007), mas vêm se mostrando ineficientes na escala local, na interface entre as áreas protegidas e os processos de urbanização, não propiciando dados precisos que permitam ações de controle e repressão na preservação destas áreas (Rego, 2008).

As imagens de alta resolução, capazes de observar objetos com poucos m^2 (Harold et al., 2003), permitem gerar classificações do padrão de cobertura e uso que suportam interpretações vetoriais precisas e possibilitam ações efetivas para conservação destas áreas florestais e urbanas (Sawaya et al., 2003). Essas imagens vêm se mostrando aptas a derivar padrões de cobertura de forma automática dentro de técnicas de classificação orientada a objetos e na inserção de conhecimento geográfico no processo automático de classificação numa perspectiva multitemporal (Rego and Koch, 2003).

Dentro deste contexto, este artigo avaliou o projeto piloto “Programa Integrado de Monitoria Remota de Fragmentos Florestais e de Crescimento Urbano derivadas de imagens de alta resolução na cidade do Rio de Janeiro - PIMAR”, implantado em parceria com a Secretaria do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, que reproduziu a situação dos fragmentos florestais Atlânticos que restaram no estado do Rio de Janeiro e que serviria de modelo para a replicação deste tipo de tecnologia em outras partes do estado (Technical Report, 2009).

Este artigo buscou identificar e avaliar os resultados técnicos do projeto e sua concreta aplicação dentro do contexto político e institucional em que se encontravam as áreas monitoradas. Seus resultados foram observados tanto pelo rigor quantitativo das técnicas de classificação de imagens como pelas flutuações dos dados qualitativos que envolveram análises nas dimensões sociais e políticas, como instrumentos de mensuração. Em síntese, se buscou identificar, através do projeto piloto, a capacidade de uma pesquisa acadêmica se aproximar de uma solução concreta ao problema levantado pelo organismos relacionados ao governo estadual do Rio de Janeiro. Assim o projeto, neste artigo, foi descrito e analisado sobre duas perspectivas:

- quanto à eficiência técnica do sistema de classificação multitemporal automática de cobertura desenvolvida e sua replicabilidade.
- quanto à eficiência política e gerencial dos dados geográficos gerados e a capacidade de resposta do poder público.

2. Descrição do projeto piloto

O PIMAR foi concebido em função de um conjunto de pesquisas na área de classificações de cobertura e uso derivadas de imagens orbitais de alta resolução que estavam em andamento na PUC-Rio e poderiam dar suporte à gestão dos Parques sob a administração da Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (Feitosa et al., 2004.; Feitosa et al. 2005.; Campos et al., 2005.; Costa et al, 2007.; Valle dos Santos et al. 2007.; Pinho et al. 2008.; Brito et al., 2008.; Dacosta et al., 2008).

O projeto foi desenvolvido na cidade do Rio de Janeiro ao redor de dois grandes maciços: o da Tijuca e o da Pedra Branca que abrigam dois parques com o mesmo nome. O projeto em termos geográficos compreendeu os dois parques e seus respectivos entornos como pode ser visto na figura 1 (Technical Report, 2009).

