

USO DO LiDAR NA CARACTERIZAÇÃO DE ESTRATOS VEGETAIS EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA: SUBSÍDIO À GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

USE OF LiDAR TO CHARACTERIZE VEGETATION STRATA IN AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT: A SUBSIDY FOR THE MANAGEMENT OF PROTECTED AREAS

Thiago dos Santos LEAL¹, Dayane Andrade da SILVA¹, Maria Carolina Fernandes de CAMPOS¹, João Pedro Monção da Silva PIRES², Ana Carolina Augusto de ALMEIDA³

¹Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade. Rua Visconde de Sepetiba N° 987, 10° andar Centro, Niterói, RJ. E-mail: thiago.leal@meioambiente.niteroi.rj.gov.br; andradedayane@id.uff.br; mcfcampos4@gmail.com

²Universidade Federal do Rio de Janeiro. Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: geopires00@gmail.com

³Universidade Federal do Rio de Janeiro. Avenida Carlos Chagas Filho, 373, - Cidade Universitária Rio de Janeiro, RJ. E-mail: anabiologiarj@gmail.com

Introdução
Área de estudo
Material e métodos
Levantamento da base de dados
Pré-processamento dos dados
Trabalho de campo
Análise e integração de dados
Resultados e discussões
Considerações finais
Referências

RESUMO - A necessidade de preservação e de recuperação de fragmentos de floresta ombrófila densa de Mata Atlântica em grandes centros urbanos, em especial das áreas protegidas, é de grande relevância pelos serviços ecossistêmicos ofertados. Neste contexto, o Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT), em especial o seu setor Montanha da Viração apresenta fragmentos florestais com grande biodiversidade, mas também áreas degradadas. Assim o objetivo deste trabalho é caracterizar a vegetação utilizando dados do LiDAR a partir do Modelo Digital de Altura da Vegetação (MDAV), aplicando os parâmetros altimétricos da Resolução CONAMA n° 006/1994 e da Lei Municipal n° 2602/2008, de forma a contribuir para uma melhor compreensão de suas ocorrências e potencial de restauração e, consequentemente, na melhor gestão da unidade de conservação. Os resultados mostraram uma predominância de indivíduos arbóreos, os quais ocupam 83,51% do setor estudado do PARNIT. Além disso, destaca-se a classe de tendência de floresta em estágio médio, representando 51,18% da vegetação encontrada neste setor da unidade de conservação. A partir do trabalho de campo para avaliação dos fragmentos com tendência de estágio sucessional avançado, foi observado em três áreas fragmentos de espécies exóticas e invasoras, demonstrando o potencial da ferramenta para a gestão ambiental.

Palavras-chave: LiDAR. PARNIT. Conservação. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT - The need to preserve and restore fragments of dense Atlantic rainforest in large urban centers, especially protected areas, is of great importance because of the ecosystem services they provide. In this context, the Niterói Municipal Natural Park (PARNIT), especially its Montanha da Viração sector, has forest fragments with great biodiversity, but also degraded areas. The work aims to characterize vegetation using LiDAR from the Digital Vegetation Height Model (MDAV), applying the altimetric parameters of CONAMA Resolution 006/1994 and Law 2602/2008 of the municipality, in order to contribute to a better understanding of its occurrences and restoration potential and, consequently, to better management of the conservation unit. The results showed a predominance of arboreal individuals, which occupy 83.51% of the studied sector of PARNIT. In addition, the medium-stage forest trend class stands out, representing 51.18% of the vegetation found in this sector of the conservation unit. Fieldwork to assess the fragments with an advanced successional stage trend revealed fragments of exotic and invasive species in three areas, demonstrating the tool's potential for environmental management.

Keywords: LiDAR. PARNIT. Conservation. Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

A diversidade dos fragmentos florestais de ombrófila densa de Mata Atlântica por vezes pode dificultar levantamentos de parâmetros que auxiliem na gestão ambiental das unidades de conservação da natureza. De acordo com Neto (2022), a biodiversidade e a densidade de indivíduos aumentam o tempo e custo para a obtenção de informações. Assim é relevante o uso de novas

técnicas de mapeamento por sensoriamento remoto que permitam estimar a altura da vegetação, contribuindo para estimativa na identificação das fases de sucessão florestal e outras informações, que podem ser relevantes na gestão da unidade de conservação.

O município de Niterói, situado na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, abriga

uma rica diversidade de ecossistemas e áreas protegidas de grande relevância ambiental. Dentre essas áreas, destaca-se o Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT), uma unidade de conservação de proteção integral, a qual é subdividida em três setores distintos, cada um com suas características peculiares: o Setor Costeiro-Lagunar, o Setor Guanabara e o Setor Montanha da Viração (PMN/SMARHS, 2021). Este último é o maior setor em termos de área e se apresenta como um ambiente desafiador devido a ocorrência de uma vegetação densa e áreas degradadas de difícil acesso, exigindo métodos que permitam extrair informações de forma remota para que a vistoria em campo seja mais efetiva (realizada em menos tempo, com menos recurso e em possíveis pontos de relevância ambiental).

Nesse contexto, o uso de geotecnologias de sensoriamento remoto (SR), como o sistema LiDAR (*Light Detection and Ranging*), desempenha um papel fundamental pois permite estimar a altura da cobertura da vegetação (Tompalski & Wezyk, 2012; Garcia-Gutierrez et al., 2014, Amorim, 2020, Martins et al., 2007). O LiDAR é uma técnica de sensoriamento remoto baseada na emissão de pulsos de laser disparados contra a superfície da terra, a qual reflete a energia de volta para o sensor. Em seguida, a distância é calculada a partir do tempo que essa energia demorou para retornar ao sensor, formando uma nuvem de pontos com coordenadas planialtimétricas. (Kersting et al., 2005; Maciel, 2011).

