

---

## ELABORAÇÃO MAPA DE USO DO SOLO RIO DO FOGO – RIO GRANDE DO NORTE UTILIZANDO LIDAR AEROTRANSPORTÁVEL

MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO  
MARIO OSCAR SOUZA LIMA  
LUCILENE ANTUNES CORREIA MARQUES DE SÁ  
GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (UE/PE)  
Geoid Laser Mapping Ltda  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP  
carmarcia@gmail.com, geoid@geoid.com, [lacms@ufpe.br](mailto:lacms@ufpe.br), gilberto.pessanha@gmail.com

---

**RESUMO** – As dunas costeiras se destacam pela importância de atuar na transição entre o ambiente marinho e o meio terrestre, área de grande valorização do planeta, e, portanto, de imensa fragilidade ambiental. Constata-se necessidade de mapear essas áreas como forma de prevenção e conservação. Neste contexto esta inserida a pesquisa, cujo objetivo é elaborar Mapa do Uso do Solo do campo de dunas de Rio do Fogo, empregando a tecnologia LIDAR aerotransportável. Para tanto, realizaram-se o levantamentos aéreos com a tecnologia LIDAR, em novembro de 2004. A pesquisa deve como resultado a criação das classes, que foram interpretadas, posicionadas e selecionadas no mapa, confirmaram-se com a visita ao campo; resultando nas seguintes classes do uso e ocupação do solo: vegetação arbórea densa; vegetação arbórea arbustiva; vegetação antropizada; dunas ativas ou móveis; paleodunas ou dunas fixas; urbanizada; vila de assentamento do Incra; e, depósito marinho recente. Conclui-se que a maior área corresponde à classe de dunas fixas com 10,33 km<sup>2</sup> ocupando 28,88% da área estudada, enquanto as dunas móveis, representam 5,31 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 14,84% da área do estudo. Somando as classes: área urbanizada, vila e vegetação antropizada, encontra-se uma área que está sofrendo maior pressão antrópica, e corresponde cerca de 18% da área da pesquisa. Pode-se afirmar que, diante das evidências de alta fragilidade ambiental que a área vem sofrendo, ainda é possível criar estratégias de preservação ambiental desse ecossistema.

**Palavras chave:** Mapa de Uso do Solo, LIDAR, Campo de Dunas Rio do Fogo.

**ABSTRACT** – The coastal dunes are distinguished by the importance of acting in the transition between the marine environment and the terrestrial environment, area of great appreciation of the planet, and therefore of immense environmental fragility. It appears need to map these areas in order to prevent and conservation. In this context it is inserted the research, which the objective of this research is to create the Map of Land Use of the Rio do Fogo dune field, using the LIDAR airborne technology. Therefore, there were two aerial surveys using LIDAR airborne technology, the flight in November 2004. The research resulted creating classes, which were interpreted, positioned and selected on the map, and were confirmed with the visit to the field; resulting in the following classes of land use and occupation are: dense arboreal vegetation; shrubby arboreal vegetation; anthropic vegetation; active or moving dunes; paleodunes or fixed dunes; urbanized; settlement village of INCRA; and recent marine deposit. It is concluded that the largest area corresponds to the class of fixed dunes with 10.33 km<sup>2</sup> occupying 28.88% of the study area, while mobile dunes, representing 5.31 square kilometers, corresponding to approximately 14.84% of the study area. Adding classes: urbanized area, the village and disturbed vegetation, is an area that is suffering most anthropic pressure, and corresponds to about 18% of the search area. It can be said that, even if there is evidence of high environmental fragility that the area is suffering, it is still possible to create environmental protection strategies in favor of this ecosystem.

**Keywords:** Land Use Map, LIDAR, Field dunes of Rio do Fogo.

---

### 1 INTRODUÇÃO

A costa do estado do Rio Grande do Norte perfaz uma extensão de 470 km de litoral, constituída predominantemente por praias arenosas (72%) e falésias ativas (26%) segundo MUEHE (2006). A linha de praia atual é quase contínua, sendo interrompida apenas pela presença de rios. As planícies costeiras são de origem quaternária,

formando uma unidade geológico-geomorfológica bastante complexa, por serem ambientes de interação de fenômenos continentais e marinhos.

