

CONFLITO DO USO E COBERTURA DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA CIDADE DE NITERÓI, RJ

CONFLICT OF USE AND LAND COVERAGE IN AREAS OF PERMANENT PRESERVATION IN THE CITY OF NITERÓI, RJ

Guilherme Fernandes de Moraes Bittencourt², Luiz Henrique Guimarães Castiglione¹, Julia Celia Mercedes Strauch¹²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Correspondência para: Julia Celia Mercedes Strauch (julia.strauch@ibge.gov.br)

doi: 10.12957/geouerj.2018.30695

Recebido em: 04 out. 2017 | Aceito em: 22 ago. 2018



RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APP), de acordo com o terceiro Código Florestal de 2012, são espaços territorialmente protegidos com funções de preservar os recursos hídricos, garantir a estabilidade geológica, manter a biodiversidade e promover o bem-estar das populações. Entretanto, devido ao crescimento acelerado dos núcleos urbanos brasileiros com pouco planejamento por parte dos poderes públicos, as cidades passaram a conviver com diversos problemas ambientais devido ao uso irregular de tais espaços. Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo analisar os conflitos de uso e cobertura da terra provenientes da ocupação irregular em Áreas de Preservação Permanente (APP) no município de Niterói. Para alcançar tal objetivo foi gerado o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Condicionado (MDEHC) e utilizada a base cartográfica do IBGE em 1:25.000 de modo a mapear as APP. A seguir foi elaborado um mapa de uso e cobertura da terra usando imagem RapidEye e o método Máxima Verossimilhança obtendo uma exatidão global pelo coeficiente Kappa de 0,806. As APP ocupam 13,98% do município de Niterói, com destaque para a APP de faixa marginal com uma área de 11,54 km² ou 8,63%. Desse total, aproximadamente 69% das APP estão devidamente conservadas, enquanto 31% estão indevidamente ocupadas.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente, Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Condicionado, Mapa de uso e cobertura da terra, Planejamento territorial urbano, Ocupação irregular.

ABSTRACT

The Permanent Preservation Areas (APP), according to the third Forestry Code of 2012, are territorially protected areas with functions of preserving water resources, guaranteeing geological stability, maintaining biodiversity and promoting the well-being of the populations. However, due to the accelerated growth of Brazilian urban centers with little planning by the public authorities, cities have come to live with various environmental problems due to the irregular use of such areas. In this way, the aim of this paper is to analyze the conflicts of land use and coverage coming from irregular occupation in APP of Niteroi city. To achieve this goal, the Hydrologically Conditioned Digital Elevation Model (MDEHC) was generated and the IBGE cartographic base was used in 1: 25,000 to map the APPs. The land use and coverage map was obtained using Maximum Likelihood method applied to RapidEye image, obtaining a global Kappa coefficient of 0.806. The APP occupy 13.98% of the municipality of Niteroi, with emphasis on APP with a marginal area with an area of 11.54 km² or 8.63%. Of this total, approximately 69% of the APPs are duly retained, while 31% are unduly occupied.

Keywords: Permanent Preservation Areas; Hydrologically Conditioned Elevation Digital Model; Land Use and Cover Map; Urban Territorial Planning; Irregular Occupancy.

INTRODUÇÃO

As Áreas de Preservação Permanentes (APP), definidas no terceiro Código Florestal de 2012, são espaços territorialmente protegidos, com funções de preservar os recursos hídricos, garantir a estabilidade geológica, manter a biodiversidade e promover o bem-estar das populações. As APP existem em todo território brasileiro, ocorrendo tanto em espaços rurais quanto em urbanos, e tanto em propriedades públicas quanto em privadas (BRASIL, 2012). No meio urbano, as APP contribuem para amenizar as enchentes, os movimentos de massas, os efeitos das ilhas de calor, além de valorizar a paisagem e o patrimônio natural (MMA, 2016; SILVA, 2011).

O século XX foi marcado pela mudança do local de moradia da população brasileira, que deixou de ser majoritariamente rural para se transformar em urbana (SANTOS, 2005). Contudo, esse movimento não foi acompanhado pelo poder público, que não planejou as cidades nem construiu moradias em quantidade suficiente para receber a população emigrante rural. Dessa forma, as cidades cresceram de maneira desordenada, avançando no sentido da ocupação de áreas de APP. Isso contribuiu para a intensificação dos problemas e de desastres ambientais, como as enchentes e os movimentos de massa.

As APP não foram protegidas pelo poder público por causa da inexistência de demarcações oficiais e pela deficiência estrutural do estado, que não consegue implementar atividades de demarcação e de fiscalização, em um país de dimensões continentais (RIBEIRO et al., 2005). Além disso, os meios tradicionais de delimitação de APP, que utilizavam mapas topográficos, levantamentos convencionais de campo e o uso de mapeamentos por fotogrametria analógica eram extremamente complexos e dispendiosos em termos de mão-de-obra e tempo para sua execução.

Nas últimas décadas, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm se apresentado como ambientes que oferecem um conjunto de ferramentas que automatizam processos e geram resultados adequados à delimitação de APP (OLIVEIRA, 2002). Na literatura são encontrados diversos trabalhos (RIBEIRO et al., 2005; OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA & FILHO, 2013; ANTUNES et al., 2016), que desenvolvem metodologias para mapear as APP com o uso de SIG, obtendo resultados bastante satisfatórios.

A cidade de Niterói, localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro, contou com um grande incremento populacional no século XX, passando de 242.278 habitantes em 1960 para uma população estimada em 497.883 pessoas em 2016. Inicialmente, o município era um polo atrativo de migração por ser a capital do Estado do Rio de Janeiro; com a conclusão da Ponte Rio-Niterói, virou uma cidade dormitório para os indivíduos que trabalhavam na capital carioca. Assim, Niterói cresceu de maneira desordenada, ocupando as APP e passando a sofrer com desastres naturais, principalmente com as inundações.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os conflitos de uso e cobertura da terra provenientes do uso irregular da terra em Áreas de Preservação Permanente (APP) no município de Niterói. Para isso, foram identificadas as APP de topo de morro, faixa marginal, área de nascente, área de encosta, área de lagoas e lagos naturais no município, usando o Código Florestal de 2012, bem como foi elaborado um mapa de uso e cobertura da terra para estas áreas, usando técnicas de sensoriamento remoto para a identificação de conflitos, a partir do cruzamento do mapa de APP com o mapa de uso e cobertura da terra.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Niterói está localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro, na margem direita da Baía de Guanabara, entre as latitudes de 22° 51' 12,561" S e 22° 59' 23,129" S e as longitudes de 42° 57' 10,242" W Gr e 43° 8' 20,713" W Gr, conforme apresentado na Figura 1. O município tem uma área de 133,741898 Km² e é dividido em cinco regiões administrativas e em 52 bairros.

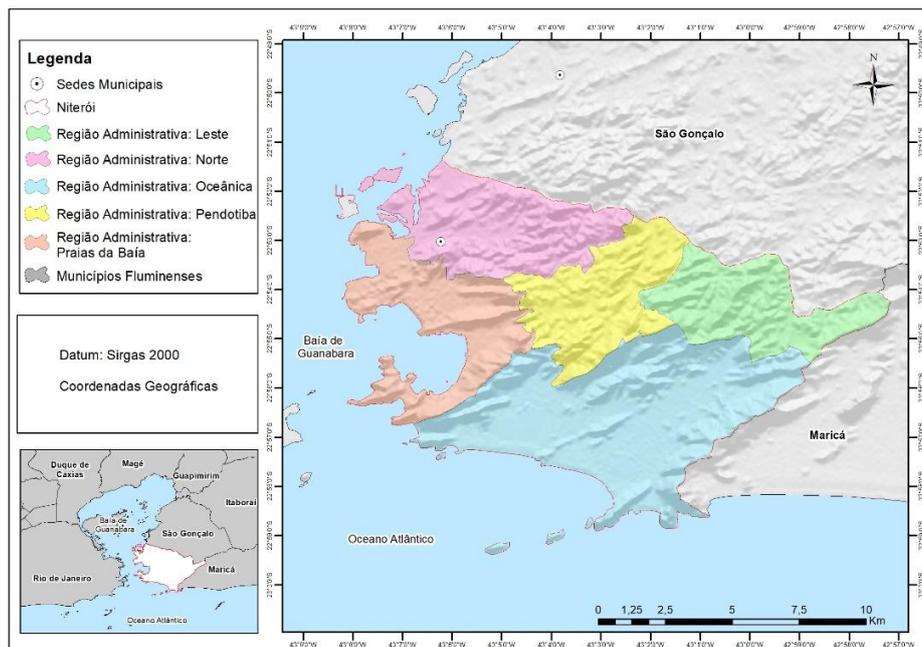


Figura 1. Município de Niterói e suas regiões administrativas. Fonte: Prefeitura de Niterói

Niterói tem uma população estimada de 497.883 habitantes (IBGE, 2016), com uma densidade demográfica de 3.713,84 hab./Km². No censo demográfico de 2010, a pirâmide etária de Niterói encontrava-se no estágio adulto, cujo grupo das crianças e dos idosos possuía 16,7% e 12,1% da população municipal, respectivamente, enquanto a população em idade ativa apresentava 71,2% do total. Com relação ao tipo de ocupação, vale destacar que todos os niteroienses são urbanos.

Os moradores de Niterói têm uma distribuição espacial heterogênea, com grande concentração nas regiões administrativas de Praias da Baía e Norte, com 41,8% e 31,3% do contingente total, respectivamente. As demais regiões contêm 26,9% da população municipal, com destaque para a região Leste com apenas 1,4%. Tal concentração também é refletida na distribuição por bairros, com os cinco mais populosos reunindo 40,57% e estando localizados nas regiões administrativas de Praias da Baía (3) e do Norte (2), ao passo que os 20 bairros menos habitados continham apenas 11,94% do contingente habitacional (IBGE, 2016).