Em termos de precisão, o LiDAR apresenta

ÁREA DE ESTUDO

Localizado no município de Niterói – RJ, em meio a uma área de urbanização consolidada, o Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT) é uma unidade de conservação (UC) de proteção integral criada pelo Decreto Municipal nº 11744/2014 que, posteriormente, sofreu alterações a partir da Lei Municipal nº 3543/2020. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei Federal nº 9985/2000) define que as unidades de proteção integral objetivem a “manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais” (BRASIL, 2000). Partindo deste princípio, a Portaria SMARHS nº 12/2021, que instituiu o Plano de Manejo do PARNIT, afirma que essa UC “destina-se à proteção da

maior capacidade de penetração do dossel em relação à fotogrametria em áreas florestais (Kraus & Pfeifer, 1998; Liu, 2008). Vários trabalhos têm utilizado o LiDAR na avaliação de floresta ombrófila densa de Mata Atlântica e também de outros biomas, apresentando bom desempenho a partir do Modelo Digital de Vegetação (MDV), também chamado de Modelo Digital de Altura (MDA), Modelo Digital das Copas (MDC) e Modelo Digital de Altura das Árvores (MDAA) na estimativa de biomassa, na análise da altura da vegetação (relacionando com outros fatores, como a declividade de encosta), no monitoramento da restauração florestal, na estratificação horizontal em escala de um ecossítio entre outros (Ribas, 2011; Abreu, 2014; Conto, 2015; Caris, 2018; Ferreira et al., 2020; Bittencourt Junior, 2021).

Este artigo propõe caracterizar a vegetação a partir da estimativa da altura usando dados LiDAR no Setor Montanha da Viração do PARNIT, com base no Modelo Digital da Altura da Vegetação (MDAV), utilizando como parâmetros altimétricos a Resolução CONAMA nº 006/1994 (a qual estabelece os estágios sucessionais da vegetação) e a Lei Municipal nº 2602/2008 (a qual classifica os estratos vegetais em herbáceas, arbustos e árvores a nível municipal), quantificando a área proporcional de cada estrato, com subsídio de análise *in situ*, de forma a contribuir para uma compreensão mais profunda de sua ocorrência e potencial de restauração, auxiliando na melhor gestão da unidade de conservação.

paisagem e dos ecossistemas da Mata Atlântica, ao turismo, uso público, educação ambiental e pesquisa científica” (NITERÓI, 2021).

O PARNIT é dividido em três setores, a saber: o Setor Montanha da Viração (correspondendo a 91,22% da área total), o Setor Costeiro-Lagunar (correspondendo a 8,11% da área total) e o Setor Guanabara (correspondendo a 0,67% da área total). O recorte espacial deste trabalho é circunscrito ao Setor Montanha da Viração, ilustrado na figura 1, pois é onde as florestas estão majoritariamente inseridas (PMN/SMARHS, 2021) e, por isso, necessitam de maior monitoramento e controle, além de estudos que possibilitem o manejo adequado tanto das áreas degradadas, quanto de florestas.

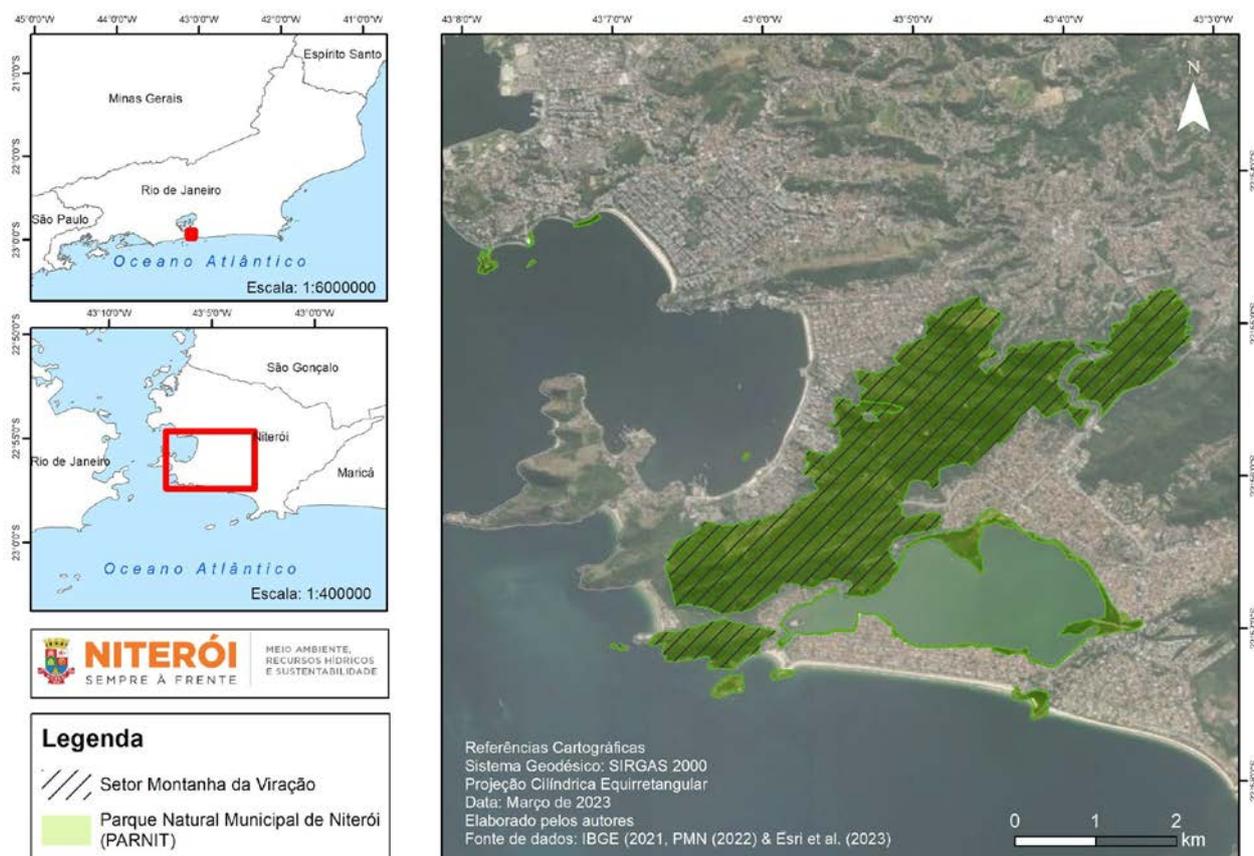


Figura 1 - Localização do Setor Montanha da Viração no PARNIT, Niterói – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

Levantamento da base de dados

Esta etapa consistiu na revisão bibliográfica e no levantamento e criação da base de dados georreferenciados em formato digital para a elaboração dos mapas temáticos. Realizou-se o levantamento de dados do tipo vetor em formato *shapefile* (.shp) do limite da unidade de conservação (PARNIT) e uso e cobertura da terra na escala de 1:2.000 confeccionado pela Prefeitura Municipal de Niterói/Secretaria de Urbanismo e Mobilidade (PMN/SMU) em 2022, com base no ortofotomosaico de 2019 (resolução espacial de 10 cm), disponibilizado no Sistema de Gestão da Geoinformação (PMN/SIGEO, 2023) da Prefeitura Municipal de Niterói. E também da nuvem de pontos LiDAR de 2019 (com 5 pontos por metro quadrado - 5ppm²) para o Modelo Digital de Superfície (MDS) e para o Modelo Digital de Terreno (MDT), também disponibilizados no Sistema de Gestão da Geoinformação (PMN/SIGEO, 2023).