As dunas costeiras se destacam pela importância de atuar na transição entre o ambiente marinho e o meio terrestre, servindo de proteção às transgressões do nível do mar e evitando a contaminação dos aquíferos continentais pela água salgada, a salinização do solo, a destruição de infraestruturas humanas e a abrasão marítima nas falésias. Consta-se, assim, a relevância de preservar os campos de dunas (CARTER, 1988).

Nas últimas décadas, em todos os ramos da ciência, houve um grande avanço tecnológico, e o mapeamento a laser – Light Detection and Ranging (LIDAR) – destaca-se como uma nova tecnologia de captura de dados da superfície física da Terra. Os dados levantados pelo sistema LIDAR permite a automatização de procedimento de mapeamento, aliada à alta precisão, acurácia, densidade de pontos tridimensionais, a alta velocidade de execução, voo abaixo das nuvens, arquivos separados por planos de informação – *layers* (solo, vegetação, edificações) entre outros.(CARNEIRO, 2011)

O campo de dunas localiza-se entre as Praias de Rio do Fogo e Zumbi, onde as variações morfodinâmicas refletem mudanças na morfologia tridimensional da praia que interferem no comportamento do fluxo aerodinâmico sobre o pós-praia e no potencial de deriva eólica (SHORT & HESP, 1982; DAVIDSON-ARNOTT & LAW, 1982). No Rio Punaú, o aporte de sedimento pode ser mais intensificado sazonalmente nos estações mais chuvosas de maior precipitação pluviométrica; esse rio, como dito, contribui, ainda, para o fornecimento de sedimentos do campo de dunas, assim como os sedimentos que vão ser distribuídos ao longo da faixa costeira.

Esta pesquisa visa gerar dados científicos para subsidiar ações preventivas do turismo predatório e controlar as pressões de ocupação e mau uso do seu entorno. O Mapa de Uso do Solo de áreas com essa característica ambiental tem importância fundamental para controlar as ações antrópicas no meio ambiente local e no seu entorno, atendendo, desse modo, às necessidades da população direcionadas ao desenvolvimento sustentável de áreas de grande fragilidade ambiental.

## 2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O litoral do município de Rio do Fogo perfaz uma extensão de 16 km. A área de estudo selecionada localiza-se no município de Rio do Fogo, conforme ilustra a Figura 1 (área em vermelho). Começa na foz do Rio Punaú no Oceano Atlântico, desce pelo rio até a ponte da BR-101; segue pela RN-021 até a praia de Rio do Fogo, seguindo pela praia, chega-se à foz do Rio Punaú, marco inicial da descrição desse perímetro, uma área de aproximadamente 35,77 km<sup>2</sup> enquanto o campo de dunas móveis tem uma área de 5,31 km<sup>2</sup>.



Figura 1 – Mapa de localização da área da pesquisa - município de Rio do Fogo, RN, Brasil.

Geomorfologicamente, a zona costeira é formada por: planícies, tabuleiros costeiros, e os campos de dunas são os elementos de relevo predominantes em toda a costa; com planícies fluviais localizadas nas desembocaduras dos riachos e rios, onde se destaca o Rio Punaú. (CARNEIRO, 2011)

Na Praia do Zumbi, as variações morfodinâmicas refletem mudanças na topografia da praia tridimensional que interferem no comportamento do fluxo aerodinâmico sobre o pós-praia e no potencial de deriva eólica (Short & Hesp, 1982; Davidson-Arnott & Law, 1990). Essa praia apresenta maior mobilidade de sedimentos e morfologia que favorecem velocidades de fluxo laminar sobre o pós-praia e o processo de saltação dos grãos de areia média e fina para o interior do continente. (CARNEIRO, 2011)

No Rio Punaú, o aporte de areias fluviais pode ser mais intensificado sazonalmente nos períodos climáticos de maior precipitação pluviométrica, e esse rio contribui também para o fornecimento de sedimentos do campo de dunas, assim como os sedimentos que vão ser distribuídos ao longo da faixa costeira do município de Rio do Fogo. Outro fator de contribuição do aporte de sedimentos é a deriva litoral, principalmente na direção sul para norte (Diniz & Dominguez, 1999). Na Figura 2, apresentam-se fotografias de 2004 do campo de dunas de Rio do Fogo.

O volume de sedimentos transportados para o campo de dunas, desde a praia até as dunas primárias, rege-se pela orientação da linha de costa em relação ao vento predominante de SE e pelos fatores que influenciam o limiar de movimento dos sedimentos e a taxa de transporte das areias, tais como o tamanho das partículas sedimentares, conteúdo de umidade, crostas salinas, forma da praia entre outras (Sherman & Hotta, 1990).