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2016), Niterói possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) municipal de 0,837, estando na faixa muito alta, ou seja, a melhor de todas. Isso representa a sétima colocação no *ranking* brasileiro e a primeira no ranking estadual. De

fato, essa posição é alcançada uma vez no processo de conurbação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, os bolsões de subdesenvolvimento estão nas cidades vizinhas, principalmente em São Gonçalo que apresenta a 795^a posição entre os 5.565 municípios brasileiros (PNUD, 2016).

O PIB municipal de Niterói ocupava, em 2014, a quarta colocação entre os municípios do Estado do Rio, alcançando, em 2016, o montante de R\$ 14.908.508.000 (IBGE, 2016). A economia local é bastante diversificada em setores como administração pública, indústria naval, indústria extrativa de petróleo, atividade imobiliária, produção científica e comércio varejista e serviços (TCE-RJ, 2015).

A cidade de Niterói está inserida na porção oriental da Faixa Ribeira, sistema orogênico caracterizado por sucessivos eventos geológicos de colisão e quebra, apresentando, com efeito, deformações, metamorfismo, magmatismo e descontinuidades estruturais, como fraturas e falhas. As principais litologias presentes no local de estudo são gnaisse granítico, gnaisse facoidal, migmatitos e sedimentos fluviais e marinhos (VALERIANO et al., 2012; HEILBRON, 2000). Segundo o mapeamento geomorfológico realizado por SEA (2011), Niterói tem quatro feições geomorfológicas: Serras Isoladas localizadas nas porções leste e central do município; os Morros e Colinas situadas no interior das cidades: Planícies Fluviais e Fluvio-Marinhas, com a primeira situada nos estreitos vales, enquanto a segunda na zona de contato entre o continente com o Oceano Atlântico ou com a Baía de Guanabara.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da cidade de Niterói é tropical quente e úmido (AW), com o verão sendo a estação úmida e o inverno caracterizado pela estiagem (BERNARDES, 1952). A precipitação média anual é de 1.172,9 mm, bem como a temperatura média é de 23,7° C (FGV, 2015).

O município de Niterói está inserido no Bioma Mata Atlântica e tem cerca de 26% de áreas remanescentes da cobertura vegetal natural, com tais áreas localizadas majoritariamente acima de 50 metros de altitude (MMA/PROBIO, 2016). Segundo o mapeamento realizado por SEA (2011), as duas principais fisionomias vegetais encontradas no município são: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, situadas entre 0 e 50 metros de altitude, além de Floresta Ombrófila Densa Submontana, situada acima da altitude de 50 metros.

MATERIAIS E MÉTODOS

O mapeamento das APP de Niterói foi obtido a partir das bases cartográficas do IBGE na escala 1:25.000, fornecidas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), constando a hidrografia, as curvas de nível, os pontos cotados e os limites municipais. Estes dados foram convertidos para o sistema de referência SIRGAS2000 e para o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23S.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra do município de Niterói utilizou-se a Imagem RapidEye, que tem 5 metros de resolução espacial, 12 bits de resolução radiométrica, além de 5 bandas espectrais: azul (440-510nm); verde (520-590nm); vermelho (630-690nm), *rededge* (690-730nm); e infravermelho próximo (760-880nm). Tais imagens são coletadas por uma constelação de cinco satélites, que gravita à volta da Terra em uma órbita circular e heliossíncrona em uma altitude de 630 km adquirindo imagens diariamente para *off-nadir* (lateral) e em 5,5 dias para *nadir* (vertical). Para o presente trabalho foram usadas duas cenas da imagem RapidEye do ano de 2012 cedidas pelo Ministério do Meio Ambiente, conforme encontra-se ilustrado no mosaico da Figura 2.

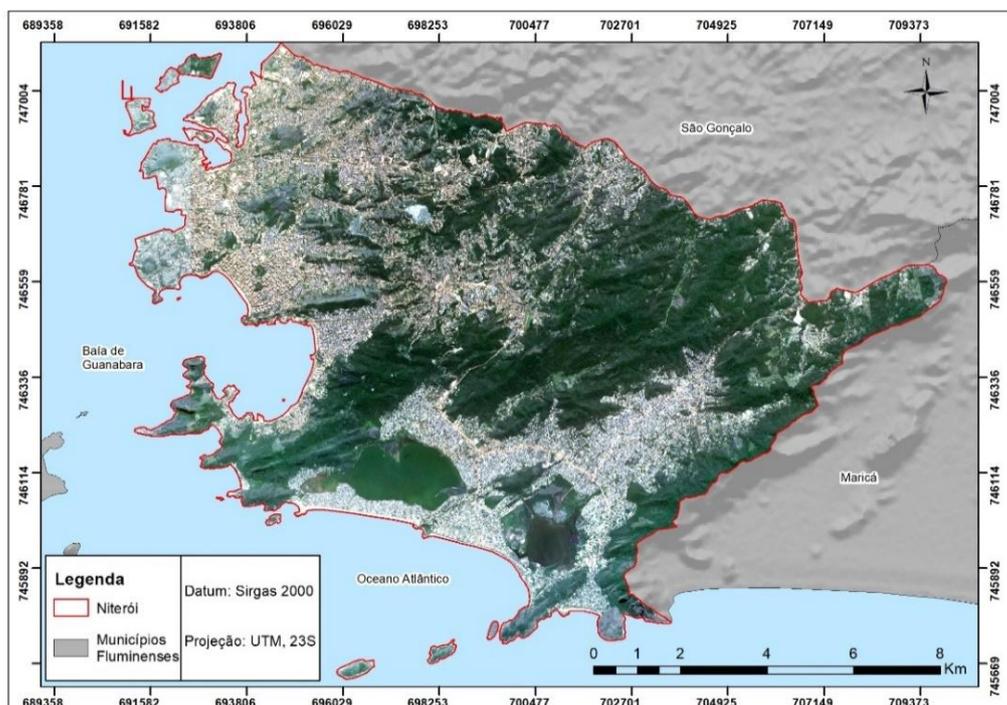


Figura 2. Mosaico de imagens RapidEye de Niterói em composição de cores naturais Fonte: Imagens RapidEye cedidas pelo Ministério do Meio Ambiente.

As principais etapas realizadas para o trabalho que consubstancia o presente artigo estão descritas na Figura 3. Com as bases cartográficas do IBGE foi elaborado o MDEHC, com o intuito de serem mapeadas as APP de topo de morro e de encosta. Para as demais APP, isto é, de nascente, de faixa marginal e de lagos e lagoas naturais, usou-se apenas as bases vetoriais. A confecção do mapa de uso e cobertura da terra ocorreu apenas nas áreas de APP anteriormente mapeadas, bem como se usou tanto a classificação supervisionada pelo algoritmo Máxima Verossimilhança quanto a classificação manual. Por último, analisou-se o padrão de áreas preservadas e não preservadas.

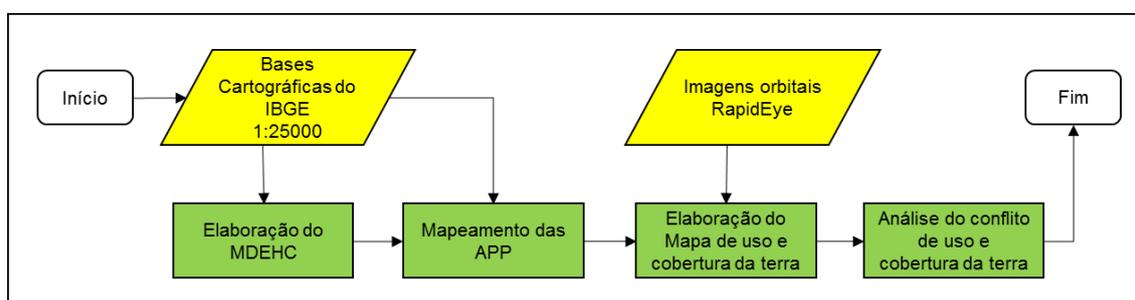


Figura 3. Fluxograma das principais etapas. Fonte: Elaborado pelos autores

A delimitação das APP, a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra e as operações de análises espaciais foram realizadas no ambiente de SIG do ArcGIS 10.3 – licença acadêmica, disponível no laboratório de informática da Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE.

Para a delimitação das APP de topo de morro e encosta foi elaborada uma representação do relevo denominada Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Condicionado (MDEHC). Trata-se da melhor representação digital do terreno capaz de reproduzir o escoamento superficial da água observado no mundo real (CHAVES, 2002). Essa representação tem sido a base para a maioria dos estudos de natureza hidrológica. Segundo Lana *et al.* (2011) e Chaves (2002), para obter um MDEHC o mais coerente possível com a representação do relevo e da drenagem, os dados de entrada necessitam estar consistidos com uma qualidade e estrutura mínima aceitáveis. Assim, os dados cartográficos foram pré-processados com operações topológicas e edições manuais para corrigir eventuais erros.

Inicialmente, foram criadas as topologias para os dados vetoriais de linhas de altimetria e hidrografia, que em seguida foram corrigidas com a ferramenta *error inspector*. As regras utilizadas para ambos os casos foram *Must Not (Overlap, Intersect, Self-Overlap, Self-Intersect)* e *Must be a single Part*. Dessa

maneira, os erros cartográficos referentes à altimetria foram eliminados, porém a hidrografia precisou ser editada manualmente, pois se verificou que ela estava desconectada em algumas partes, enquanto em outras o rio subia a vertente, além de os canais de margem dupla terem sido transformados em margem simples (CHAVES, 2002). A Figura 4 ilustra algumas inconsistências cartográficas encontradas nas bases do IBGE.

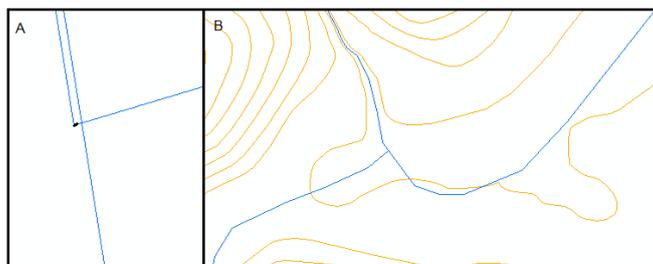


Figura 4. Inconsistência cartográfica: A) corrigida pela topologia; B) corrigida pela edição manual.