Esclarece-se que os dados do LiDAR (formato *las*) são fruto de um produto de perfilamento a laser para todo o município contratado pela prefeitura no ano de 2019, no qual foi utilizada a aeronave Robinson 44 Raven

II, prefixo PR-CCK, em altitude média de voo de 3.500m (PMN/SIGEO, 2023).

Pré-processamento dos dados

Após a estruturação do banco de dados através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com uso do software ArcGIS 10.8® e, a partir das ferramentas “3D Analyst” e “LAS Dataset”, foram gerados o MDS e o MDT, com resolução espacial de um (1) metro. Tendo em vista os objetivos deste trabalho, optou-se pela escala de mapeamento 1:5.000, em que 1 metro atende os padrões cartográficos escolhidos e o dado do LAS também atende a esta escala (5ppm²).

Depois da geração do MDS e MDT, foi produzido o Modelo Digital de Altura das Árvores (MDAA), sendo utilizada, neste trabalho, a nomenclatura Modelo Digital da Altura da Vegetação (MDAV), uma vez que também se identificou espécies herbáceas e arbustivas, e não apenas árvores, sendo mais representativa para o objetivo pretendido. A geração do MDAV é resultado da subtração do MDS em relação ao MDT (Corte et al., 2023), utilizando a ferramenta “Raster Calculator” do ArcGIS 10.8® (Figura 2).

Para minimizar o efeito de “salpicamento” do

modelo gerado, foi aplicada a filtragem no MDAV com o uso da ferramenta “Majority Filter” do software QGIS 3.16. Como a escala de trabalho foi de 1:5.000, conforme já salientado, foi utilizada uma área mínima para mapeamento

de 100m² (2x2mm), empregando a ferramenta “Eliminate” do ArcGIS 10.8®. Assim, os polígonos com área menor que 100m² foram fundidos aos polígonos vizinhos com a mais longa borda compartilhada.

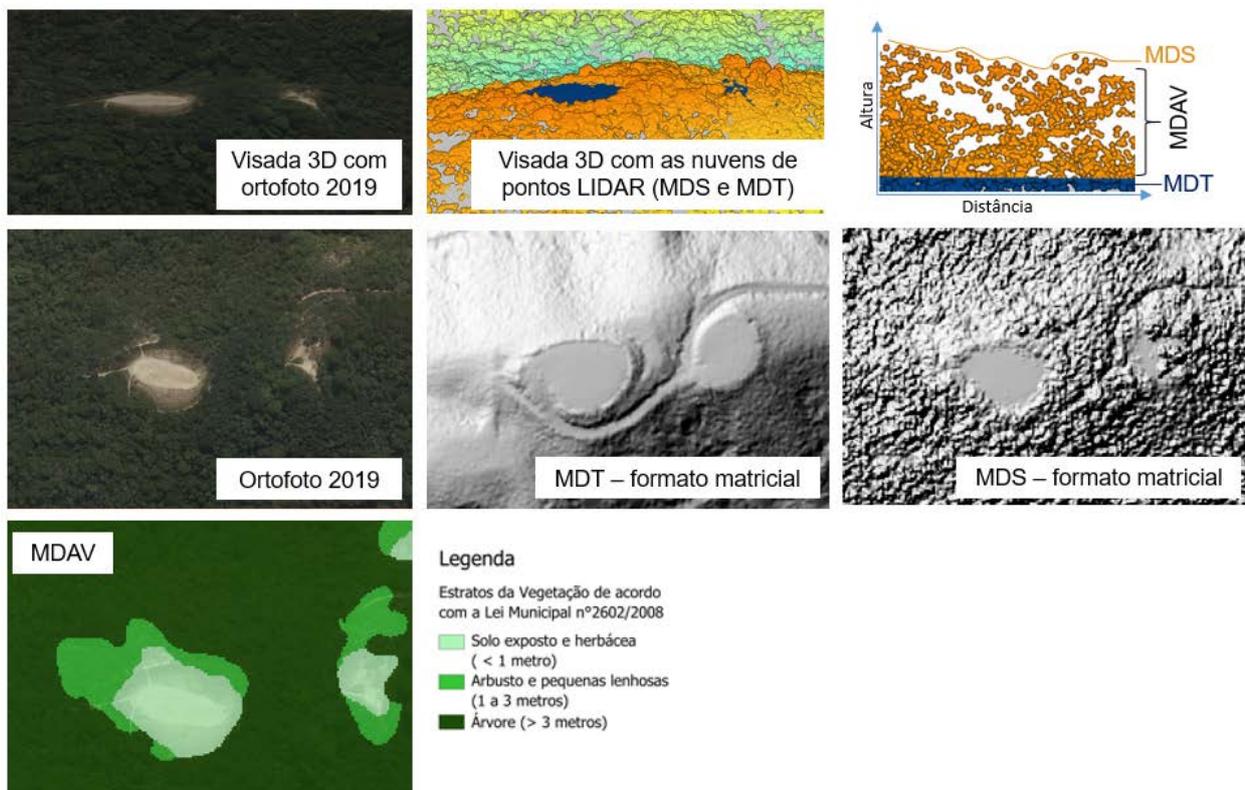


Figura 2 – Ilustração dos dados de nuvens de pontos do MDS e MDT do LIDAR, os arquivos matriciais do MDT, MDS e MDAV em uma pequena área do Setor Montanha da Viração

A partir do MDAV, foram definidos os critérios de classificação de acordo com o art. 158 da Lei Municipal nº 2602/2008, que divide os estratos vegetais no município em três classes. Para a primeira, são consideradas árvores “toda planta lenhosa que, quando adulta, tenha altura mínima de três metros” (NITERÓI, 2008). A segunda classe corresponde aos arbustos, que possuem altura entre um a três metros. A terceira classe diz respeito às herbáceas, com alturas menores que um metro.