### 3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento da pesquisa, realizaram-se dois levantamentos aéreos com a tecnologia LIDAR. O voo foi realizado em novembro de 2004, utilizando-se uma aeronave Cessna C180. O levantamento LIDAR aerotransportável e o pós-processamento dos dados necessita de uma base GPS no local do mapeamento, representando assim a primeira etapa do levantamento.

A segunda etapa do planejamento é analisar e pesquisar os marcos geodésicos cadastrados pelo IBGE na área ou no entorno da região a ser mapeada, utilizando para amarração e transporte de coordenadas do levantamento de campo. Neste estudo selecionou-se a Estação 92356 do IBGE.

No transporte de coordenada, aplicou-se o método de levantamento GPS estático para as estações base GPS. Para tanto, observou-se a especificação de 31 de março de 1993 estabelecida pelo IBGE (1993), cuja recomendação é a distância entre os aparelhos (ou linha base) não ser superior a 50 km e respectivos tempos de rastreamento.

Nos levantamentos terrestres, utilizaram-se equipamentos de GPS geodésicos de dupla frequência (L1 e L2) para leituras em sistema de pós-processamento e tempo real (RTK). No transporte de coordenadas, aplicou-se o método de levantamento GPS estático para as estações base GPS.

A base GPS utilizada localiza-se no campo de dunas de Rio do Fogo, dentro do Parque Eólico de Rio do Fogo. Na seleção do local da base GPS, observaram-se as recomendações do fabricante e especificações da norma técnica (IBGE, 1993) quanto à obstrução do sinal GPS, ou seja, as observações GPS requerem a intervisibilidade entre a estação e os satélites.

Nesta pesquisa foi definida e ocupada uma estação dentro da área de estudo e suas coordenadas foram transportadas. Neste estudo selecionou-se a Estação 92356 do IBGE, localizada na laje da caixa-d'água do Edifício Ducal Center Palace, na Av. Rio Branco, esquina com a Rua João Pessoa, no centro da cidade de Natal, cujas coordenadas são N= 9.359.993, 489 m e E=255.596,330, MC -33. Nesse mapeamento a laser, um receptor GPS localizado no Sistema de Medição Inercial (SMI) registra a posição da aeronave a intervalos fixos. Outro receptor baseado no solo (base GPS) fornece a correção diferencial para a determinação de posição mais precisa. O DGPS (GPS Diferencial) é um método de refinamento dos dados posicionais derivados do rastreamento GPS por meio da correção de erros inerentes ao processo. Com os pontos de solo, geraram-se as curvas de nível de 5 em 5 metros para possibilitar, criação Modelo Digital do Terreno então, a elaboração cartográfica para geração do mapa de Uso do Solo.

No levantamento a laser, captaram-se 100.000 pontos/segundos. Para tanto, foi necessária uma filtragem automática da nuvem de pontos LASER com o objetivo de separá-los em pontos que tocaram à superfície terrestre e pontos que tocaram outros elementos (objetos). Essa filtragem realizou-se pelo programa TerraScan, que tem uma ferramenta específica para essa tarefa (*classify – routine – ground*). Essa etapa denomina-se filtragem dos pontos.

A nuvem de pontos coletados em média, 5 pontos/m<sup>2</sup>, definida na filtragem como não pertencente à superfície terrestre, foi separada por meio de planos de informações, ou seja, separando os principais elementos encontrados na área de estudo. Essa etapa se denomina classificação, e tem como objetivo principal auxiliar a encontrar pontos pertencentes à superfície terrestre.

Os pontos selecionados como pertencentes ao solo foram utilizados na elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT). Os demais planos de informações classificados (vegetação, construção entre outras) foram usados para gerar Modelo Digital de Elevação (MDE).

A classificação em MDT e MDE foi feita por meio de algoritmos específicos; a acurácia desses modelos vincula-se fortemente ao algoritmo utilizado e ao percentual de pontos que retornam do solo. Estudos de Reutebuch *et al.* (2003) comprovam a acurácia de Modelos Digitais de Terreno em áreas até de vegetação densa.

Posteriormente, analisou-se o conjunto de pontos filtrados e classificados no Terramodel. Em seguida, as nuvens de pontos sobrepuseram-se à imagem de intensidade Laser Scanner para identificar possíveis pontos filtrados e classificados erroneamente, possibilitando sua correção. Com os pontos de solo, geraram-se as curvas de nível de 5 em 5 metros.