Fonte: Elaborado pelos autores

A seguir gerou-se o MDEHC com o uso da ferramenta *Topo to Raster* do ArcGIS 10.3, que utiliza o algoritmo ANUDEM (*Australian National University DEM*). O tamanho das células de saída foi de 5 metros, valor encontrado pela aplicação da fórmula do erro cartográfico, que multiplica 0,2 mm pelo denominador da escala dos dados de entrada. Por fim, com o MDE criado pelo ANUDEM, a ferramenta *fill* foi usada para remover os erros residuais do relevo, gerando o MDEHC apresentado na Figura 5.

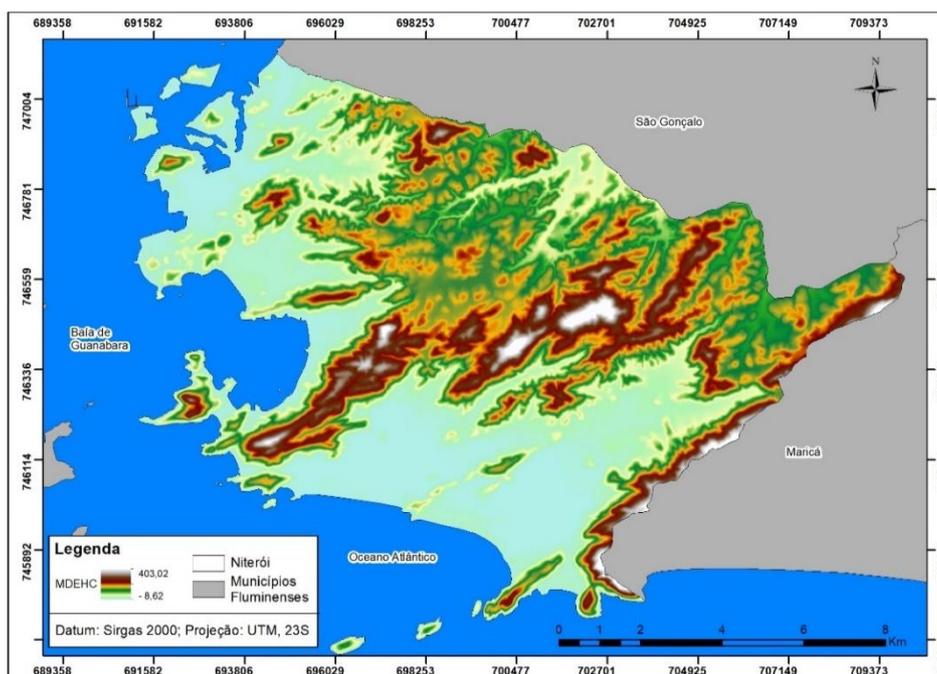


Figura 5. Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Condicionado. Fonte: Elaborado pelos autores

O MDEHC foi extrapolado em 1 km do limite municipal de Niterói, de forma a considerar a representação completa de todos os morros presentes em Niterói para o mapeamento das APP de topo de morro. Caso isso não fosse realizado, não seria possível mapear por completo todas as áreas da tipologia de APP de topo de morro.

A seguir foram delimitadas as APP, sendo considerado para efeito o Art. 4º da Lei nº 12.651 de 2012, que estabelece as seguintes áreas descritas no Quadro 1 como APP.

Tipologia	Critério de delimitação
Faixas marginais de qualquer curso d'água perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha regular do leito:	30m, para os cursos d'água de menos de 10m de largura;
	50m, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50m de largura;
	100m, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200m de largura;
	200m, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600m de largura;
	500m, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m.
Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica:	Raio mínimo de 50m.
Áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:	100m, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50m;
	30m, em zonas urbanas.
Áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais:	Na faixa definida na licença ambiental do empreendimento, observando-se a faixa mínima definida de 30m e máxima de 100m em área rural e a faixa de 30m em área urbana.
No topo de morros, montes, montanhas e serras:	Com altura mínima de 100m e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação, sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.
As encostas ou partes destas:	Declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.
As bordas dos tabuleiros ou chapada:	Até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais.
As restingas:	Como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.
Manguezais:	Em toda a sua extensão.
Áreas em altitude superior a 1800m:	Em toda a sua extensão.
Veredas:	A faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Para delimitação da APP de nascente e faixa marginal utilizou-se a hidrografia com um raio de 1 km partindo do limite de Niterói, uma vez que há rios próximos do limite municipal, como em São Gonçalo e em Maricá, cuja sua APP de faixa marginal ou nascente se localizam dentro da área de estudo. Os canais fluviais foram considerados unifilares, ou seja, sem largura, uma vez que não havia essas informações na tabela de atributos das bases cartográficas do IBGE.

Para delimitar a APP de nascente foi criado um *shapefile* de ponto no início de todos os canais fluviais e em seguida foi aplicada a operação de *buffer* considerando um raio de 50 m em todos os pontos. Por fim, foram selecionadas apenas as áreas dentro do limite municipal de Niterói. Para delimitar as APP de faixa marginal aplicou-se um *buffer* de 30 m para ambos os lados dos rios. Cabe destacar que o Canal Camboatá não foi considerado, visto que é artificial. Posteriormente, essas geometrias foram selecionadas dentro do município de Niterói.

Para delimitação das APP de lagos e lagoas naturais foram utilizados os dados de massa d'água do IBGE. A partir das bases vetoriais das lagoas Piratininga e Itaipu, aplicou-se a operação de *buffer* com raio de 30 m, por estarem em uma zona urbana, conforme prevê o terceiro Código Florestal. Posteriormente, removeu-se a área das lagoas do *shape* anteriormente criado com a ferramenta *erase*, sobrando apenas a área do entorno das lagoas.

Para mapear a APP de encosta criou-se um arquivo matricial de declividade usando como insumo o MDEHC por meio da ferramenta *slope*. Em seguida, foram selecionados apenas os pixels com declividade acima de 45°.

Para delimitar a APP de topo de morro empregou-se a metodologia proposta por Oliveira e Filho (2013), a qual requer que o Modelo Digital de Elevação (MDE) extrapole o limite da área de estudo, uma vez que os morros fronteiros podem ser cortados pelo limite municipal, prejudicando a obtenção de suas bases hidrológicas, dos seus topos do morro, e de seus respectivos pontos de celas mais próximos. Por conseguinte, o MDE utilizado extrapolou em um 1 km o limite municipal, visto que dessa forma preservar-se-iam integralmente os morros. Os principais procedimentos da metodologia estão apresentados na Figura 6.

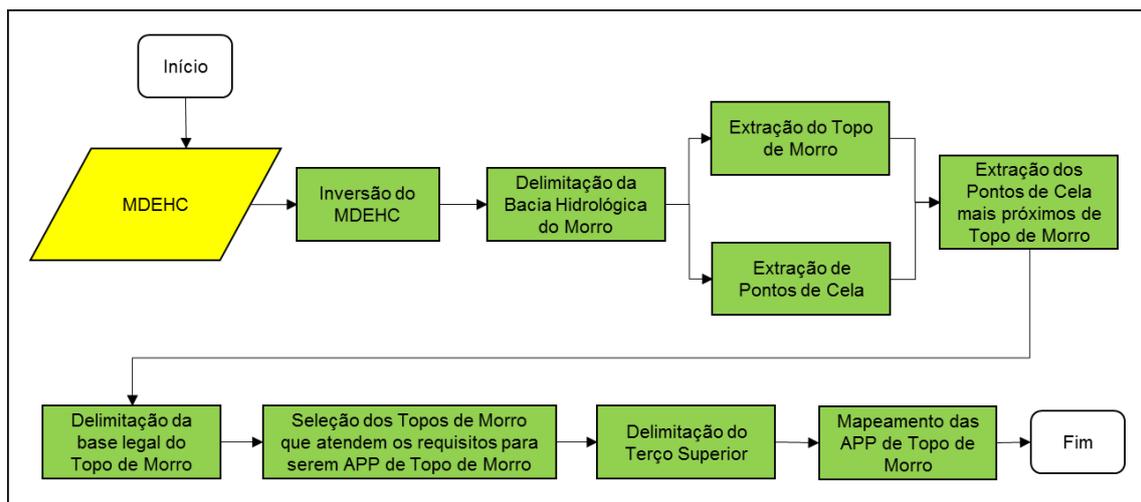


Figura 6. Fluxograma das atividades para delimitação da APP de topo de morro pela metodologia proposta por Oliveira
Fonte: Elaborado pelos autores

Tal metodologia requer como dado de entrada apenas um MDE que represente por completo todos os morros da área de estudo. O primeiro procedimento é a inversão do MDE, ou seja, os pontos mais elevados foram transformados nos mais baixos e vice-versa. Isso é feito através da subtração de um valor “n” pelo MDE, desde que “n” seja maior do que todas as células presentes no MDE (OLIVEIRA e FILHO, 2013). Com o MDE invertido obtém-se a base hidrológica, e com esta, o topo de morro e os pontos de cela. Em um MDE normal, o escoamento superficial iria do ponto de maior altitude para as partes mais rebaixadas, denominados de pontos de cela. Contudo, em um MDE invertido, o escoamento flui dos pontos de cela para os topos de morros. Assim, o topo de morro coincide com os pontos de menor altitude e maior concentração do fluxo superficial dentro de cada base hidrológica dos morros, e a base hidrológica do morro corresponde às linhas que conectam os pontos de cela. Para obter os pontos de celas mais próximos do topo de morro calcula-se a distância entre todos os pontos de cela, dentro das linhas da base hidrológica para seu respectivo topo, selecionando as de menor distância (OLIVEIRA & FILHO, 2013).