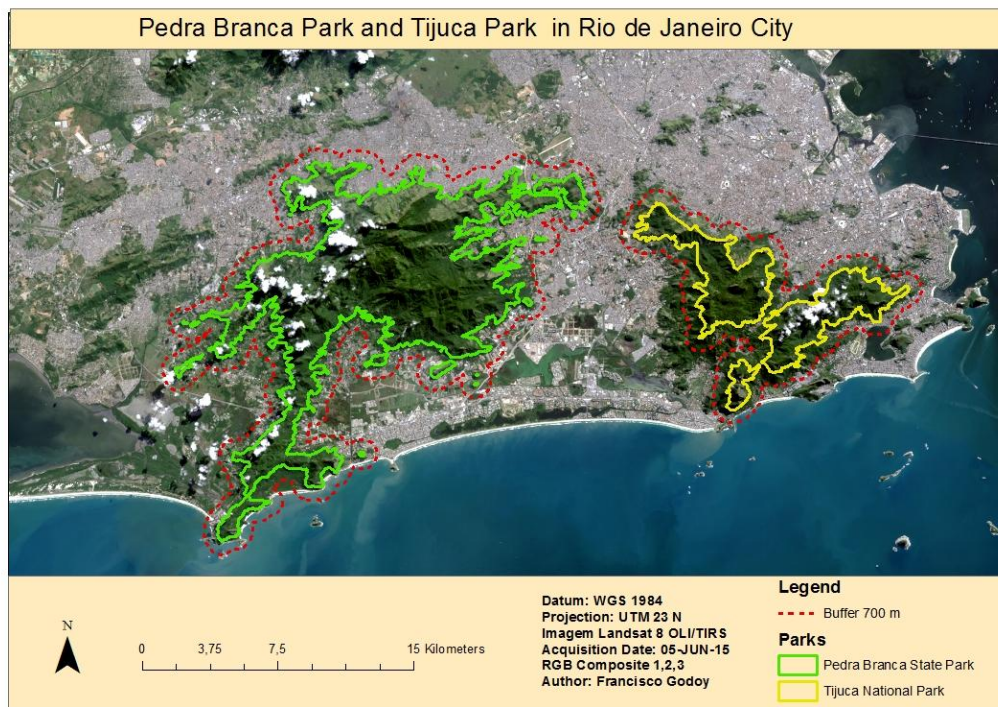


Figura 1. O Parque Estadual da Pedra Branca e o Parque Nacional da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro.

O projeto foi denominado de piloto na medida em que seus resultados poderiam ser replicados em outros parques com condições similares e ocorreu entre 2009 a 2010. Nesse período, foram adquiridos dois conjuntos de imagem IKONOS, multispectral e pancromática, compreendendo 200 km² referentes ao Parque Estadual da Pedra Branca e seu entorno; e 150 km² referentes ao Parque Nacional da Tijuca e seu entorno, nos dias 29 abril de 2009 e 30 de maio de 2010 (Technical Report, 2009).

A hipótese levantada pelo projeto era exatamente a de que, pelo bioma atlântico estar inserido no meio urbano, de um ano para outro já se perceberiam múltiplos pontos onde houve mudança na cobertura florestal. Isso justificaria a necessidade de que as Unidades de Conservação tivessem um sistema de monitoramento

mais preciso, acurado e que permitisse observar de forma atenta e constante a supressão arbórea dentro das áreas remanescentes de Mata Atlântica (Cintra et al., 2009).

As pesquisas, desenvolvidas pelos Departamentos de Engenharia Eletrica e de Geografia da PUC-Rio, indicavam que em áreas urbanas e peri urbanas havia a necessidade do uso de imagens de satélite de alta resolução (Pinho et al. 2008). Também, visando a automação do processo de classificação do padrão de cobertura derivados destas imagens, estudos indicavam que o uso de conhecimento geográfico desenvolvidos por foto interpretes experientes implantados em ambiente orientado a objetos permitiriam a geração de padrões de cobertura do espaço geográfico de forma automática relativamente rápida, com pouca subjetividade e com alta acurácia (Rego, 2011; Blaske, 2010).

Dentro deste contexto o objetivo do projeto foi desenvolver uma metodologia de classificação automática e multitemporal de imagens de satélite de alta resolução, baseada em métodos de classificação orientada a objetos e inserção de conhecimento geografico, utilizando o software InterImagem (Dacosta et al., 2008).

2.1. Metodologia

As imagens Ikonos foram ortoretificadas pelo software ERDAS Imagem e contaram com mais de 500 pontos de referência que foram adquiridos com GPS diferencial contendo coordenadas precisas, altimetria, e cobertura e uso (Showen-gerdt, 1997).

Foram compostas duas equipes de quatro geógrafos: um grupo centrado no maciço da Pedra Branca e outro na Tijuca (Technical Report, 2009). Cada série de imagens foi classificada através de técnicas de interpretação visual no software Arc-Gis, a partir de uma chave detalhada de classificação derivadas dos padrões encontrados nas imagens. As chaves de classificação resultantes estruturaram todo o processo de classificação visual (Cintra et al., 2011). A validação das classificações visuais foi feita a partir de visitas de campo executadas durante todo o projeto utilizando um GPS diferencial (Technical Report, 2009).

O processo de fotointerpretação utilizado visou modelar o conhecimento geográfico empregado pelos foto-intérpretes e implementá-lo no software InterImagem gerando classificações automáticas do padrão de cobertura para os referidos anos. No software InterImagem, as imagens foram segmentadas, criando objetos consistentes que, a partir de uma estrutura hierárquica de classificação, foram extraídas cinco classes de cobertura (Technical Report, 2009).

O modelo hierárquico de classificação de imagens IKONOS aplicado no software InterImagem foi desenvolvido a partir de dados do Parque Nacional da Tijuca e replicado no Parque Estadual da Pedra Branca, visando avaliar a estabilidade do modelo conceitual definido. Estas classificações foram convertidas em matrizes, o que permitiu que fossem subtraídas para a identificação de alterações mínimas na cobertura florestal dos parques e de seus entornos nos intervalos definidos pelas imagens disponíveis (Technical Report, 2009).