No mapa de uso do solo (Figura 2), utilizou-se a base de dados gerados pelo sistema LIDAR; em seguida, importaram-se os arquivos para software ArcView. Para tanto, selecionaram-se inicialmente as classes de uso e ocupação do solo por meio da interpretação das fotografias aéreas, e nas imagens geradas pelo LIDAR. Posteriormente, selecionaram-se oito classes de uso do solo: vegetação arbórea densa, vegetação arbórea arbustiva, vegetação antropizada, dunas ativas, dunas fixas, área urbanizada, vila e depósitos marinhos recentes. Essas classes se confirmaram no trabalho de campo. Em seguida, as classes identificadas e posicionadas com manchas de diferentes cores foram digitalizadas e transferidas para o software ArcView a fim de se elaborar o mapa.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diversas pesquisas, como a de Nunes (2008), enfatizam a importância de estudos que monitorem, identifiquem e analise a degradação ambiental das dunas e lagoas naturais, em decorrência das diferentes formas de uso e ocupação antropogênica do solo, pela especulação imobiliária com vista aos empreendimentos turísticos, o que poderá contribuir para a destruição dessa paisagem e contaminação das lagoas e do aquífero subterrâneo no litoral potiguar. Nunes (2008), em sua investigação, recomendou a análise do diagnóstico ambiental das dunas e lagoas naturais; demonstrou um processo acelerado de ocupação antropogênica, em toda a área da pesquisa, por construção de residências das mais diversas categorias sociais, bem como de grandes projetos de hotéis e *resorts* internacionais.

Diante das evidências do alto risco nas áreas das lagoas, que, por exemplo, são alimentadas por águas de chuva de infiltração nas dunas, e também alimentam o aquífero subterrâneo, sendo, portanto, a fragilidade ambiental alta. Para tanto, elaborou-se o mapa de uso e ocupação da área da pesquisa, ou seja, área de influência do campo de dunas móveis, que perfaz uma área de 35,77 km<sup>2</sup>.

Utilizando a base de dados gerados pelo sistema LIDAR e importando os arquivos para *software* ArcView, gerou-se o mapa de uso do solo (Figura 2).

As classes, interpretadas, posicionadas e selecionadas no mapa, confirmaram-se com a visita ao campo; resultando nas seguintes classes do uso e ocupação do solo:

- a) vegetação arbórea densa; tem um solo ocupado com vegetação nativa e fechada, ocupam 23,59% da área mapeada;
- b) vegetação arbórea arbustiva, vegetação bem menos densa e espaçada aparece ocupando uma área de 13,59% da área da pesquisa;
- c) vegetação antropizada caracterizada na sua maior parte por uma agricultura de subsistência, que corresponde a 11,94%;
- d) dunas ativas ou móveis apresentam um solo sem vegetação (solo exposto); estão experimentando o transporte eólico, ocupam cerca de 14,84% da área do estudo e dominam a paisagem com dunas de até 55 metros de altura; deslocam-se de acordo com a intensidade dos ventos, entre outros fatores; na pesquisa, constatou-se um deslocamento no período de 2001 e 2004 de até 60 metros;
- e) paleodunas ou dunas fixas; região ocupada por antigas dunas de areia estabilizadas ou fixadas pela vegetação nativa, ocupam 28,88% da área da pesquisa;
- f) urbanizada – área urbanizada da cidade de Rio do Fogo e povoado de Zumbi, ocupando uma área de 5,03% da área da pesquisa;
- g) vila de assentamento do Incra, que ocupa 0,84%;
- h) depósito marinho recente corresponde aos cordões arenosos na faixa de variação da linha maré. Sua composição é essencialmente quartzosa, e não chega a ocupar 1,29% da área da pesquisa;
- i) fazendo limite com a área, existem RN-021 e BR-101, e também o Oceano Atlântico e o Rio Punaú, que se caracteriza como uso para pesca e recreação da população local e turista.

Todas as classes que representam feições relevantes da área da pesquisa foram identificadas, classificadas e calculadas em km<sup>2</sup>.