Optou-se por unir a classe solo exposto e herbácea numa mesma classificação devido à limitação da escala utilizada para o mapeamento neste trabalho, as herbáceas podem ter poucos centímetros do solo (5, 10, 20, 40 cm etc.), o que contribui sobremodo para dificultar essa diferenciação, tendo potencial para aumentar os erros por omissão ou comissão de uma das classes neste intervalo.

Além dos estratos vegetais, foram utilizados os dados de uso e cobertura da terra, disponíveis no Sistema de Gestão da Geoinformação (HUB

SIGeo) da Prefeitura Municipal de Niterói referentes ao ortofotomosaico do ano de 2019, em que foram selecionadas as classes áreas edificadas e os afloramentos rochosos. Com a ferramenta “Erase” do software ArcGIS 10.8®, essas áreas foram subtraídas do MDAV. Foram usadas apenas estas duas classes, pois são as únicas que tiveram interface com a área de estudo e que não são consideradas cobertura vegetal. Dessa maneira, o mapa relacionado à Lei Municipal nº 2602/2008 apresentou cinco classes representativas, sendo três referentes aos estratos vegetais (herbáceas, arbustos e árvores), uma às áreas edificadas e outra aos afloramentos rochosos.

Em relação ao mapa da tendência de estágios sucessionais com base no critério altimétrico, também a partir do MDAV, foram definidos os critérios de classificação baseados no art. 2º da Resolução CONAMA nº 06/1994. Essa legislação disserta sobre os estágios sucessionais das florestas de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, indicando três classes: estágio inicial, estágio médio e estágio avançado.

Para este trabalho, foram levados em consideração apenas os valores de altura das árvores. Logo, o estágio inicial está entre zero a cinco metros (≤ 5); o estágio médio está entre cinco e doze metros ($>5 \leq 12$) e o estágio avançado possui altura superior a vinte metros (>20). Também foi necessário adicionar uma classe para além da legislação, de transição entre o estágio médio e o avançado, a qual apresenta valores com intervalo de doze a vinte metros ($>12 \leq 20$).

É importante ressaltar que, por utilizar apenas uma das características contidas na resolução CONAMA, essa classificação resulta em uma tendência aos estágios sucessionais de vegetação, pois não é possível afirmar, despreendido de dúvida, em qual estágio a vegetação do local se encontra, sem observar também aspectos como serapilheira, sub-bosque, presença de cipós, trepadeiras, entre outros.

Com isso, este segundo mapa, relacionado a Resolução CONAMA nº 06/1994, é constituído de seis classes, sendo quatro referentes à tendência de estágio sucessional (inicial, médio, médio-avançado e avançado), uma às áreas edificadas e outra aos afloramentos rochosos.

Trabalho de campo

O trabalho de campo no setor Montanha da Viração do PARNIT foi realizado no dia 17 de fevereiro de 2023, com objetivo de obter maiores informações sobre a área de estudo, e, em especial, sobre as espécies arbóreas que estivessem localizadas na classe “tendência em estágio sucessional avançado”, ou seja, que apresentassem classificação acima de 20 metros pelo MDAV gerado neste trabalho e analisado à luz do §3º, art. 2º da Resolução CONAMA nº 06/1994, tendo em vista se tratar, em tese, de áreas em que predominam espécies secundárias tardias e clímax. Rahmeier (2013) e Nascimento et al. (2001) utilizaram unidades amostrais de 500m² para estudo de dinâmica em floresta ombrófila.

Desta forma a amostragem foi obtida por conveniência, a partir da identificação dos fragmentos florestais que apresentavam classificação acima de 20 metros pelo MDAV gerado com área igual ou superior à 500 m² (o que corresponde a uma área total de 8,12ha) e que possuíam maior facilidade de acesso por trilha (uma vez que existem áreas de mata fechada), foi planejado o campo nestas áreas (totalizando 4 pontos nestas condições até a presente data), no qual foi utilizado receptor GPS Garmin 65sc para obtenção das coordenadas planimétricas dos pontos e câmera fotográfica de celular para efetuar os registros.

A avaliação da vegetação foi realizada por meio visual e compreendeu um raio de 30 metros (2.827m²) em torno dos pontos de coordenada marcados. A área total amostral foi de 11.308m² (1,13ha), o que corresponde a taxa amostral de 13,9% dos fragmentos acima de 20 metros com área igual ou superior à 500m², o que é representativo em termos amostrais para esta classe.

Análise e integração de dados

Nesta etapa, foi realizado o diagnóstico ambiental por geoprocessamento aliado aos dados aferidos no trabalho de campo. Consistiu em caracterização do MDAV de acordo com as legislações de referência anteriormente citadas, e avaliação das informações obtidas no trabalho de campo sobre as características observadas (espécies, aspectos como serapilheira, sub-bosque, presença de cipós, trepadeiras, entre outros) nas áreas classificadas acima de 20 metros pelo MDAV gerado, seriam encontradas florestas com estágio sucessional avançado de acordo com a Resolução CONAMA nº 006/1994. Possibilitando avaliar a necessidade de ações de manejo ambiental na unidade de conservação (UC) de proteção integral, contribuindo para decisão de políticas públicas em uma área protegida no município

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos a partir do MDAV, em consonância com a Lei Municipal nº 2602/2008, demonstrou que o Setor Montanha da Viração, pertencente ao PARNIT, possui 43,6 ha de herbáceas e solo exposto (vegetação menor que 1 metro), correspondentes a 5,35%; 52,3 ha de arbustos e pequenas lenhosas (altura da vegetação de 1 a 3 metros), correspondentes a 6,43% e 680 ha de

área arbórea (altura da vegetação acima de 3 metros), correspondentes a 83,51% do Parque, conforme pode ser visto nas figuras 3 e 4 e na tabela 1.

