

Análise da paisagem na Lagoa Verde: Proposta para readequação da unidade de conservação da Lagoa Verde no município do Rio Grande, Brasil

Carlos Vinicius da Cruz Weiss^{1*}, Lucas Terres de Lima¹², Bruna Mergen¹²,
Marcelo Dutra da Silva²

¹Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro. ²Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Av. Itália, Km 8 – Rio Grande - RS, Brasil. Autor correspondente: *c.vinicius@msn.com*

RESUMO

A Lagoa Verde compreende uma pequena mancha de conservação, cercada de usos e pressões diversas. Associado ao espaço urbano de Rio Grande o sistema da Lagoa Verde sofre ameaças constantes, por conta do crescimento acelerado do município, resultante dos fartos investimentos no setor portuário e logístico. Em 2005, a Lei Municipal 6.084 reconheceu a importância deste sistema hídrico pela criação da “Área de Preservação Ambiental (APA) da Lagoa Verde”, com o propósito de proteger as paisagens e recursos hídricos, conservação da biodiversidade, preservação dos ecossistemas litorâneos, desenvolvimento de atividades de educação ambiental e pesquisa, bem como divulgar o patrimônio natural do Município. Devido à proximidade das zonas urbanizadas a APA vem sofrendo danos ambientais, tais como: a retirada da mata ciliar; o escoamento de esgoto irregular; e construção de vias próximas à lagoa. Portanto esta área necessita maiores esforços quanto sua preservação e qualidade ambiental. A eficiência das ações de proteção relaciona-se com a necessidade de um plano de manejo associado aos processos da paisagem com nível hierárquico adequado. Este trabalho reproduz as análises estruturais da paisagem na APA da Lagoa Verde, através da investigação da área em campo e processamento digital de imagens de satélite. O objetivo é propor uma readequação nos limites da APA por meio de princípios de ecologia de paisagem, a fim de estabelecer uma proteção ambiental efetiva na unidade de conservação. Por meio das análises de paisagem, os resultados mostraram que as manchas predominantes foram de campo associado a uso antrópico para agricultura e pecuária, sendo que tal categoria de mancha apresentou área maior que a categoria dos remanescentes naturais. Nesse contexto a área proposta para readequação dos limites da APA da Lagoa Verde incluiu as áreas úmidas adjacentes a lagoa; os arroios que conectam a lagoa a outros sistemas hídricos, tal como a Laguna dos Patos; e os campos litorâneos, onde se localizam as nascentes dos arroios Senandes e Bolhacha.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem, classificação de imagens, Área de Proteção Ambiental, Landsat 5/TM, Unidade de conservação.

ABSTRACT

The Lagoa Verde (Green Lagoon) comprises a small patch of conservation, surrounded by various uses and pressures. Associated with the urban space of Rio Grande, the system of Lagoa Verde is threatened constantly, due to the rapid growth of the city, tired of the resulting investment in the port sector and logistics. In 2005, the Municipal Law 6084 recognized the importance of this water system for the creation of "Environmental Preservation Area (APA) of Lagoa Verde", with the purpose of protecting the landscapes and water resources, biodiversity, preservation of coastal ecosystems, development of environmental education and research, as well as publicizing the natural patrimony of the city. Due to the proximity of urbanized areas the APA has suffered environmental damage, such as the removal of riparian vegetation, the irregular flow of sewage, and road construction near the pond. So, this area needs more efforts about their preservation and environmental quality. The effectiveness of protective actions relate to the need for a management plan associated with the processes of the landscape with appropriate hierarchical level. This work reproduces the structural analysis of the landscape in the Lagoa Verde APA, through research area in the field and digital processing of satellite images. The objective is to propose realignment in the limits of the APA through principles of landscape ecology in order to establish an effective environmental protection in the conservation unit. Through the analysis of landscape, the results showed that the stains were predominant field associated with anthropic use for agriculture and livestock, and such category of stain showed an area larger than the category of natural remnants. In this context, the proposed area to readjust the limits of the Lagoa Verde APA including wetlands adjacent lagoon, the streams that connect the lagoon to other water systems, such as the Laguna dos Patos, and coastal fields, where is located the springs the streams.

Keywords: Landscape ecology, image classification, Environmental Protection Area, Landsat 5/TM, Conservation Unit.

INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e o crescimento populacional, a “paisagem natural” vem sendo substituída pela “paisagem urbana e rural”. As mudanças na “paisagem natural” têm ocasionado problemas ecológicos e sociais (Magro, 1997). Em razão disso foi estabelecido, através da Lei Federal nº 9.985 (Brasil, 2000), o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Conforme Funatura (1989), Unidades de Conservação são porções do território nacional com características de relevante valor, de domínio público ou privado, com objetivos e limites definidos, aos quais se aplica regimes especiais de administração e garantias de proteção.

A Ecologia da Paisagem fornece indicadores espaciais relacionados às condições ecológicas do ambiente, as quais podem ser analisadas por meio do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e de imagens de satélites orbitais, permitindo agilizar a extração e análise das características ambientais da superfície terrestre (Lima e Rocha, 2011). As técnicas de sensoriamento remoto, SIG e processamento digital de imagens são essenciais para o processamento de dados espaciais sendo fundamentais para a análise, monitoramento e planejamento de unidades de conservação (Lachowski et al., 1994; Oliver, 1992). Para análises de padrões espaciais, a aplicação de princípios de Ecologia da Paisagem vem sendo utilizadas através da obtenção de métricas ou índices de paisagem, que permitem avaliações em diferentes escalas espaciais e temporais. Contribuindo para o entendimento de padrões e processos envolvidos no estabelecimento de estratégias para a conservação da biodiversidade (Almeida, 2008).

Ecologia de paisagem é o estudo de como a heterogeneidade e a escala espacial afetam os processos ecológicos. O enfoque é ecossistêmico, e a abordagem espacial esta pautada na relação entre a estrutura da paisagem (padrões espaciais dos ecossistemas) e seu funcionamento (interação e fluxos de energia, matéria e

espécies dentro e entre os ecossistemas que compõem a paisagem) (Zaú, 1997). A estrutura da paisagem faz referência ao tamanho, forma, números, tipos e configurações de seus componentes. Segundo Couto (2004), através da análise estrutural das manchas da paisagem é possível que se entenda a relação entre a heterogeneidade espacial e as alterações ecológicas do ambiente. Possibilitando o entendimento da relação da paisagem com os aspectos culturais, sociais e políticos.

A interpretação e um conhecimento prévio da área estudada pelo pesquisador é indispensável para o entendimento da evolução dos processos que interferem a paisagem (Casimiro, 2000). Dessa maneira, a ecologia da paisagem mostra-se uma ferramenta de auxílio e justificativa à tomada de decisão, reforçando a preservação da APA da Lagoa Verde e possibilitando uma nova estratégia legal de preservação ambiental mais eficiente.

A escala dos elementos da paisagem é definida usando perspectivas espaciais e temporais, determinadas pelos objetivos da investigação ou da questão de manejo pertinente. O objetivo deste trabalho é propor uma nova delimitação para a APA da Lagoa Verde, a fim de que esta possa ampliar e garantir o seu papel de proteção e conservação dos recursos, processos e serviços.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: A planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, formada durante o período quaternário através de sucessivas transgressões e regressões marinhas, é rica em sistemas hídricos, com restingas, arroios, lagoas interiores e banhados (Vieira e Rangel, 1988). A Lagoa Verde (Fig. 1) localiza-se entre os paralelos 32° 6' 54" e 32° 8' 15" latitude Sul e entre os meridianos 52° 9' 57" e 52° 11' 72" longitude Oeste, no município de Rio Grande, RS – Brasil, e faz parte deste complexo sistema de banhados, arroios e lagoas.

A APA da Lagoa Verde compõe diversas unidades ambientais, como campos

arenosos, banhados de água doce, mata ciliar, fanerógamas submersas, paleodunas vegetadas, arroios e a lagoa. Está conectada com a região do estuário da Lagoa dos Patos através do Saco da Mangueira, de onde recebe o aporte de água salgada. Fatores meteorológicos relacionados a chuvas e ventos controlam a salinidade nas águas do estuário, com regimes polihalinos no verão e outono, e oligohalinos no

inverno e primavera (Costa et al., 1988; Nema, 2009). A Lei Municipal nº6.084 (Rio Grande, 2005), que determinou a região da lagoa como “Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa Verde”, teve por princípios proteger a paisagem, os recursos, a biodiversidade, os distintos ecossistemas e os serviços ambientais, assim como estimular o conhecimento, a educação e a pesquisa (Behling, 2007).