Observa-se, na Tabela 1, que a maior área corresponde à classe de dunas fixas com 10,33 km<sup>2</sup> ocupando 28,88% da área estudada, enquanto as dunas móveis, representam 5,31 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 14,84% da área do estudo. Constata-se, também, que a vila rural do Incra é a classe de menor representatividade, com uma área de 0,3 km<sup>2</sup>, o que corresponde apenas a 0,84% da área da pesquisa. Somando as classes: área urbanizada, vila e vegetação antropizada, encontra-se uma área que está sofrendo maior pressão antrópica, e corresponde a cerca de 18% da área da

pesquisa. Pode-se afirmar que, diante das evidências de alta fragilidade ambiental que a área vem sofrendo, ainda é possível criar estratégias de preservação ambiental desse ecossistema.

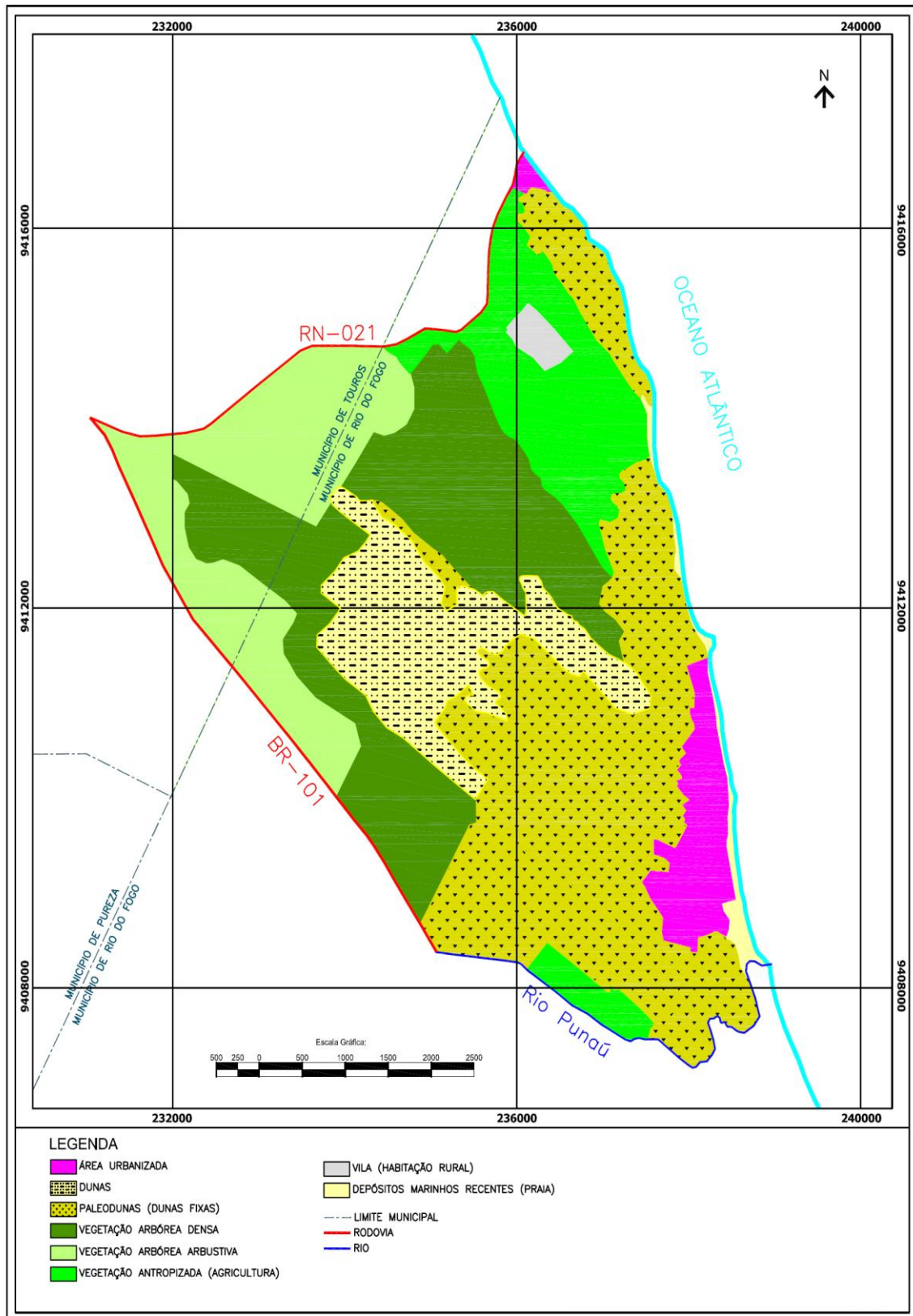


Figura 2. Mapa do Uso do Solo

Tabela 1 – Classes x área em km<sup>2</sup> x porcentagem da área total

Classe	Área em km <sup>2</sup>	Porcentagem (%) da área total
Vegetação arbórea densa	8,44	23,59
Vegetação arbórea arbustiva	4,86	13,59
Vegetação antropizada	4,27	11,95
Dunas ativas ou móveis	5,31	14,84
Paleodunas ou dunas fixas	10,33	28,88
Área urbanizada	1,8	5,03
Vila	0,3	0,84
Depósito marinho recente (praia)	0,46	1,29

## 5 CONCLUSÕES

Em razão da grande fragilidade ambiental encontrada na área do estudo e em todo o litoral potiguar, onde a estratégia de desenvolvimento se direciona à vocação turística do município e à ocupação antrópica, observa-se a necessidade premente de se efetivar a adoção de políticas públicas capazes de mitigar os impactos detectados nesse ecossistema, bem como a aplicação de leis complementares que coibam e regulem o uso do solo na área de dunas e seu entorno, ressaltando que tais medidas deverão ser acompanhadas da elaboração de Planos de Manejo para recuperar as áreas degradadas.

O levantamento laser aerotransportável se mostrou eficiente na identificação, posicionamento das classes de uso de solo; em especial na identificação dos tipos diferentes as dunas. O mapeamento a laser opera com excelentes resultados em superfícies homogêneas como desertos; áreas de dunas e geleiras, o que usualmente traz dificuldades durante as medições fotogramétricas pela falta de pontos identificáveis.