Cabe destacar que a base legal do morro é definida pela lei 12.651 como sendo a cota do ponto de cela mais próximo da elevação, ou seja, do topo do morro (BRASIL, 2012). Dessa forma, apenas os *pixels* com valor de altitude igual ou acima da elevação da base legal do morro, dentro de sua base hidrológica, foram determinados como morro.

O próximo passo consistiu em selecionar apenas os morros que atendem os requisitos legais para serem enquadrados como APP de topo de morro, descartando todos os demais que não atenderam a tais parâmetros. Assim, eles devem ter a altitude relativa (altura entre o topo do morro e sua base legal) de 100 metros e a inclinação média de 25° graus ou superior (BRASIL, 2012). Por fim, delimitaram-se os terços superiores dos morros, os quais são as APP de topo de morro.

Em função de algumas classes espectrais na imagem RapidEye terem uma resposta espectral muito semelhante, especialmente no caso de áreas urbanas com afloramento rochoso, solo exposto, praia/cordão arenoso, área úmida e massa d'água, a classificação abrangendo todo o município de Niterói se mostrou insatisfatória, com grande confusão entre as classes temáticas. Com o propósito de minimizar tais erros, a classificação abrangeu apenas as áreas de APP mapeadas, sendo dividida em três blocos. O Bloco 1 conteve todas as APP de encostas e de topo de morro, além de algumas geometrias de APP de nascente e faixa marginal que tivessem afloramentos rochosos. O Bloco 2 abrangeu as APP de lagos e lagoas naturais em toda sua extensão, bem como APP de faixa marginal que tivessem a presença de mangues e áreas úmidas. O Bloco 3 contemplou as áreas restantes e foi classificado pelo classificador MaxVer, enquanto nos demais blocos foi realizado a classificação manual, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 7.

Para auxiliar a identificação dos objetos e das classes presentes na imagem RapidEye foram usadas as imagens das ortofotos do IBGE do estado do Rio de Janeiro e as imagens presentes no Serviço de Imagem da ESRI (*World Imagery*). A composição colorida em falsa cor 3R4G5B foi usada para classificar a imagem RapidEye.

As amostras foram devidamente distribuídas por todo o Bloco 3 e as classes com áreas maiores apresentaram mais pixels amostrados, enquanto aquelas com menor incidência contaram com menos pixels amostrados. As amostras foram avaliadas através do histograma e do dispersograma, e caso houvesse alguma confusão entre as amostras das classes, elas eram excluídas e eram selecionadas novas até a resolução de tal problema. Para a avaliação da acurácia usou-se a Exatidão Global, a qual é obtida por meio da Matriz de Confusão.

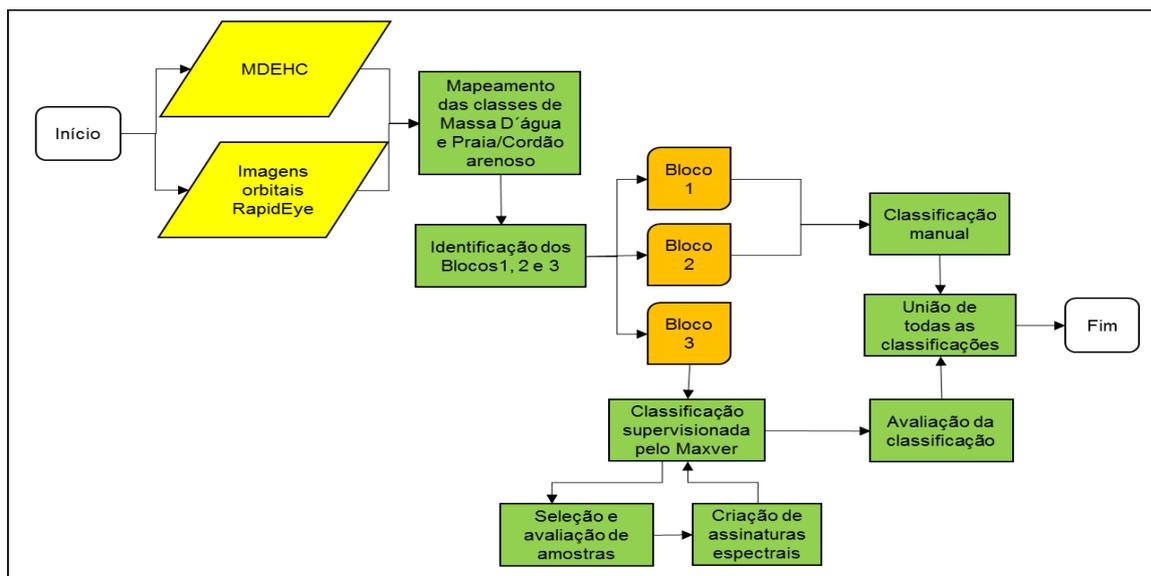


Figura 7. Fluxograma da Metodologia usada para a classificação da Imagem RapidEye. Fonte: Elaborado pelos autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente cabe ressaltar que em função do efeito escada¹, a área de APP (*shapefile* com todas as áreas de APP juntas e dissolvidas) e a área do *shapefile* da classificação do uso e cobertura da terra não são as mesmas, apresentando uma diferença entre ambas menor de 0,1% da área das APP mapeadas. Tal fato também foi observado por Caldas (2007) quando comparou a área entre as APP mapeadas e o mapa de uso e cobertura da terra. Dessa forma, as áreas de todos os resultados apresentados serão referentes ao dado vetorial da classificação do uso e cobertura da terra. Os resultados apresentados estão aproximados em duas casas decimais. Para fins de análises, a área de Niterói foi considerada em 133,74 Km², valor obtido por meio do *shapefile* dos municípios fluminenses na escala cartográfica de 1:25.000 e na projeção UTM.

Avaliação do mapa de uso e cobertura da terra

Para avaliar a acurácia da classificação pelo algoritmo MaxVer, no Bloco 3, foi utilizada a matriz de confusão apresentada no Quadro 2. As classes encontradas nas linhas correspondem às classes obtidas

¹ Isso ocorre quando a borda das células matriciais produz um efeito em escada na borda dos limites vetoriais, resultando em uma diferença de área entre o dado vetorial e matricial.

pelo classificador, e aquelas presentes nas colunas são consideradas como a informação verdadeira, obtida pela verificação.

Amostras					
Classes	VF	VC	AU	SE	Total de Colunas
Vegetação Florestal/Arbórea (VF)	94	3	4	0	101
Vegetação Campestre (VC)	9	6	0	0	15
Área Urbana (AU)	0	0	26	3	29
Solo Exposto (SE)	2	1	9	3	15
Total de Linhas	105	10	39	6	160

Quadro 2. Matriz de Confusão.

Os valores presentes na diagonal principal da matriz de confusão, ou seja, do canto superior esquerdo para o canto inferior direito, são considerados corretamente classificados, enquanto todos os demais representam os erros (LONGLEY *et al.*, 2013). A exatidão global do mapa foi de 0,806, ou seja, 80,63%.

As Classes de Vegetação Florestal/Arbórea e Área Urbana foram bem classificadas, com um índice de 93% de acerto para a primeira categoria e 89,65% para a sua segunda. Contudo, as classes de Vegetação Campestre e Solo Exposto tiveram um índice muito baixo de acerto, sendo ambas superestimadas. Em alguns locais, o classificador considerou a Vegetação Florestal/Arbórea como Vegetação Campestre em função da alta reflectância nas bandas do vermelho e do infravermelho. Para o solo exposto, a confusão ocorreu mais em áreas urbanas densas em prédios altos com sombras e vias asfaltadas, as quais tinham grande absorção em tais bandas.

Mapa de Uso e Cobertura da Terra

O mapa de uso e cobertura da terra das APP no município de Niterói, elaborado a partir da imagem RapidEye, é exposto em cinco mapas diferentes, os mapas a, b, c, d, e e da Figura 8 representam cada uma das regiões administrativas, na medida em que algumas classes não tinham uma área significativa para serem visualizadas em um mapa com toda a extensão municipal.