A ocorrência maior de presença de herbáceas e solo exposto no setor sudoeste da Montanha da Viração pode estar relacionada, entre outros fatores, aos incêndios por queima de lixo despejados de

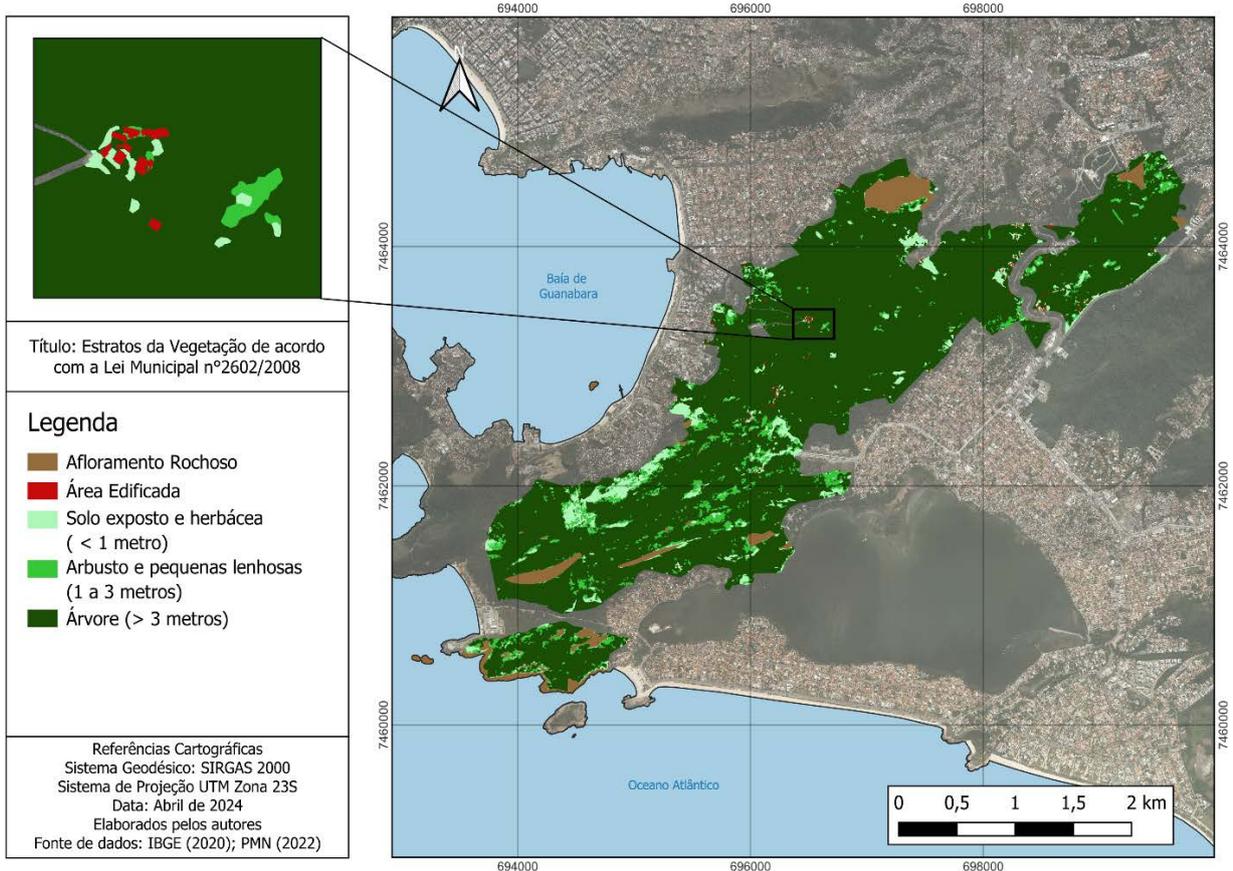


Figura 3 – Distribuição dos estratos de vegetação de acordo com a Lei Municipal nº2602/2008 do Setor Montanha da Viração no PARNIT, Niterói – RJ.

Tabela 1 - Distribuição dos estratos de vegetação por área em hectare com base na Lei Municipal nº 2.602/2008.

Classe	Área (ha)
Solo Exposto e Herbácea (< 1 metro)	43,6
Arbusto e Pequenas Lenhosas (1 a 3 metros)	52,3
Árvore (> 3 metros)	680,0
Afloramento Rochoso	36,7
Área Edificada	1,7
Total	814,2

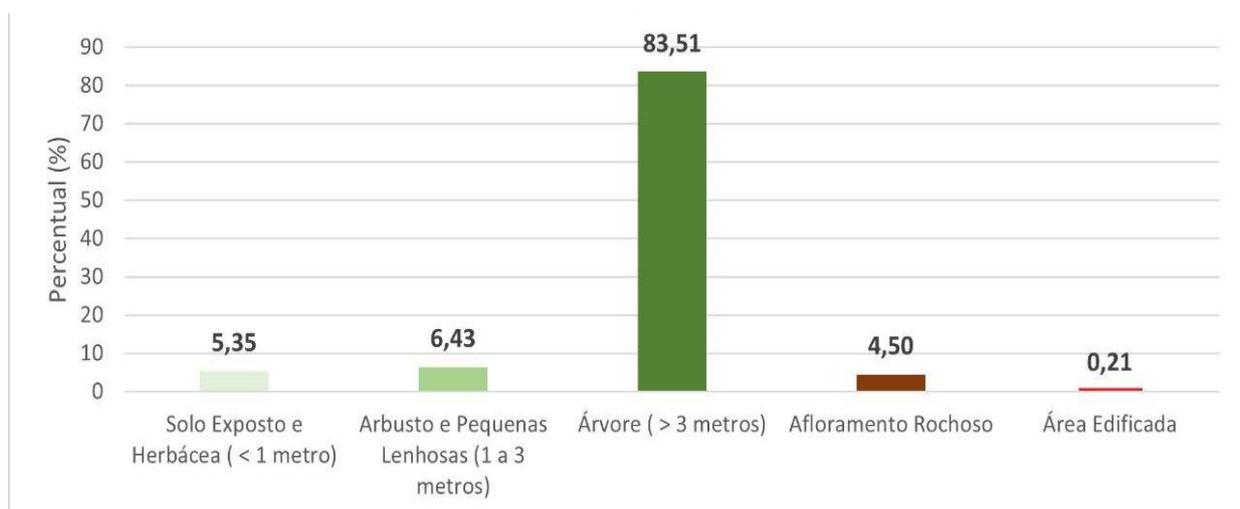


Figura 4 – Percentual de cobertura da terra a partir dos estratos de vegetação de acordo com a Lei Municipal nº2602/2008 no Setor Montanha da Viração no PARNIT, Niterói – RJ.

forma irregular no ambiente, tendo em vista ser uma área próxima ao núcleo urbano informal chamado Comunidade do Preventório localizado no bairro de Charitas.