Durante as atividades de classificação visual das imagens IKONOS, uma equipe de engenheiros do Laboratório de Visualização Computacional do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio acompanhou a equipe de geógrafos buscando identificar o conhecimento geográfico utilizado no processo de interpretação (Feitosa et al., 2005) e organizá-lo de forma lógica para dar suporte à classificação automática a ser implantada no software InterImagem (Costa et al., 2010). Neste ambiente, foram implantados, a partir das imagens de satélite, diferentes níveis de segmentação que permitiram modelar o processo de classificação com objetos em diferentes escalas, utilizando a modelagem definida anteriormente, que se baseou no conhecimento geográfico utilizado na identificação das classes de cobertura, automatizando o processo (Bauer and Steinnocher, 2001).

Os dados produzidos pelo projeto foram armazenados no formato geodatabase compreendendo as classificações de cobertura dos anos de 2009 e 2010 e os polígonos de supressão arbórea derivados de ambas as classificações. Também foram impressos 250 mapas de modo a compor um atlas com mapas no formato A1 na escala de 1:2.000, utilizando a mesma escala e recorte geográfico da malha utilizada pelos mapas da base cartográfica oficial da cidade (Technical Report, 2010).

3. Resultados e Discussões

3.1. Eficiência técnica do sistema de classificação multitemporal automática de cobertura derivadas de imagens IKONOS .

O objetivo do projeto foi desenvolver um modelo de monitoramento para Unidades de Conservação em áreas de Mata Atlântica em periferias urbanas, que pudesse gerar novos mapas e classificações a cada ano e acompanhar com mais atenção e rigor o desmatamento pulverizado nas áreas atlânticas remanescentes. A maior constância e precisão desses dados associada a uma gestão eficiente permitiria uma reação mais eficaz contra a ação de deflorestação denunciada nas imagens (Rego, 2008).

O monitoramento dos fragmentos florestais Atlânticos na cidade do Rio de Janeiro, através da aquisição periódica de imagens de satélite IKONOS de alta resolução, se mostrou adequado pela necessidade de uma maior acurácia que permitisse a detecção de cortes de árvores com pelo menos 3 metros de raio, dentro do perímetro urbano. A cidade apresentou uma pulverização de pequenos cortes em toda borda dos parques. Nos maciços da Tijuca e da Pedra Branca, entre os anos de 2009 e 2010 constatou-se a supressão arbórea, no primeiro, em 495 pontos, perfazendo uma área total desmatada de 5000m² e, no segundo, em 127 pontos, totalizando uma área de 14.793,19 m² (Technical Report, 2010). Apesar do número inferior de pontos com supressão arbórea no Parque Estadual da Pedra Branca a área total foi quase 3 vezes maior que a área de supressão que ocorreu no Parque da Tijuca, o que espelha claramente a primeira como a área de expansão urbana da cidade e suas consequências (Grostein, 2001).

Esses pontos identificados de supressão arbórea correspondem a pequenas áreas que, não fossem as imagens de alta resolução, não teriam sido percebidas. Nas imagens LANDSAT, de média resolução, cada pixel corresponde a 900m², portanto não é possível perceber a ausência de um pequeno número de árvores, porque a massa das outras árvores ao redor camufla essa perda dentro de um só pixel (Goetz et al., 2003).

O resultado apresentado acima foi alcançado de forma automática e pôde ser justificado através da opção metodológica utilizada no projeto, pois a partir das técnicas de classificação visual aplicadas nas áreas determinadas, foi possível modelar este conhecimento de forma bastante precisa. O que permitiu posteriormente a automatização do processo de classificação, o que removeu a subjetividade do elemento humano ao mesmo tempo em que manteve a alta acurácia do olhar detalhado provido pelo trabalho do geógrafo (Costa et al., 2010).

Ao fim das classificações visuais, foram feitas validações em campo que mostraram acurácias acima de 95%, referentes às classes de cobertura derivadas das imagens IKONOS. As classificações automáticas, executadas em poucas horas, se provaram igualmente consistentes na perspectiva multitemporal em ambos os mapeamentos, e alcançaram índices de acurácia acima de 85% em todos os mapeamentos, comparadas com a classificação visual de cobertura (Technical Report, 2010).

O modelo hierárquico de classificação automática de imagens IKONOS orientada a objetos foi desenvolvido a partir de dados do Parque Nacional da Tijuca e conseguiu ser replicado no Parque Estadual da Pedra Branca, o que comprovou a estabilidade do modelo conceitual definido (Rego, 2011).