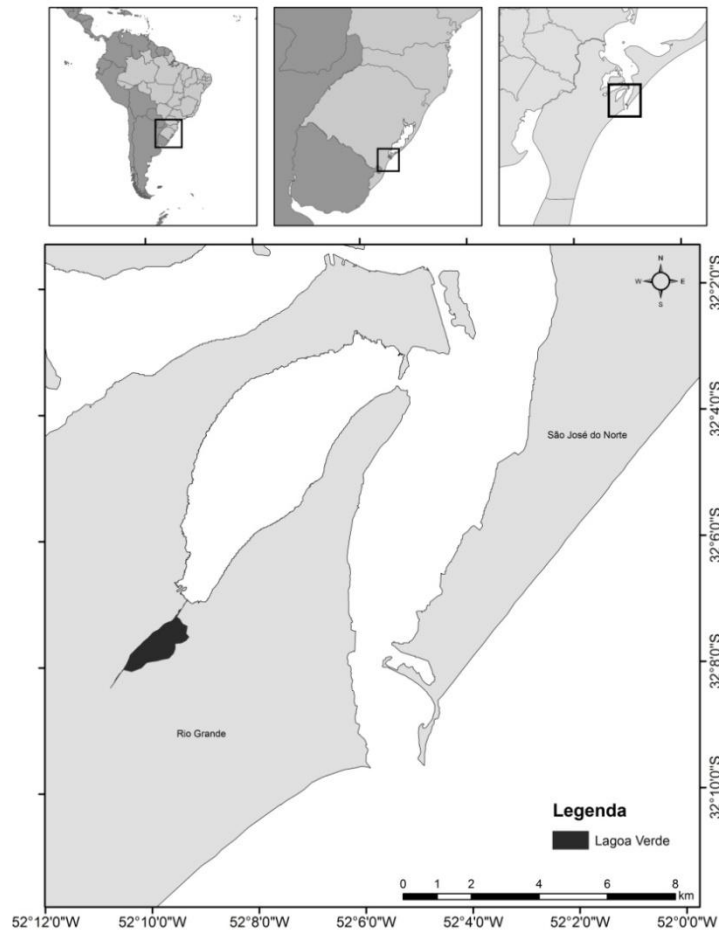


Fig. 1. Localização da área de estudo.

Metodologia: Para reconhecimento prévio da área de estudo, inicialmente foi analisada uma imagem do sensor Quickbird®, esta foi cedida pela prefeitura municipal de Rio Grande – RS. Na imagem foram estabelecidos pontos estratégicos das categorias de manchas visualizadas na área de interesse, visando confirmar em campo essas categorias. Foram coletadas as coordenadas dos pontos pré-definidos e

determinado a qual mancha este pertencia, a fim destes servirem de base para a obtenção das assinaturas espectrais na classificação supervisionada de imagens de satélite. Posteriormente, foram analisados diferentes holons da paisagem utilizando a imagem Quickbird®, com o objetivo de definir a escala mais pertinente para efetuar as delimitações na unidade de conservação. Um holon funciona como

uma entidade autônoma e é também parte de uma unidade organizacional superior. Segundo Allen e Starr (1982), holon é como uma janela de duplo sentido, através da qual o ambiente influencia suas partes e em retorno a usa para comunicação com o ambiente como uma unidade. Na escala cartográfica definida como base para as análises, foram identificados os elementos da paisagem como as conexões entre manchas, matriz, manchas da paisagem e

entre outros. Para delimitação da proposta de readequação da unidade de conservação da Lagoa Verde foi utilizado o software Idrisi Selva® (Eastman, 2012). As etapas do procedimento (Fig. 2) seguiram as seguintes etapas: composição colorida da imagem, áreas de treinamento, extração de assinaturas, obtenção do gráfico de curvas espectrais, análise SOM (redes neurais), mapa rotulado, segmentação e mapa de classificação final.