De acordo com PMN & FIRJAN (2023) a partir do Projeto Niterói Jovem EcoSocial (onde 30 jovens da comunidade ajudaram no mapeamento usando o aplicativo Survey123), foram identificadas áreas com risco de queimadas devido ao despejo irregular de lixo e entulhos na área limítrofe entre o PARNIT e a Comunidade.

Em relação a Resolução CONAMA nº 006/1994, foram identificados 232,9 ha de área com maior tendência a ser classificada como estágio inicial pelo critério da altura estimada

(vegetação menor que 5 metros de altura), correspondentes a 28,61% do total da área analisada; 416,7 ha de floresta com maior tendência a ser classificada em estágio médio pelo critério da altura estimada no MDAV (5 a 12 metros de altura), correspondentes a 51,18%; 114,1 ha de floresta com maior tendência a estar no estágio médio para o avançado pelo critério da altura estimada (vegetação maior que 12 a 20 metros de altura), correspondentes a 14,01% e 12,1 ha de floresta com tendência a estágio sucessional avançado pelo critério da altura estimada (vegetação com altura acima de 20 metros), correspondentes a 1,49%, como demonstra os dados apresentados na figuras 5 e 6 e a tabela 2.

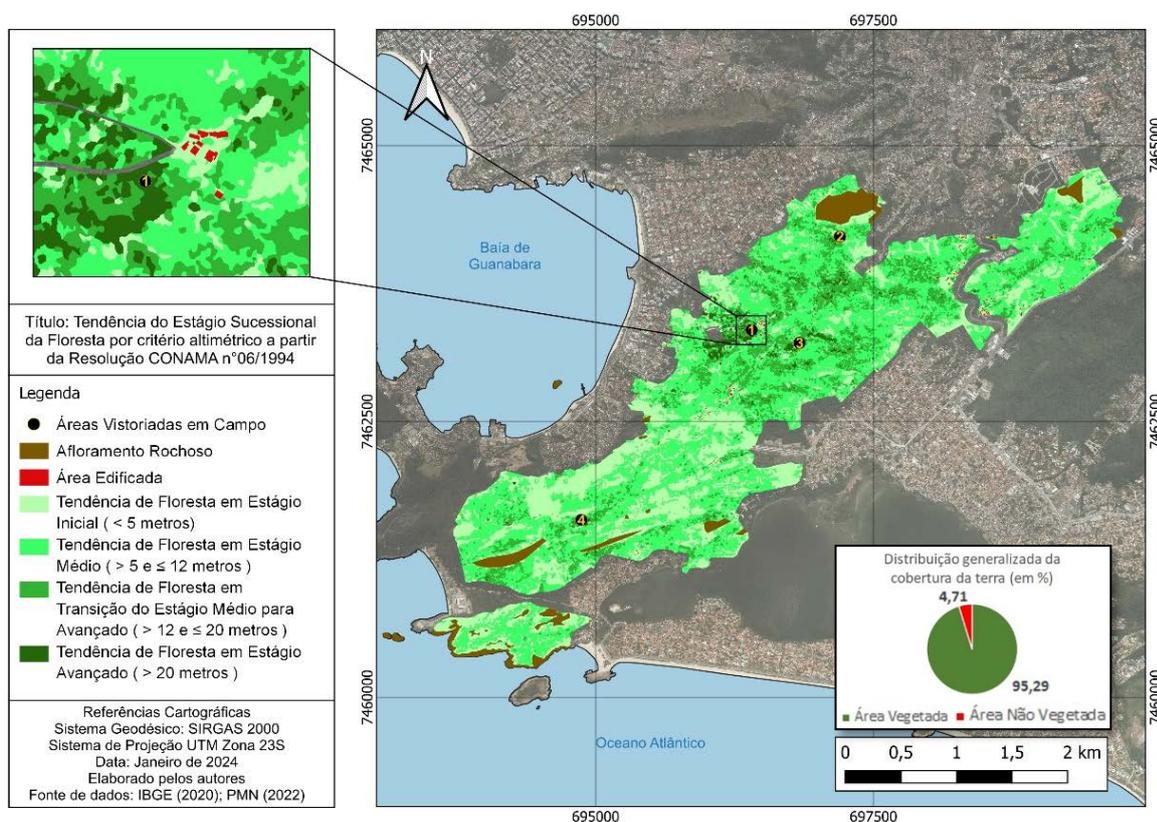


Figura 5 – Distribuição dos estratos de vegetação de acordo com o critério altimétrico estabelecido na Resolução CONAMA Lei Municipal nº2602/2008 do Setor Montanha da Viração no PARNIT, Niterói – RJ.

Tabela 2 - Distribuição da tendência de estágio sucessional pelo critério altimétrico com base na Resolução CONAMA nº 006/1994.

Classe	Área (ha)
Tendência de Floresta em Estágio Inicial (≤ 5 metros)	232,9
Tendência de Floresta em Estágio Médio (> 5 e ≤ 12 metros)	416,7
Tendência de Floresta em Transição do Estágio Médio para Avançado (> 12 e ≤ 20 metros)	114,1
Tendência de Floresta em Estágio Avançado (> 20 metros)	12,1
Afloramento Rochoso	36,7
Área Edificada	1,7
Total	814,2



Figura 6 – Percentual de cobertura da terra a partir da tendência de estágio sucessional da floresta, de acordo com o critério altimétrico da Resolução CONAMA nº06/1994 no Setor Montanha da Viração no PARNIT, Niterói – RJ.

As classes que não incluem a área vegetada, também têm ocorrência na UC, que são: afloramento rochoso e edificação, equivalentes, respectivamente, a 36,7 ha, correspondentes a 4,5 % e 1,7 ha, correspondente a 0,21%.

Assim de forma generalizada há 95,29% de área com cobertura vegetal e 4,71% de área não vegetada.