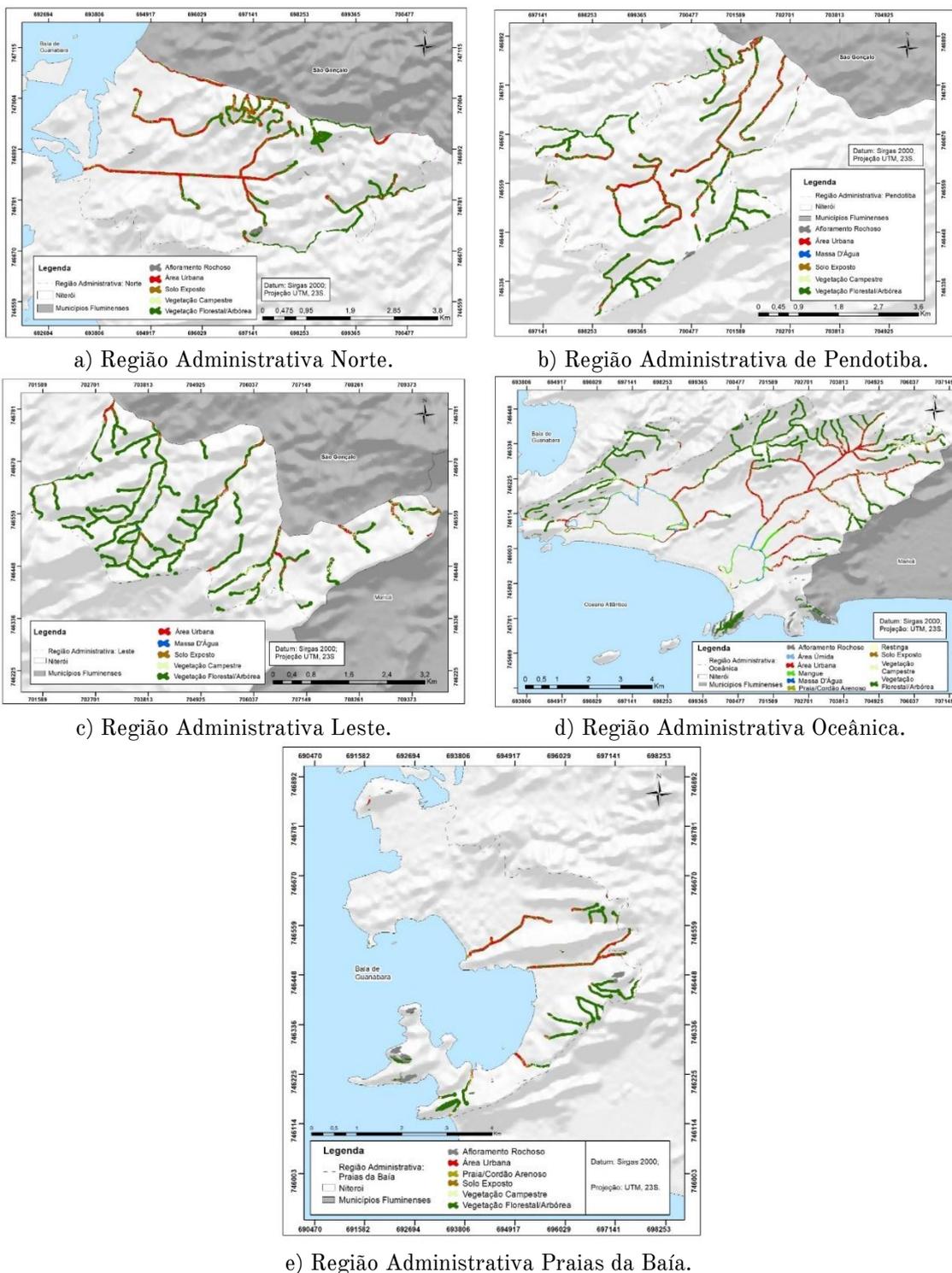


Figura 8. Mapa de uso e cobertura da terra das Regiões Administrativas de Niterói. Fonte: laborado pelos autores.

As classes de uso e cobertura da terra presentes são: Afloramento Rochoso; Área Úmida; Área Urbana; Mangue; Massa D'Água; Praia/Cordão Arenoso; Restinga; Solo Exposto; Vegetação Campestre; Vegetação Florestal/Arbórea, conforme apresentado na Tabela 1. A classe de

Vegetação Florestal/Arbórea é a maior categoria com 8,2 km², representando 58,6% das áreas mapeadas, estando predominantemente em terrenos geomorfológicos de morros e serras isoladas, aqueles com maior elevação. A Área Urbana é a segunda maior categoria mapeada com área de 2,33 km², situada normalmente em planícies. O Solo Exposto é a terceira maior classe com 1,1 km², o que representa 7,88% da área mapeada. A Vegetação Campestre é a quarta classe mais presente, distribuída por toda cidade, ocupando tanto terrenos mais elevados, como serras isoladas e morros, quanto planícies. O Afloramento Rochoso é a quinta classe mais encontrada com 0,67 km² e está atado em geral a terrenos de grande altitude e grande declividade, como as serras isoladas. As classes de Mangues e Áreas Úmidas ocupam a sexta e a sétima posição das classes mais presentes, com 2,23 e 1,37 km² respectivamente, e estão em ambientes próximos às Lagoas de Piratininga e Itaipu.

Classe	Área (Km ²)	Área (%)
Afloramento Rochoso	0,67	4,82
Área Úmida	0,19	1,37
Área Urbana	2,33	16,68
Mangue	0,32	2,27
Massa D'água	0,05	0,05
Praia/Cordão Arenoso	0,02	0,13
Restinga	0,04	0,30
Solo Exposto	1,10	7,88
Vegetação Campestre	1,06	7,57
Vegetação Florestal/Arbórea	8,20	58,60

Tabela 1. Classes do mapa de uso e cobertura da terra por área e porcentagem.

A classe de Massa D'Água tem 0,05 km² e está presente em pequenos lagos artificiais nas Regiões Leste e Pendotiba, além de estar em locais de contato com as Lagoas de Piratininga e Itaipu. Isso ocorre, tendo em vista ter sido usado, como limite de tais lagoas para o mapeamento das APP, o limite presente nas bases cartográficas em 1:25.000, que não coincide em sua totalidade com o limite das lagoas na imagem RapidEye. As Restingas e a Praia/Cordão Arenoso são as menores classes mapeadas, com 0,04 e 0,02 km² respectivamente, e se encontram nos locais de transição entre os corpos hídricos continentais e as águas marítimas e da Baía de Guanabara. O resumo das classes de uso e cobertura da terra por região administrativa é apresentado na Figura 9.

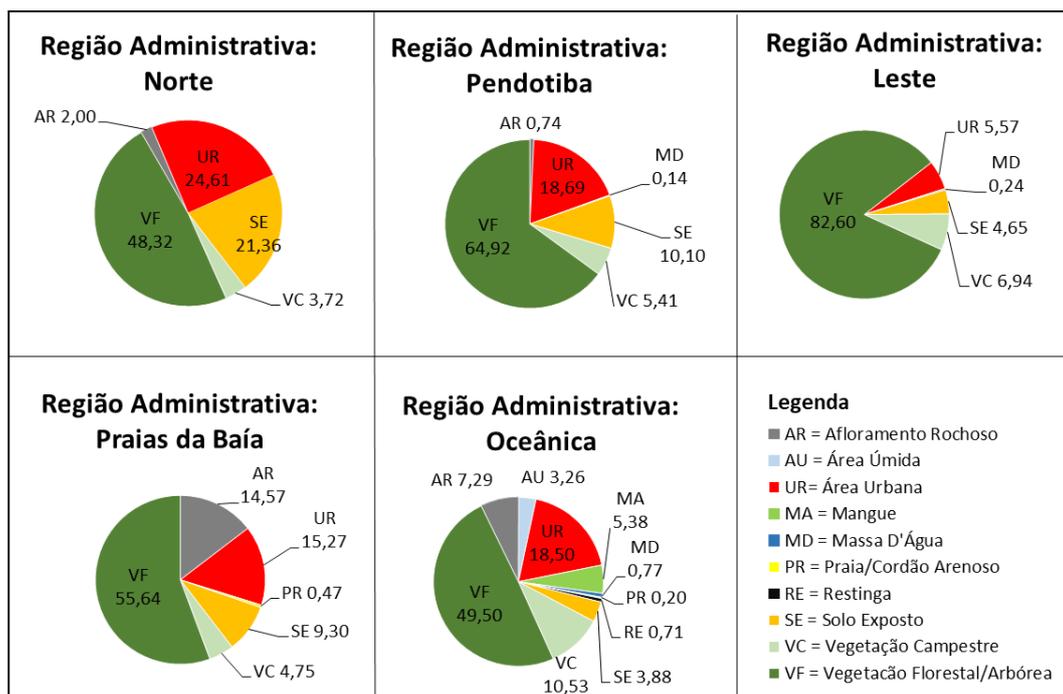


Figura 9. Proporção das classes de uso e cobertura da terra por Região Administrativa. Fonte: Elaborado pelos autores.

A classe de Massa D'Água tem 0,05 km² e está presente em pequenos lagos artificiais nas Regiões Leste e Pendotiba, além de estar em locais de contato com as Lagoas de Piratininga e Itaipu. Isso ocorre, tendo em vista ter sido usado, como limite de tais lagoas para o mapeamento das APP, o limite presente nas bases cartográficas em 1:25.000, que não coincide em sua totalidade com o limite das lagoas na imagem RapidEye. As Restingas e a Praia/Cordão Arenoso são as menores classes mapeadas, com 0,04 e 0,02 km² respectivamente, e se encontram nos locais de transição entre os corpos hídricos continentais e as águas marítimas e da Baía de Guanabara. O resumo das classes de uso e cobertura da terra por região administrativa é apresentado na Figura 9.

Áreas de Preservação Permanente

No município de Niterói as APP ocupam 10,45% do território municipal, com uma área sem sobreposição de 13,98 km². A categoria de APP com a maior área é a de faixa marginal, com 11,55 Km², o que representa 8,63% do território municipal e 78,82% das APP, enquanto a tipologia de topo de morro é a menos presente, com 0,44 Km², ocupando 0,33% de Niterói e 3% dos espaços com APP.

A distribuição das frequências é exposta na Tabela 2 e a sua espacialização é apresentada na Figura 10.

Um dos motivos que ajuda a explicar a baixa frequência de APP de topo de morro em Niterói se deve à alteração dos parâmetros de declividade na definição de Morro/Montanha, entre o segundo e o terceiro Código Florestal, com o último se tornando mais restritivo (RAMOS, 2014). O mesmo autor ressalta que, para o caso da cidade do Rio de Janeiro, as APP de topo de morro, pela nova legislação vigente, ficaram restritas a 35% da área ocupada pelo antigo código.

APP	Área (Km ²)	Percentual em relação à área total de APP (%)	Percentual do município de Niterói ocupado por APP (%)
Faixa Marginal	11,55	78,82	8,63
Lagos e Lagoas Naturais	0,58	3,97	0,43
Nascente	1,32	8,99	0,98
Topo de Morro	0,44	3,00	0,33
Encosta	0,77	5,23	0,57

Tabela 2. Área e percentual de APP por categoria de APP.