O projeto confirmou que este tipo de imagem demanda a utilização de conhecimentos geográficos de apoio ao processo de classificação que são muito influenciados pelas características sociais, econômicas, culturais e ambientais da área a ser mapeada. Esta é uma demanda que implica em pensar os municípios a partir de suas diferenciações, adequando os modelos de conhecimento geográfico utilizados nas classificações das classes de coberturas, o que amplia a replicabilidade espacial do monitoramento derivado de imagens orbitais de alta resolução (Rego, 2003).

A reprodutibilidade do modelo de classificação automática em outros parques e seus entornos no estado do Rio de Janeiro, se mostrou possível a partir das imagens de alta resolução, auxiliadas pela repetição e adequação do processo de modelagem do conhecimento geográfico derivados do processo de classificação visual (Rego, 2011).

O projeto confirmou a eficiência técnica do sistema de classificação multi-temporal automática de cobertura, ao conseguir detectar o fenômeno pulverizado da supressão arbórea na borda dos parques e ser capaz de automatizar esse mapeamento de forma consistente para garantir sua replicabilidade. Portanto, o projeto pôde ser considerado bem-sucedido dentro da sua dimensão técnica.

3.2. Eficiência política e gerencial dos dados geográficos gerados e a capacidade de resposta do poder público

O projeto piloto foi financiado pela Secretaria de Estado do Ambiente, através do Fundo de Compensação Ambiental, ou seja, foi criado com o intuito de ser transformado em política pública e se tornar modelo para outras Unidades de Conservação que tivessem uma bordadura urbana no estado do Rio de Janeiro.

Na prática, além do grave problema socioambiental que estavam por detrás da supressão arbórea nas áreas de Mata Atlântica, existia também a necessidade básica de preservar e manter a estrutura arbórea para estabilização das encostas da cidade, que exigia ações consistentes tanto de fiscalização como de educação e sensibilização ambiental. A presença das florestas nos morros contribui para a diminuição da erosão e do transporte de partículas, e aumenta a capacidade de infiltração dos solos, diminuindo a jusante o efeito das inundações. Contribuindo para evitar deslizamentos de terra, além da preservação dos serviços ambientais desempenhados pela floresta (Miller et al, 2015).

A cidade do Rio de Janeiro espelha as contradições entre os usos e os fragmentos florestais que ocorrem nas regiões de Mata Atlântica no país. A cidade cresceu ao redor de dois grandes maciços: o da Tijuca e o da Pedra Branca. Ambas são áreas florestadas e protegidas, a primeira, sob tutela do Governo Federal, através do Parque Nacional da Tijuca e a segunda, gerenciada pelo Governo do Estado, através do Parque Estadual da Pedra Branca. Além destas duas esferas de governo, as áreas de entorno de ambos os parques são gestadas pelo município que legisla e controla o uso e ocupação do solo. Por mais que o projeto necessitasse da integração entre os três níveis de governo para sua consolidação, foi constatada uma grande dificuldade

operativa em atuar nessas três esferas administrativas de forma simultânea (Tucci, 2002).

Tão importante quanto a qualidade cartográfica do dado gerado é a instrumentalização técnica institucional que irá utilizar e gestar esta informação. Em outros termos, os fins e objetivos precisam ser inseridos em políticas públicas integradas, permitindo o uso direcionado da informação para alcançar as metas estabelecidas (Barcellos and Ramalho, 2002). Assim no caso específico deste projeto piloto: os dados definidos pela classificação multitemporal, identificando a supressão no entorno dos maciços, exigiria, para sua validação e fiscalização, que o poder público municipal mantivesse um cadastramento preciso e atualizado das licenças concedidas pela Prefeitura, georeferenciadas com precisão cartográfica compatível com os dados de supressão obtidos no mapeamento do projeto (Technical Report, 2010).

As impressões dos mapas de alterações de cobertura visaram subsidiar os trabalhos de avaliação referentes aos aspectos legais, ilegais e naturais das supressões arbóreas que ocorreram nas áreas de monitoria. Apesar da preocupação do projeto em fazer um mapeamento compatível com os mapas-bases utilizados pela Prefeitura, responsável pelos licenciamentos da cidade, o que facilitaria a agilidade no processo de qualificação das referidas supressões, não houve o cruzamento de dados esperado (Technical Report, 2010). Constatou-se a inexistência de um sistema georeferenciado e automatizado com todos os cadastros de licenciamentos cedidos pela prefeitura. Dessa forma, cortes que foram ou deveriam ser permitidos, como os executados na arborização urbana e pela defesa civil em situações de risco, não puderam ser distinguidos dos cortes feitos na ilegalidade, e impossibilitaram um controle mais eficaz e a própria execução de multas.