No trabalho de campo realizado para avaliar o estágio sucessional dos fragmentos florestais em estágio avançado, os quais são áreas de grande relevância ecológica para unidade de conservação por serem consideradas áreas de clímax, foram realizadas vistorias técnicas em quatro (4) locais diferentes do Setor Montanha da Viração (Figura 5) os quais possuem acesso facilitado por trilha. Como resultado, três (3) dessas áreas apresentaram vegetação exótica invasora de grande porte, com espécies predominantes dos gêneros *Eucalyptus* e *Artocarpus* e em uma (1) delas, verificou-se vegetação em estágio avançado de regeneração apresentando características como presença de sub-bosque, fisionomia arbórea com cobertura fechada, altura superior a 20 metros, serapilheira com intensa decomposição, trepadeiras, comunidade com mais de 25 anos com ocorrência de figueira (*Ficus* spp – Moraceae), pau-d’alho (*Gallezia integrifolia* – Phytolaccaceae) e sapucaia (*Lecythis pisonis* - Lecythidaceae).

Importante salientar que as poucas áreas identificadas com tendência a apresentar estágio

avançado de regeneração estão localizadas em áreas de ocupação agrícola e desmatamentos em tempos pretéritos antes da criação da unidade de conservação. De acordo com Lubanco (2019) atividades de cultivo de café, por exemplo, contribuíram para a degradação da floresta ombrófila densa. As diferentes fisionomias das quatro áreas visitadas podem ser observadas na figura 7.

Foi observada pouca diversidade de sub-bosque, tanto nas áreas da espécie *Eucalyptus globulus Labill* (Eucaliptos) quanto nas áreas onde predominam a *Artocarpus heterophyllus* (Jaqueiras). Isso pode estar relacionado aos efeitos alelopáticos dessas espécies, assim o aumento dessas espécies em um determinado local, pode maximizar a concentração de substâncias alelopáticas no solo, dificultando a germinação das espécies nativas, incluindo as anemocóricas (Perdomo & Magalhães, 2007; Ferreira et al., 2013; Silva, 2021).

O destaque da altura dessas espécies no MDAV gerado pode estar relacionado ao crescimento relativamente rápido, ausência de predadores naturais e condições naturais propícias (luz, água e nutrientes). Assim a identificação desses fragmentos florestais compostos predominantemente de espécies exóticas invasoras é importante uma vez que contribui para estimar as áreas desses fragmentos e um melhor monitoramento e manejo das áreas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise por sensoriamento remoto com o MDAV atrelado ao trabalho de campo permitiu identificar áreas de fragmentos florestais compostos predominantemente de espécies exóticas e invasoras (*Eucalyptus globulus Labill* e *Artocarpus heterophyllus*) na área de estudo, tal fato é de grande relevância para gestão da UC

uma vez que demonstra que mesmo áreas com cobertura vegetal de grande porte necessitam de um olhar específico para o manejo florestal, e não apenas aquelas compostas por herbáceas, arbustos e pequenas lenhosas. Essas áreas devem ser encaradas como unidades de manejo e monitoramento para que não haja a diminuição da diversidade e



Figura 7 – Registro fotográfico dos fragmentos florestais com estimativa acima de 20 metros de altura no Setor Montanha da Viração no PARNIT de acordo com a nomenclatura da Figura 4: (A) Bosque de Eucaliptos (*Eucalyptus*), (B) Trilha do Santo Inácio com vegetação nativa de Mata Atlântica, (C) Estrada Nossa Senhora de Lourdes com grande presença de Eucaliptos (*Eucalyptus*) e (D) Fundo de vale com grande presença de Jaqueiras (*Artocarpus*).

da área de floresta ombrófila densa no PARNIT.

Apesar do MDAV não ter apresentado um resultado satisfatório na identificação de áreas classificadas com maior tendência à estágio médio avançado pelo critério altimétrico a partir da Resolução CONAMA nº 006/1994 (das quatro áreas visitadas em apenas uma foi observado este estágio de desenvolvimento) na

área de estudo, a ferramenta auxiliou na geração de novas informações, não constante na premissa inicial, oferecendo, assim, praticidade, eficiência e celeridade às ações que compõem o diagnóstico, planejamento e monitoramento de áreas protegidas.

Posto isto, o MDAV mostrou possuir potencial para ser utilizado como ferramenta de auxílio na

gestão de UCs, e tal uso é potencializado com os trabalhos de campo, para que os dados e as informações geradas a partir dele, possam ser, se preciso, ajustadas para representar maior correspondência com realidade.

Sugere-se para estudos futuros a utilização de índices espectrais de forma a complementar a análise (como o NDVI ou outros), uma vez que a