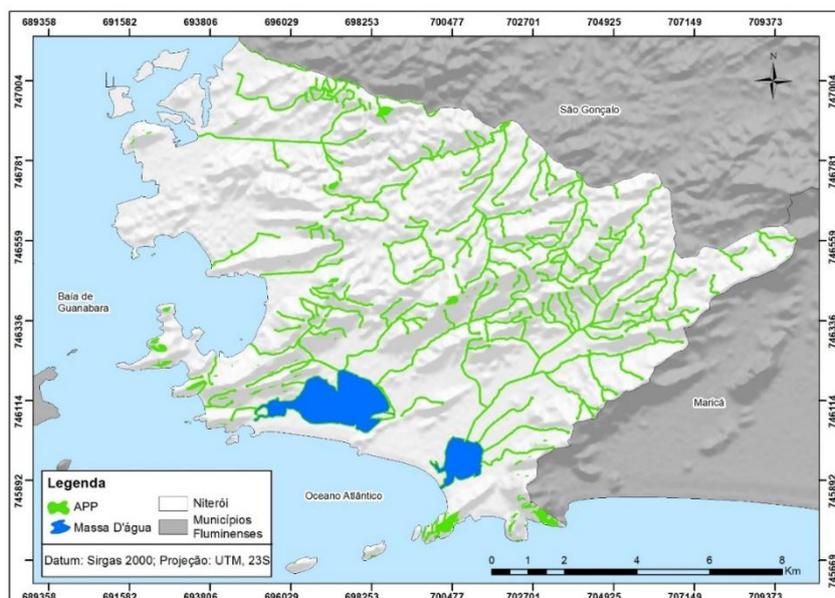


Figura 10. Áreas de Preservação Permanente no Município de Niterói.

Discussão

A análise do conflito de uso e cobertura da terra em APP consiste em verificar quais espaços estão devidamente conservados, com sua cobertura correta, e quais são aqueles que têm outras finalidades, que não estão ligadas com sua conservação e proteção. Assim, as classes do mapa de uso e cobertura da terra foram separadas em dois grupos: APP conservadas, com o uso e a cobertura adequados, e APP não conservadas, sem o uso e cobertura adequados. O primeiro grupo compreende as classes de Afloramento Rochoso, Área Úmida, Mangue, Massa D'Água, Praia/Cordão Arenoso, Restinga e Vegetação Florestal/Arbórea. O segundo grupo abrange as classes de Área Urbana, Solo Exposto e Vegetação Campestre.

Do total de APP mapeadas, 9,49 km² ou 67,87% estão devidamente conservadas, ao passo que 4,49 km² ou 32,13% não estão conservadas. A Tabela 3 apresenta os percentuais de APP conservadas segundo a tipologia, e a Figura 11 apresenta a espacialização das APP conservadas e não conservadas em Niterói, enquanto as Figuras de 12 a 16 apresentam as áreas de APP detalhadas por região administrativa.

Tipologia	% de área conservada	% de área não conservada
Faixa Marginal	63,40	36,60
Lagos e Lagoas Naturais	85,61	14,39
Nascente	86,83	13,17
Topo de Morro	99,05	0,95
Encosta	98,90	1,10

Tabela 3. Percentual das áreas da APP conservadas e não conservadas por tipologia.

A categoria de APP de Faixa Marginal é aquela que se encontra mais desmatada, pois parte de sua área encontra-se nas planícies, feição geomorfológica mais ocupada em Niterói. Em contrapartida, as APP de topo de morro e encosta são aquelas mais conservadas, visto que normalmente ocupam lugares de difíceis condições para a ocupação humana, como elevadas altitudes, declividades e a presença de afloramentos rochosos. Exemplificando tal situação, 72,4% da área de APP de encosta encontra-se coberta por tal classe.

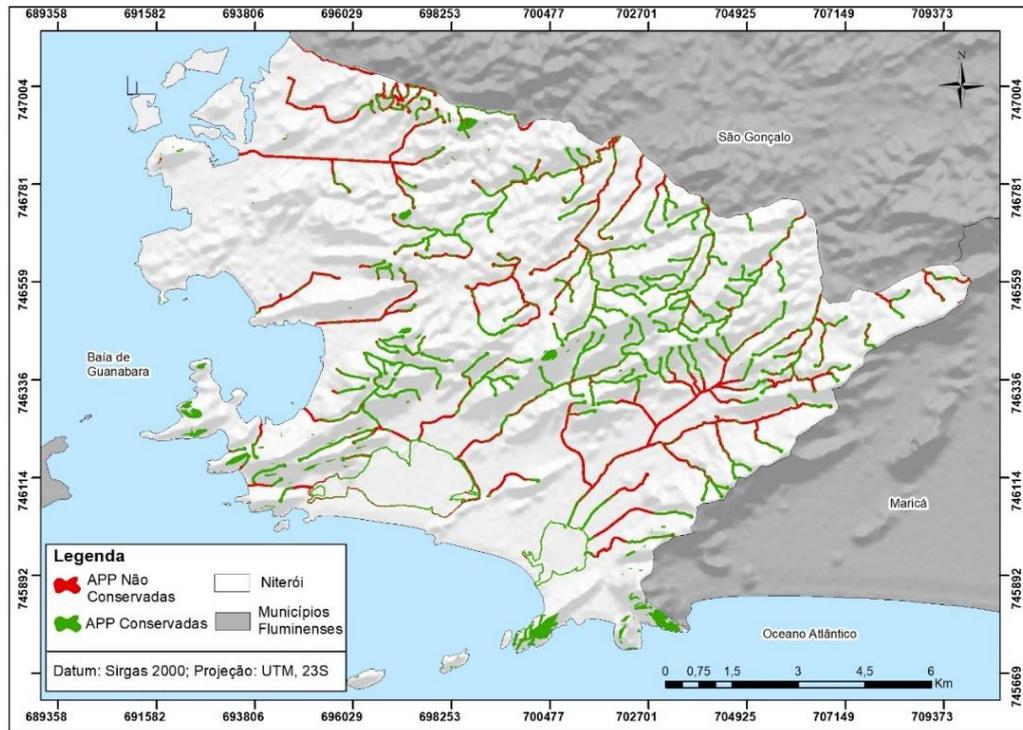


Figura 11. APP conservadas e não conservadas em Niterói. Fonte: Elaborado pelos autores..

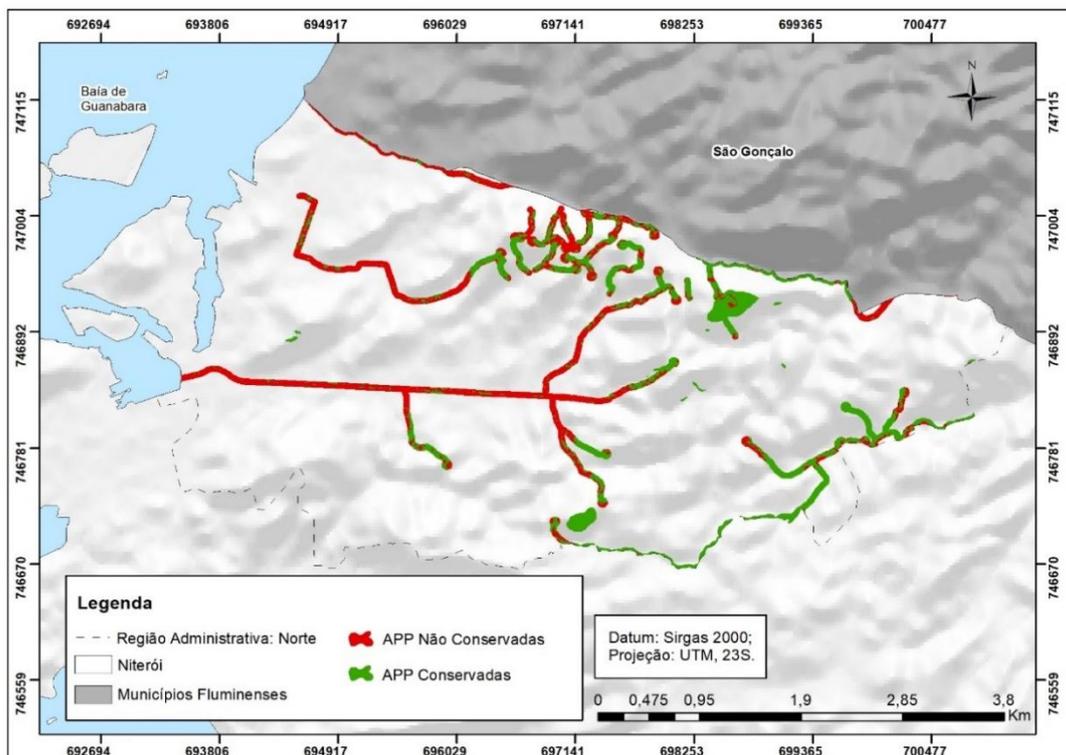


Figura 12. APP conservadas e não conservadas - Região Administrativa Norte. Fonte: Elaborado pelos autores..

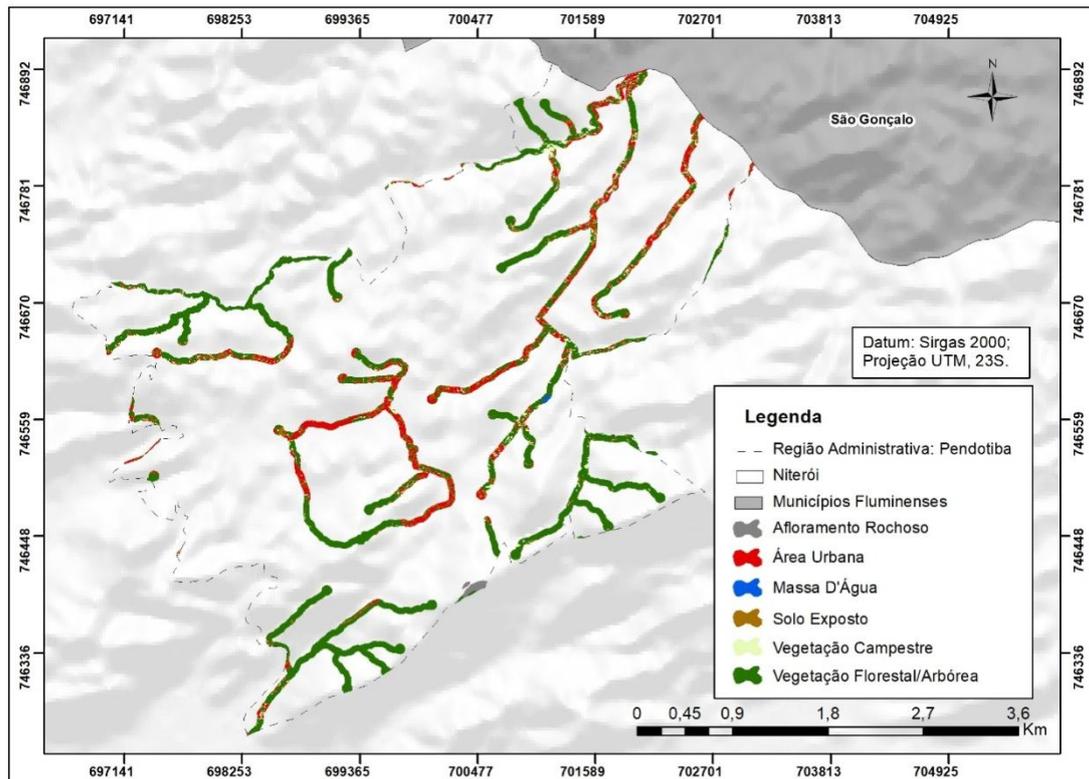


Figura 13. APP conservadas e não conservadas - Região Administrativa Pendotiba. Fonte: Elaborado pelos autores.