Outro problema para execução do projeto foi a grande dificuldade que o Estado enfrentou para exercer sua presença em locais com territorialidades específicas, como tráfico e milícias (Zaluar, 2007.; Souza, 2010). O monitoramento de áreas de Mata Atlântica dentro e no entorno das Unidades de Conservação, na cidade do Rio de Janeiro, implicou em monitorar diversas comunidades de baixa renda, favelas, que se encontravam nas encostas de morros. A figura 2 mostra o Parque Nacional da Tijuca cercado por comunidades de baixa renda.

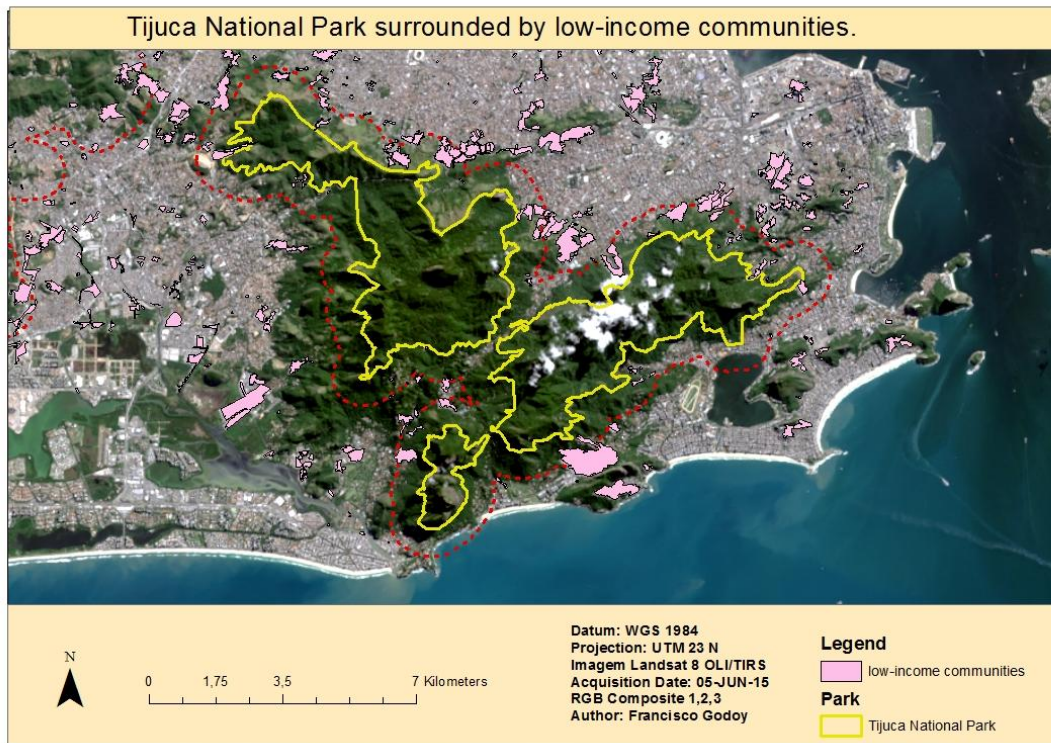


Fig. 2 Parque Nacional da Tijuca cercados por comunidades de baixa renda.

Na ação de aplicação do projeto foi constatada a dificuldade de transformar as comprovações técnicas em políticas públicas aplicadas na realidade social complexa. O uso eficiente das geotecnologias impõe, mais do que a excelência da técnica em si, uma mudança de comportamento, o que envolve tempo e muito treinamento, e uma mudança estrutural dentro dos próprios mecanismos de administração pública e governamentais (Domingues and Simoes, 2007). De nada serviram os dados de supressão arbórea, sem políticas públicas dispostas a, de fato, se valer das informações precisas dos focos de desmatamento para controlá-los e evitá-los.

A não consolidação do projeto, após sua finalização na dimensão técnica, impediu que este alcançasse seu objetivo de ser transformado em política pública, e demonstrou uma inadequação no planejamento do projeto para se ajustar à realidade política e social que encontrou. O poder público não conseguiu absorver a implementação do projeto devido às especificidades complexas do ambiente urbano das favelas no Rio de Janeiro e à falta de estrutura de cadastro e fiscalização de supressão arbórea necessária, disponibilizada pela Prefeitura. Em sua dimensão políti-

ca e gerencial, portanto, o projeto se mostrou ineficiente e carente de uma visão multidisciplinar.