assinatura espectral das espécies vegetais são diferentes e de posse das informações de campo levantadas neste trabalho, pode ser que seja possível identificar por sensoriamento remoto as áreas com maior tendência a serem classificadas como vegetação nativa em estágio médio avançado ou um fragmento de floresta exótica invasora de grande desenvolvimento vertical.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.R.B.S. **Mapeamento dos parâmetros florísticos e estruturais de floresta de mangue com dados LiDAR e SRTM**. Belém, 2014. 56 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- AMORIM, D.C.R. Quantificação de biomassa e altura das árvores em uma floresta de Mata Atlântica em Belo Horizonte-MG, comparação entre levantamento laser scanner e inventário florestal por área fixa. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, p. 711–725, 2020.
- BITTENCOURT JUNIOR, C. **Mensuração de indicadores de monitoramento da restauração florestal em Mata Atlântica com LiDAR e imagens multiespectrais de alta resolução**. Piracicaba, 2021. 245 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BRASIL. **Lei Federal nº9985/2000: Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Disp. em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 16 de junho de 2023.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 06, de 30/05/1994**. Estabelece definições e parâmetros mensuráveis para análise de sucessão ecológica da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro.
- CARIS, E.A.P. **Uso de dados LiDAR para estudo da vegetação em trecho de Mata Atlântica no município do Rio de Janeiro, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. Rio de Janeiro, 2018.
- CONTO, T.; GÖRGENS, E.B.; SILVA, A.G.P., LARANJA, D.C.F.; RODRIGUEZ, L.C. Caracterização do perfil vertical do dossel de um trecho de Mata Atlântica através de escaneamento laser aerotransportado. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, 1 dez. 2015.
- CORTE, A.P.D.; BROADBENT, E.N.; SANTOS, L.H.O.; KARASINSKI, M.A.; SANQUETTA, C.R.; PRATA, G.A.; ALMEIDA, D.R.A.; SILVA, C.A. **Aplicações do LiDAR para o inventário florestal – Enfoque unidade de área**. <<https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/aplicacoes-do-LIDAR-para-o-inventario-florestal-enfoque-unidade-de-area>>. Acesso em: 16 de junho de 2023.
- FERREIRA, L.C.M.; FRANCISCO, C.N.; FERNANDES, P.J.F. Análise do modelo digital de altura derivado de perfilamento LiDAR em relevo montanhoso. **Revista Tamoios**, v. 16, n. 2, 3 jul. 2020.
- FERREIRA, P.M. **Chuva de sementes: dinâmica de dispersão na presença de uma espécie exótica invasora, *Artocarpus heterophyllus* Lam (jaqueira), no Parque Estadual da Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ**. 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- GARCIA-GUTIÉRREZ, J.; GONZALEZ-FERREIRO, E.; RIQUELME-SANTOS, J.C.; MIRANDA, D.; DIEGUEZ-ARANDA, U.; NAVARRO-CERRILLO, R.M. Evolutionary feature selection to estimate forest stand variables using LiDAR. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 26, p. 119–131, 1 fev., 2014.
- KERSTING, J.; CENTENO, J.A.S.; MACHADO, A.M.L.; PEDRO, P.C. Filtragem de modelos digitais de superfície derivados de varredura a LASER usando a triangulação de Delaunay. **Série em Ciências Geodésicas**, v. 5, p. 145-160, 2005.
- KRAUS, K. & PFEIFER, N. Determination of terrain models in wooded areas with aerial laser scanner data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, n. 53, n. 4, p. 193-203, 1998.
- LIU, X. Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. **Progress in physical geography**, v. 32, n. 1, p. 31-49, 2008.
- LUBANCO, C.A. **O serviço ecossistêmico de estoque de carbono prestado pelos remanescentes florestais de Mata Atlântica do Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT) – RJ**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso – CST em Gestão Ambiental – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MACIEL, A.O. Aplicações: Mapeamento Móvel utilizando tecnologia LiDAR. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011. Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.
- MARTINS, M.S.; CARVALHO, L.M.T.; SILVA, C.S.J.E.; VIEIRA, S.R.V.; AZEVEDO, A.P.S. Determinação da altura e estimativa do número de árvores em um povoamento florestal usando LiDAR. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Florianópolis, 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 3665-3667, 2007.
- NASCIMENTO, A.R.T.; LONGHI, S.J.; BRENA, D.A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, v. 11, p. 105-119, 2001.
- NETO, B.H.Z. **Classificação dos estágios de sucessão da Floresta Atlântica utilizando dados multiplataforma orbitais e ALS**. Lages, 2022. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina.
- NITERÓI. **Decreto Municipal nº11744/2014: Cria o Programa Niterói Mais Verde (Parque Municipal de Niterói - PARNIT, e o Sistema Municipal de Áreas de Proteção Ambiental - SIMAPA) e dá outras providências**. Disp. em: < <https://leismunicipais.com.br/a/rj/n/niteroi/decreto/2014/1175/11744/decreto-n-11744-2014-cria-o-programa-niteroi-mais-verde-parque-natural-municipal-de-niteroi-parnit-e-o-sistema-municipal-de-areas-de-protacao-ambiental-simapa-e-da-outras-providencias>> Acesso em: 02 de junho de 2023.
- NITERÓI. **Lei Municipal nº2602/2008: Institui o Código Municipal Ambiental de Niterói e dá outras providências**. Disp. em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/n/niteroi/lei-ordinaria/2008/261/2602/lei-ordinaria-n-2602-2008-institui-o-codigo-municipal-ambiental-de-niteroi-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16 de junho de 2023.
- NITERÓI. **Lei Municipal nº3543/2020: Dispõe sobre o Parque Natural Municipal de Niterói - PARNIT, e dá outras providências**. Disp. em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/n/>

- niteroi/lei-ordinaria/2020/355/3543/lei-ordinaria-n-3543-2020-dispoe-sobre-o-parque-natural-municipal-de-niteroi-parnit-e-da-outras-providencias Acesso em: 16 de junho de 2023.
- PERDOMO, M. & MAGALHÃES, L. M.S. Ação alelopática da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) em laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 14, p. 52-55, 2007.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI & FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (PMN & FIRJAN). **Morro do Preventório: Mapeamento Participativo**. Disp. em: <<https://storymaps.arcgis.com/stories/4a0a145740ac410c801dfca93fc0cdc3>>. Acesso em 03 agosto de 2023.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI/ SISTEMA DE GESTÃO DA GEOINFORMAÇÃO (PMN/SIGEO). **Dados abertos**. Disponível em: <https://www.sigeo.niteroi.rj.gov.br/pages/ortofotos> Acesso em: 22 de junho de 2023.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI/SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE RECURSOS HÍDRICOS E SUSTENTABILIDADE (PMN/SMARHS). Portaria SMARHS Nº 12, de 23 de outubro de 2021: **Aprova o Plano de Manejo do Parque Natural Municipal de Niterói - PARNIT**. Disp. em: http://www.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/do/2021/11_Nov/30.pdf. Acesso em: 16 de junho de 2023.
- RAHMEIER, C. Fazenda Tupy, Nova Prata, RS, um testemunho de consciência ambiental. **Revista Autos & Baixas**, v. 1, n. 2, 2013.
- RIBAS, RP. **Individualização de árvores em ambiente florestal nativo utilizando métodos de segmentação em modelos digitais produzidos a partir da tecnologia LIDAR**. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte, 2011.
- SILVA, L.C.V.; DA SILVA BRAULIO, C.; DE JESUS CORREIA, A.; OLIVEIRA, A.S.; DE SOUSA, C.B.D.C.; VIEIRA, J.D.L.S.; DA SILVA NOVAES, A. Efeito alelopático do extrato foliar de eucalipto na germinação de sementes de tiririca (*Cyperus rotundus* L.). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 1315-1320, 2021.
- TOMPALSKI, P. & WEZYK, P. LIDAR and VHRS data for assessing living quality in cities – an approach based on 3d spatial indices. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, v. XXXIX-B6, p. 173–176, 2012.

Submetido em 1º de fevereiro de 2024

Aceito para publicação em 12 de agosto de 2024