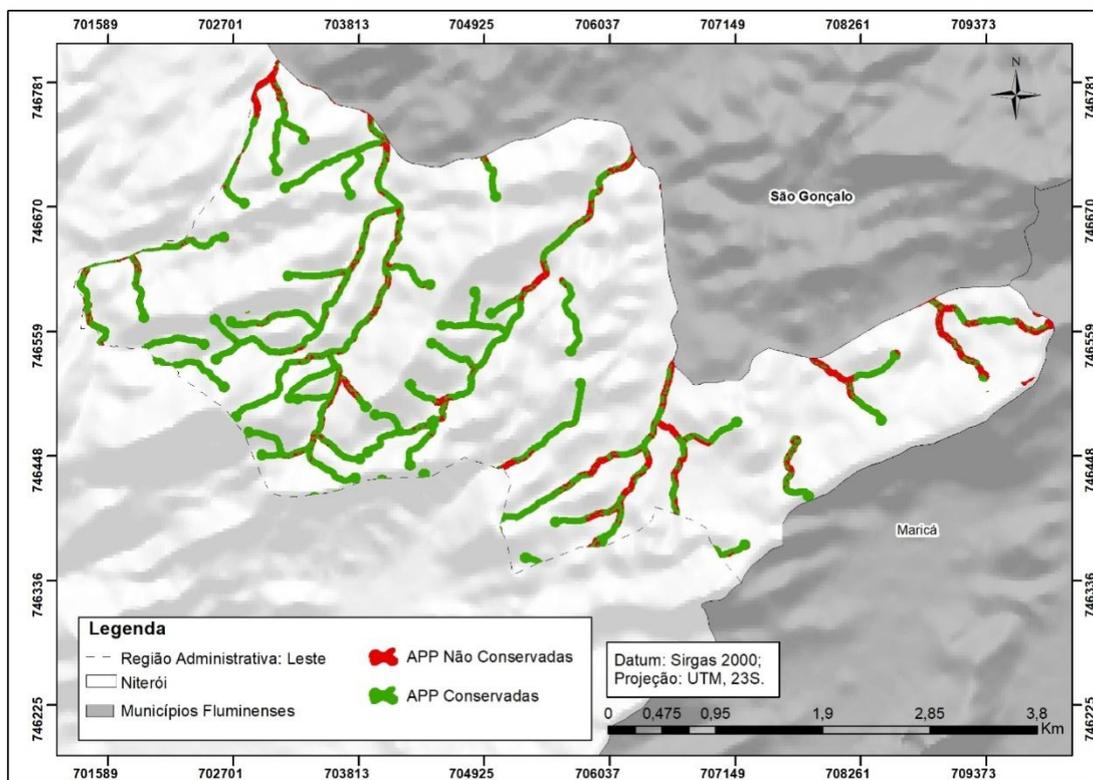


Figura 14. APP conservadas e não conservadas - Região Administrativa Leste. Fonte: Elaborado pelos autores.

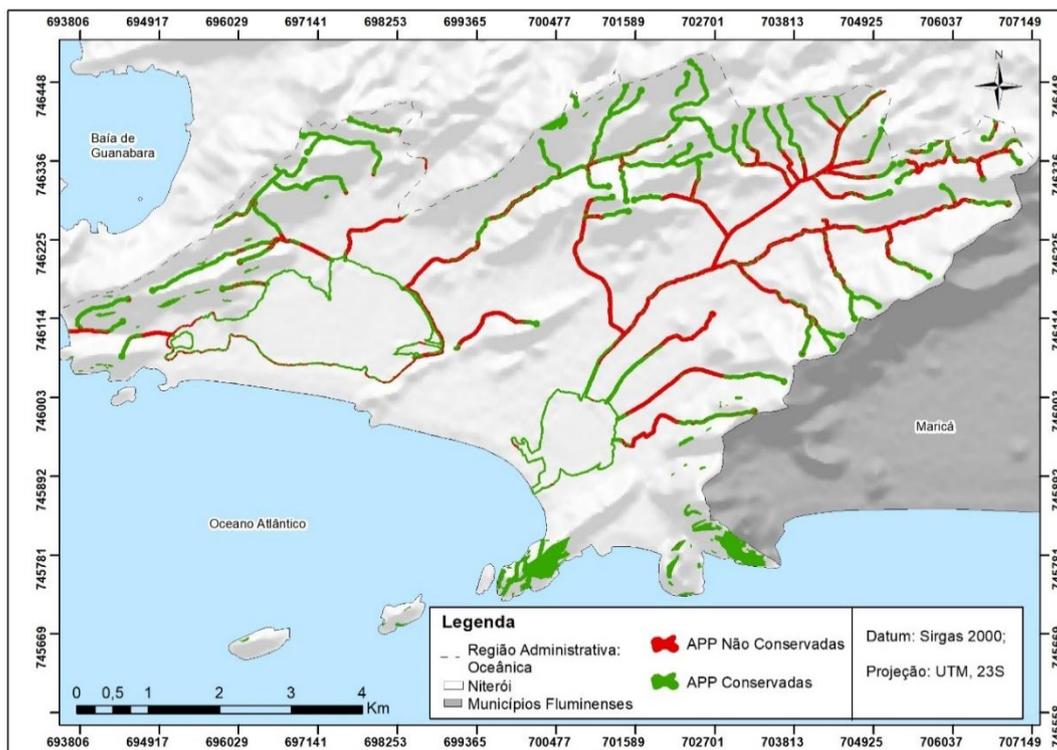


Figura 15. APP conservadas e não conservadas - Região Administrativa Oceânica. Fonte: Elaborado pelos autores.

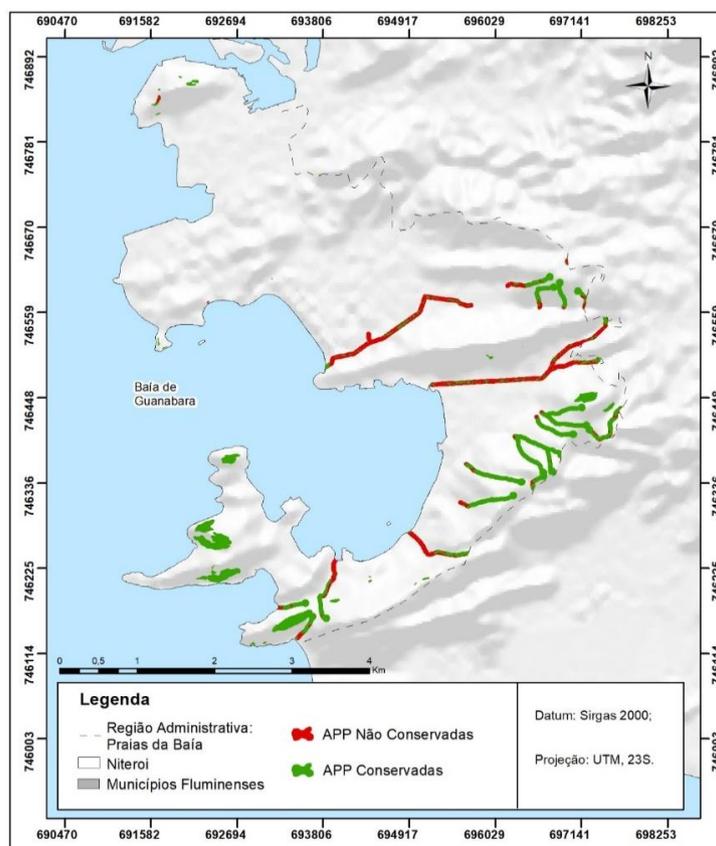


Figura 16. APP conservadas e não conservadas - Região Administrativa Praias da Baía. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos gráficos apresentados na Figura 17 estão expostos os principais usos indevidos em termos percentuais, por tipologia de APP. A Área Urbana é a principal classe de conflito com o terceiro Código Florestal de 2012, pois ocupa 2,33 km², além de ser a principal categoria de uso indevido em três tipologias de APP: em Faixa Marginal, em Lagos e Lagoas Naturais e em Encosta, com destaque para a primeira tipologia, dado que ocupa 2,17 km². A segunda maior classe de conflito é o Solo Exposto com 1,1 km², e lidera o conflito nas classes de APP de nascente e topo de morro. A Vegetação Campestre é a menor das classes conflituosas com 1,06 km², e tem a sua maior participação na APP de Faixa Marginal ocupando 1,02 km².

De acordo com os dados presentes na Tabela 4, a Região Norte apresenta o maior percentual de APP não conservadas com 49,68%, seguido por Pendotiba (34,20%), Oceânica (32,91%), Praia da Baía (29,32%) e Leste (17,16%), podendo estar relacionado com a grande ocupação humana, na medida em que apresenta o segundo maior contingente populacional e a segunda maior densidade demográfica, além do maior percentual de classe de uso e cobertura do solo de Área Urbana.