4. Conclusão

O principal resultado obtido pelo PIMAR foi a comprovação de que as Unidades de Conservação em áreas de Mata Atlântica e próximas à áreas urbanas precisam de um modelo diferenciado de monitoramento em função das características da pressão antrópica que resulta em cortes pulverizados em toda a sua bordadura. O projeto constatou a necessidade de um monitoramento em escala detalhada que permita a ação gerencial e o controle efetivo da supressão arbórea.

Esse novo modelo de monitoramento, não se mostrou compatível com o padrão atualmente utilizado. O projeto concluiu em função dos dados concretos que o monitoramento necessitaria de frequências anuais, com imagens de alta resolução. O projeto validou a possibilidade da classificação automática baseada em conhecimento geográfico numa abordagem orientada a objetos que garantiu a replicabilidade do modelo.

Apesar dos resultados técnicos positivos ao final do projeto, pôde-se perceber a defasagem que houve entre a pesquisa tecnológica e sua aplicabilidade no mundo real. Houve uma perspectiva técnica no projeto que desconsiderou outras dimensões que abrangessem não só a tecnologia de classificação de imagens, mas também as dimensões social, política econômica e cultural. O discurso técnico disciplinar, por si só, se provou insuficiente para garantir uma interação da aplicação perante a realidade geográfica.

O projeto demonstrou a necessidade de se desenvolverem pesquisas multidisciplinares que permitam gerar análises multi facetadas que propiciem resultados com aplicabilidade e resultados. A visão multidisciplinar precisa estar presente desde o início e diferentes temáticas de pesquisa ocorrerem de forma sincronizada para garantir a problematização a partir de múltiplos olhares e uma riqueza maior de informações e soluções.

Problemas complexos do espaço geográfico precisam ser equacionado numa perspectiva holística garantindo durante todo o processo mecanismos de auto avali-

ação e que se confrontem com a enorme dificuldade de aplicação das soluções científicas desenvolvidas no meio acadêmico exatamente por elas serem disciplinares. Diante de uma realidade hipercomplexa e atravessada por diversas áreas do saber, as visões disciplinares de forma isolada se provam carentes de recursos.

Existe a necessidade, portanto de um novo paradigma de pesquisa, mais aberto e mais multidisciplinar, que permita haver uma ruptura na forma atual de se fazer pesquisa a partir do reducionismo para a integralização da visão do espaço geográfico, trazendo o saber científico produzido nas universidades para fora de seus muros gerando soluções viáveis que em última instância permitirão a melhoria da qualidade de vida de forma harmônica e integral.

Bibliografia

- ABREU, A. **Definindo o Cenário: Sessão de Abertura do Fórum.** In: Abreu, A., Rego, L. A Ciência na Rio + 20: Uma Visão para o Futuro. Fórum de Ciência, Tecnologia & Inovação para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio. 2013. Pages 12 -25.
- BARCELLOS C., Ramalho W. **Situacao Atual do Geoprocessamento e da Analise de Dados Espaciais em Saude no Brasil.** Informatica Publica volume 4, 2002. Pages 221- 230.
- BAUER T., Steinnocher, K. **Per-parcel land use classification in urban areas applying a rule-based technique.**In GeoBIT/GIS 6: 12-17: 2001. Pages 24-27.
- BLASCHKE, T. **Object based image analysis for remote sensing.**ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Volume 65, Issue 1, January 2010. Pages 2-16.
- BRITO, J.L.N.E.S.; Silveira, M.S.; K. Jacobsen; S. Amorim; Feitosa, R.Q.; Heipke, C. **Monitoring of Height Changes in Urban Areas from Multi-Temporal, Multi-Scale and Multi-Platform Remotely Sensed Data,** ISPRS Congress Beijing, v. XXXVII , n. B1, 2008. Pages 835-840.
- CAMPOS, V. O.; Feitosa, R. Q.; Mota, G. L. A.; Pacheco, M. A. C.; Coutinho, H. L. C.. **Um Método para Modelagem do Conhecimento Multitemporal no Processo de Clas-**

sificação Automática de Imagens de Sensores Remotos. **Revista Brasileira de Cartografia, Brasil**, v. 57, n. 01, 2005. Pages 28-35.

CHEN, B. Moral and Ethical Foundation for Sustainability: a multidisciplinary approach.

Journal of Global Citizenship & Equity Education Volume 2 Number 2 – 2012. Pages 1 – 16.

CHEN, G. ; Powers R.P. ; Carvalho L.M.T. ; Morad, B. **Spatiotemporal patterns of tropical deforestation and forest degradation in response to the operation of the Tucuruí hydroelectric dam in the Amazon basin.** Applied Geography. Volume 63, September 2015. Pages 1–8.