O mapa de uso do solo conclui que cerca de 18% da área da pesquisa encontram-se antropizados, demonstrando que ainda é possível criar estratégias de preservação ambiental desse ecossistema de grande fragilidade ambiental, porém de grande importância estratégica para o município. Isso se afirma, pois o governo do Rio Grande do Norte desenvolveu estratégia de desenvolvimento para todo o estado, e o município de Rio do Fogo está incluso no Plano de Desenvolvimento Integrado do Turismo Sustentável do Polo Costa das Dunas do estado. Esse plano apresenta as ações voltadas ao fomento do turismo no sentido de tornar o produto turístico potiguar competitivo. Torna-se fundamental, para o êxito do plano, a busca da qualidade na prestação de serviços e o correto gerenciamento dos recursos naturais e culturais por parte de todos os atores envolvidos no processo, quer sejam de natureza pública, quer privada.

O estudo contribui com base de dados técnico-científicos para subsidiar no desenvolvimento de ações reguladoras que preservem essas áreas para gerações futuras.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos que fazem a Geoid Laser Mapping por ter patrocinado voo da área; e, apoio durante todo pesquisa.

## Referências Bibliográficas

CARNEIRO, M. C. S. M.. 2011. *Monitoramento das Dunas utilizando o Sistema de mapeamento a Laser (LIDAR) aerotransportável: Um Estudo a partir dos Movimentos das Dunas do Município Rio do Fogo – RN – Brasil*. Universidade Federal de Pernambuco ( UFPE). Centro de Tecnologia e Geociências / Programa de Pós-Graduação em Geociência. Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental. Recife, PE.

CARTER, R. W.G., 1988. *Coastal enviroment : an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coast line*. Academic Press, London.

DINIZ, R. F. & DOMINGUEZ, J. M. L., 1999. *Erosão costeira no litoral oriental do Rio Grande do Norte*. Congresso da Abequa, 7., Porto Seguro-BA. *Anais...* CD-ROOM.

MUEHE, D. , 2006. *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

NUNES, E. & TAVARES, J. A., 2008. *Análise física e ambiental do ecossistema dunas e lagoas do litoral nordeste oriental, Rio Grande do Norte, Brasil*. In: Colóquio Internacional de Geocrítica, 10., Barcelona, Universidad de Barcelona, Espanha.

SHERMAN & HOTTA, S., 1990. Aeolian sediment transport: theory and measurement. In: Nordstrom, K. F.; Psuty, N. P. & Carter, R. W. G. *Coastal dunes: form and process*. John Wiley. Chichester. cap. 2: p.17-37.

SHORT, A. D. & HESP, P. A., 1982. Wave beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48: 259-284.