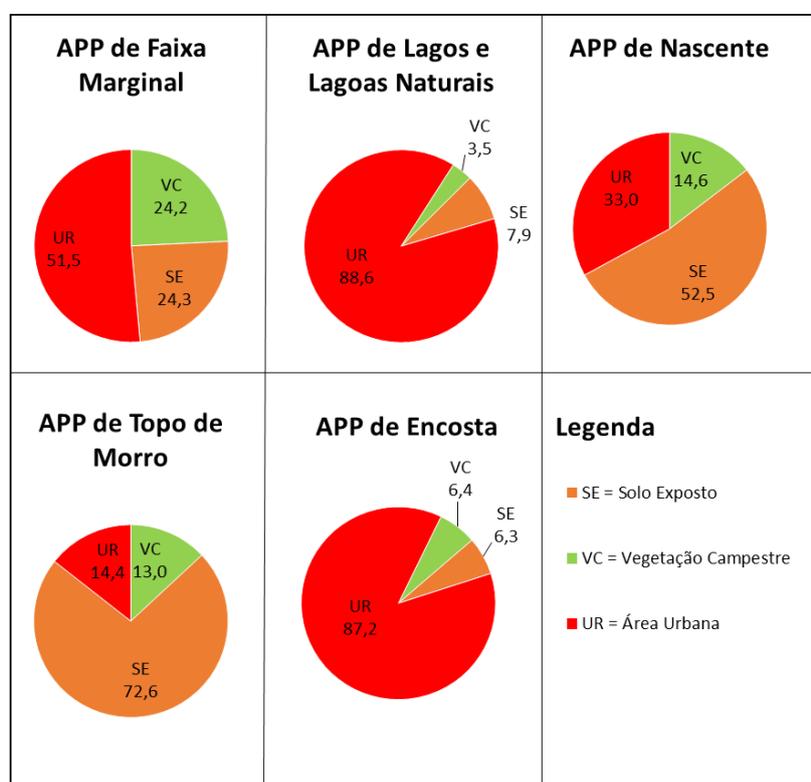


Figura 17. Tipologia de APP por classe de uso e cobertura da terra de Uso Indevido. Fonte: Elaborado pelos autores.

Tipologia	Área de APP conservada		Área de APP não conservada	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Norte	0,92	50,32	0,91	49,68
Pendotiba	1,58	65,80	0,82	34,20
Leste	2,11	82,84	0,44	17,16
Praias da Baía	0,92	70,68	0,38	29,32
Oceânica	3,96	67,09	1,94	32,9

Tabela 4. Área e percentual de APP protegida e não protegida por Região Administrativa.

A região Leste apresenta o menor percentual de APP não conservadas com 17,16%. Tal fato pode ser explicado pela região ter o menor contingente populacional, bem como a menor densidade demográfica. Isso se reflete na menor presença da classe Área Urbana, em relação às demais regiões administrativas, com 5,57%.

Um resultado surpreendente foram os baixos valores, tanto em termos absolutos quanto em relativos, de APP não conservadas na Região das Praias da Baía, visto que tal lugar conta com a maior população e a maior densidade demográfica de Niterói. Uma das causas poderia ser a baixa quantidade de áreas de APP na região, principalmente a da categoria de faixa marginal, a mais devastada, o que reduz em muito o conflito de uso e cobertura da terra em APP.

A Região Oceânica apresenta o maior valor absoluto de APP com usos indevidos, pela razão de contar com a maior área de APP de Faixa Marginal, além de boa parte dela estar localizada em planícies, local de grande ocupação humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar o conflito de uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente no município de Niterói, e para alcançar tal propósito, elaborou-se um MDEHC, mapeou-se as APP e confeccionou-se um mapa de uso e cobertura da terra.

Os métodos usados tanto para criar o MDEHC quanto para mapear as APP se mostraram satisfatórios. No entanto, a hidrografia do IBGE em 1:25.000 adquirida junto ao INEA-RJ não foi a

base de dados adequada, visto que alguns canais fluviais, principalmente aqueles que se encontravam nas áreas urbanas, não estavam mapeados por completos, cujo final terminava no continente, e não na Baía de Guanabara, Oceano Atlântico ou nas Lagoas de Piratininga e Itaipu. Isto ocorre muito provavelmente devido à alteração que os rios brasileiros sofrem em grandes núcleos urbanos, sendo muitas vezes canalizados e cobertos. Além disso, na base de dados também não constava a largura dos canais fluviais. Dessa forma, as APP de faixa marginal foram subestimadas, assim como o conflito de uso e cobertura em tais espaços, que possivelmente poderia ser maior.

Foram quantificados os valores e percentuais de áreas de APP devidamente conservadas e não conservadas em sua totalidade, bem como as mesmas informações para cada tipologia de APP mapeadas. Também se analisou as classes conflitantes de uso e cobertura da terra por categoria de APP. Por fim, foram analisados os conflitos de uso e cobertura da terra pelas regiões administrativas de Niterói.

Em razão dos serviços ecológicos prestados pelas APP em ambientes urbanos, como amenização de enchentes e movimentos de massas, é de supra importância que as prefeituras produzam esses dados e informações com o intuito de planejar e executar políticas que visem a sinalização, proteção, conservação e reocupação das APP degradadas.

Por fim, os métodos utilizados nesse trabalho se mostraram satisfatórios para a identificação dos conflitos de uso e cobertura da terra em Niterói. Para trabalhos futuros será necessário avaliar melhor a qualidade dos dados de entrada, mas sem esquecer a importância da escala cartográfica, uma vez que o uso de escala menores pode gerar resultado não confiáveis, pois os erros gráficos podem ser próximos ou iguais as áreas das próprias APP.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, F. de S.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. do C. Avaliação de Áreas de Preservação Permanente em superfície planimétrica e superfície modelada na área de proteção ambiental da Região Serrana de Petrópolis – RJ. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 29, p. 253-274, doi:10.12957/geouerj.2016.19220, 2016.

BERNARDES, L. M. C. Tipos de Clima do Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, vol. 14, p. 57-73. 1952.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BRASIL. Lei Federal N° 12.651. Brasília, DF, 2012 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CALDAS, F. P. Geoprocessamento aplicado na delimitação de Área de Preservação Permanente em Jaraguá do Sul, SC. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

CHAVES, M. A. Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a bacia da Amazônia. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. ArcGIS 10.3 Help: Topo to Raster (Spatial analyst), 2014.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. Apoio à Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) do Município de Niterói: Produto 7 – Diagnóstico Técnico – Volume 2/4, Relatório Técnico, 2015 A. Disponível em: <<http://urbanismo.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/diagnostico-tecnico-volume-1-3.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

HEILBRON, M. et al. From collision to extension: the roots of the south-eastern continental margin of Brazil. In: MOHRIAK, W.; TALWANI, M. (Org.). Geology and Geophysics of Continental Margins, Special Number of International Geophysical Association: v. 115, p. 1-34, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010RgaAdAgsn.asp>> . Acessado em Junho de 2016

LANA, V. M et al. Preparação de dados vetoriais do IBGE no Arcgis para a geração de modelos digitais de elevação hidrograficamente condicionados (MDEHCs). In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 2011.

LONGLEY, P. A. et al. Sistema e Ciência da Informação Geográfica. 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MMA/PROBIO – Ministério do Meio Ambiente/Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. 2016. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

OLIVEIRA, M. J. Proposta Metodológica para a delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeadas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

OLIVEIRA, G.C., FILHO, E. I. F. Metodologia para a delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informações geográficas. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu. Anais, 2013.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

RAMOS, J. A. S. Curso de Análise Espacial de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro, 2012.

- RAMOS, R. S. O Antigo e o Novo Código Florestal Brasileiro: Análise Quantitativa das Áreas de Preservação Permanente entre as Leis n° 4.771/1965 e n° 12.651/2012 na Cidade do Rio de Janeiro – RJ. Monografia (Pós-Graduação). Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2014.
- RIBEIRO, C. A. A. S. et al. Desafio de Delimitação de áreas de Preservação Permanente. Revista *Árvore*, n. 29, v.2, p. 203-212, 2005.
- SANTOS, M. A Urbanização Brasileira. 5 ed. São Paulo: Edusp, 2005.
- SEA - Secretaria Estadual do Ambiente. O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro. BASTOS, J., NAPOLEÃO, P. (Org.). Rio de Janeiro, 2010.
- SEA - Secretaria Estadual do Ambiente. O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro. BASTOS, J., NAPOLEÃO, P. (Org.). Rio de Janeiro, 2011.
- SILVA, J. A. A. O Código Florestal e a Ciência: Contribuições para o diálogo. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso, Academia Brasileira de Progresso, 2011.
- SILVA, L. F. M. et al. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento como subsídio para análise das áreas de preservação permanente do município de Olímpio Noronha, MG. In: 3ª Jornada Científica da Geografia, Anais, Afinetas, 2012.
- TCE-RJ. Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro, 2015: Niterói. 2015. Disponível em: <http://www.tce.rj.gov.br/web/guest/estudosocioeconomicos1?p_auth=i4IrnRYc&p_p_id=estudosocioeconomicomunicipios_WAR_tcerjestudosocioeconomicomunicipiosportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=2&_estudosocioeconomicomunicipios_WAR_tcerjestudosocioeconomicomunicipiosportlet_doSearch=doSearch&_estudosocioeconomicomunicipios_WAR_tcerjestudosocioeconomicomunicipiosportlet_javax.portlet.action=doSearch> Acesso em: 15 jun. 2016.
- VALERIANO, C. M. et al. Geologia e recursos minerais da folha Baía de Guanabara SF.23-Z-B-IV, Estado do Rio de Janeiro, escala 1:100.000. SILVA, L. C. (Org.). Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/pgb/rel_baia_guanabara .pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/pgb/rel_baia_guanabara.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2016.