CINTRA, D.P.; Caris, E.A.P.; Costa, G.A.O.P.; Feitosa, R.Q., Rego, L.F.G. **The PIMAR Project: Remote Environmental Monitoring Program in Urban Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil**, In: 12do Encuentro de Geógrafos de América Latina, Montevideo, 2009.

CINTRA, D.P., Novak, T., Rego, L.F.G., Costa, G.A.O.P., Feitosa, R. Q. **PIMAR PROJECT – Monitoring the Atlantic Rainforest Remnants and the Urban Growth of the Rio de Janeiro City (Brazil) through Remote Sensing.** In: 3rd International Conference on Geographic Object-Based Image Analysis, Ghent, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Enshede: ITC. v.XXXVII. 2010.

CINTRA, D.P.; Rego, L.F.G.; Oliveira, R.R. Classifying Successional Forest Stages Using Ikonos in Atlantic Forest of Rio de Janeiro. **Rev. Geografica Acadêmica** v.5, n.1. 2011. Pages 21-33.

COSTA, M. C. O.; Feitosa, R. Q.; Campos, V. O. **Classificação Multitemporal de Imagens Utilizando Cadeias de Markov Nebulosas.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. Pages. 6453-6460.

COSTA, G.A.O.P., Feitosa, R.Q., Fonseca, L.M.G., Oliveira, D.A.B., Ferreira, R.S., Castejon, E.F. **Knowledge-Based Interpretation of Remote Sensing Data with the Interimage System: Major Characteristics and Recent Developments.** In:

3rd International Conference on Geographic Object-Based Image Analysis, 2010, Gehnt, Proceedings. Enshede: ITC. v.XXXVII. 2010.

GROSTEIN M.D. **Metropole e Expansão Urbana, a persistência de processos "insustentáveis"**. São Paulo Perspec. vol.15 no.1 São Paulo. 2001

MADUREIRA, C. ; Vicens R.S. ; Seabra V.S ; Silva, V. ; Reis, R.B. ; Faber, O.A.; Richter, M. ; Arnaut, P.K.A. ; Arauji, M. **Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000**. Anais do XIII Simposio Brasileiro de de Sensoriamento Remoto, Florianopolis, Brasil. 2007. Pages 5691 – 5968.

DA COSTA, G.A.O.P.; Pinho, C. M. D.; Feitosa, R.Q.; Almeida, C.M.; KUX, H.J.H.; Fonseca, L.M.G.; Oliveira, D.A.B. InterIMAGE: uma Plataforma Cognitiva Open Source para a interpretação Automática de Imagens Digitais, **Revista Brasileira de Cartografia, SBC – Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto**, Rio de Janeiro, v. 60(4) , 2008. Pages 331-337.

DEWULF, A., G. François, C. Pahl-Wostl, and T. Taillieu. **A framing approach to cross-disciplinary research collaboration: experiences from a large-scale research project on adaptive water management**. Ecology and Society 12(2): 14, 2007.

DOMINGUES C.V., Simoes L.L. O SIG na Gestão Pública: Análise crítica de um caso bem-sucedido – desafios e perspectivas. **Exata**, São Paulo, v.5, n.2, 2007. Pages 353 – 360.

GOETZ, S.J; Wrightb, R.K. ; Smithb, A.J. ; Zineckerb, E. ; Schaubb, E. IKONOS imagery for resource management: Tree cover, impervious surfaces, and riparian buffer analyses in the mid-Atlantic region. **Remote Sensing of Environment**, Volume 88, Issues 1–2, 30 November 2003, Pages 195–208.

HEROLD, M., Gardener, M., Roberts, D. Spectral resolution requirements for mapping urban areas. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 41(9), 2003. Pages. 1907–1919,

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira. Disponível em : <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>..

CAMPBELL J. Wynne R.H. Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition Hardcover – June 21, 2011. 667 pages.

FEITOSA, R. Q. ; Mota, G. L. A.; Pakzad, K.; Muller, S.; Meirelles, M. S.; Coutinho, H. L. C. **A Framework for Automatic Low-Resolution Satellite Image Interpretation Based on Spectral, Contextual and Multitemporal Knowledge**. In: XXTH CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 2004, Istambul. Proceedings.. v. XXXV, 2004. Pages 216-221.

FEITOSA, R. Q.; Mattos, C. O.; Santos, R. O.; Rego, L. F. G.. Effect Impact of Knowledge Based Techniques on the Analysis of Medium-Resolution Satellite Images of the Amazon. In: **REMOTE SENSING ARABAIA**, 2005, Riad. 2005. Pages. 1-7.

Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica e de seus Ecossistemas Associados. Disponível em:<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/>.

MILLER, R.W. ; Hauer, R.J. ; Werner, P. Urban Forestry: **Planning and Managing Urban Greenspaces** .Third Edition. Long Grove, Illinois, 2015. 457 pages.

MMA, Ministerio do Meio Ambiente . Diretrizes Para A Política de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Mata Atlântica. Brasília – DF, 1998. 26p.

Oliveira R.R. **Mata Atlantica, Paleoterritorio e Historia Ambiental. Ambiente e Sociedade** - Campinas v.X, n.3, 2007. Pages 11 - 23.

MUTZ, R. ; Bornmann L. ; Daniel H. Cross-disciplinary research: What configurations of fields of science are found in grant proposals today? **Oxford Journal Medicine & Health & Social Sciences Research Evaluation** Volume 24, Issue 1, 2014. Pages 30-36.

PINHO, C.M.D.; Fonseca, L.M.G.; Castejon, E.F.; Costa, G.A.O.P.; Alamida, C.M.;Kux, H.J.H; Feitosa, R.Q. **Intra-Urban Land Cover Classification of High-resolution Images using a Knowledge-based System**, XIII Simposio Internacional de la Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota Espacial, Havana, 2008.

REGO, L.F.G.; Koch, B. **Automatic classification of land cover with high resolution data of the Rio de Janeiro City Brazil. Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas**,. 2nd GRSS/ISPRS Joint Workshop on Data Fusion and Remote Sensing over Urban Areas: International Society of Photogrammetry and Remote

Sensing,. Berlin, Germany 2003. Pages.172-176.

REGO, L. F. G. **Remote Sensing in Rio de Janeiro City**. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller Aktiengesellschaft & Co. KG, 2008. 179 Pages.

REGO, L.F.G. Metodologias de Monitoramento Florestal Atlantico derivado de Imagens de Satelite de Alta Resolucao. **GEOPUC**. Ano 4 – número 7 . 2011. 15 pages.

SACHS, J. ; Warner, A.M. The curse of natural resources. **European Economic Review** Volume 45, Issues 4-6, May 2001. Pages 827-838.

SAWAYA, K.E. ; Heinert, N.J. ; Brezonik, P.L. ; Bauer, M.E. Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resource monitoring using high-resolution imagery. **Remote Sensing of Environment**.Volume 88, Issues 1-2, 30 November 2003. Pages 144-156.

SILVEIRA C. S.; Silva V. V. Natural regeneration, degeneration and deforestation dynamics controlled by climatic and geomorphic parameters: a geocological analysis using GIS. **Rev. Árvore** vol.34 no.6 Viçosa, 2010. Pages 1025-1034.

SHOWENGERDT, R.A. **Remote sensing models and methods for image processing** New York: Academic press, 1997. 552 pages.

SOUZA M.L. Militarização da questão urbana. **Lutas Sociais**, 2012. Pages 117- 129.

SPOELSTRA S.F. Sustainability research: Organizational challenge for intermediary research institutes. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences** 66, 2013. Pages 75-81.

STEFFEN W., Grinevald, J., Crutzen, P., AND McNeill, J. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. **Philosophical. Transacionas R. Soc. A**. 2011. Pages 842-867.

TUCCI C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista brasileira de Recursos Hidricos**, volume 7 n.1, 2002. Pages 5- 27.

Technical Report. NIMA da PUC-Rio e Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. **Quarterly Technical Report** Julho and outubro, em: <http://www.nima.puc-rio.br/index.php/pt/projetos-do-nima/pimar.html>, 2009. Pages 1 – 62.

Technical Report. NIMA da PUC-Rio e Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. **Quarterly Technical Report**. Fevereiro and Abril em: <http://www.nima.puc-rio.br/index.php/pt/projetos-do-nima/pimar.html>, 2010. Pages 1 -31.

WALCACER, F., Lemos, F., Pires, T., Guimarães, V. Os Desafios do Antropoceno e as Respostas da Comunidade Científica. In: Abreu, A., Rego, L. A Ciência na Rio + 20: Uma Visão para o Futuro. Fórum de Ciência, Tecnologia & Inovação para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: **Editora PUC-Rio**. 2013. Pages 212 - 229.

VALLE DOS SANTOS, R. de O.; Feitosa, R. Q.; Rebuzzi, M. M. B.; Tanscheit, R. Sistemas **Multi-Redes para Classificação de Imagens Multitemporais**. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. Pages 6135-6143.

ZALUAR A., Conceição I.S. Favelas sob o controle das Milícias no Rio de Janeiro. **São Paulo em Perspectiva**, v. 21, n. 2, 2007. Pages 89-101.

Recebido em 18 mar. 2019;

Aceito em 19 abr. 2019.