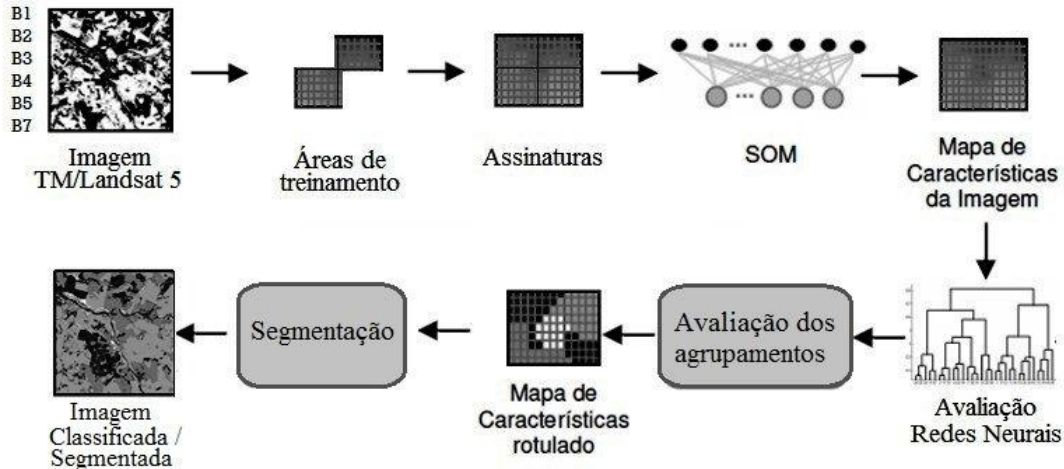


Fig. 2. Procedimentos realizados para a classificação por redes neurais auto-organizáveis.

O processamento digital de imagem (PDI) foi realizado com imagens orbitais do sensor TM (Thematic Mapper)/Landsat 5. A imagem utilizada nestas etapas foi obtida gratuitamente através do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013), sendo esta com resolução espacial de 30 metros e seis bandas espectrais do espectro refletido, desde o visível até o infravermelho de ondas curtas.

Na primeira etapa foram montadas as composições de falsa cor em RGB (Red, Green, Blue) com diferentes combinações entre as bandas da imagem. As diferentes composições coloridas auxiliaram na escolha do modo mais adequado para realizar a análise interpretativa das manchas da região estudada, expondo assim diferentes cores, para diferentes comportamentos espectrais dos alvos na imagem. A composição colorida que mais se adequou para obtenção das assinaturas foi a R5G4B3 (Red = banda 3; Green =

banda 4; Blue = banda 5), pois demonstrou distinguir melhor as diferentes categorias de manchas.

Na obtenção das assinaturas dos alvos fez-se o uso das coordenadas dos pontos coletados em campo. Posteriormente a obtenção das assinaturas, utilizou-se a ferramenta MakeSig onde carregou-se as assinaturas e as seis bandas da imagem para obtenção das curvas espectrais. Para esta análise foi necessário definir um conjunto de amostras de treinamento para cada classe a ser diferenciada na imagem classificada. De acordo com Crosta (1992), esse método de obtenção das assinaturas espectrais dos pixels de treinamento parte do pressuposto de que o usuário conheça a imagem a ser classificada de tal modo que possa definir quantas e quais as classes que são mais representativas no que tange o uso e cobertura do solo.

Na classificação da imagem, utilizou-se a ferramenta SOM (Kohonen's SelfOrganizing Map) do software Idrisi

Selva® (Eastman, 2012). Essa ferramenta que é denominada “Mapa Autoorganizável de Kohonen” consiste em um tipo de rede neural artificial baseada em aprendizado competitivo e não-supervisionado (Kohonen, 1987). Este método assemelha-se a neurônios biológicos, que formam uma rede de interconexões e são conectados por nós de uma grade que geralmente é uni ou bidimensional.

Nesta etapa de classificação foram selecionadas as seis bandas, as assinaturas, e a composição criada, resultando na classificação da imagem. Posteriormente, foi realizada a segmentação e esta foi cruzada com a classificação da imagem, gerando classes. Essas foram analisadas software Patch Analyst® (Elkie et al., 1999), onde utilizou-se a ferramenta Spatial Statistics para analisar a estrutura do mosaico permitindo identificar, por meio de métricas específicas, o tamanho das manchas (calculando a área das manchas e o tamanho médio, identificando a matriz e a importância da diversidade dos elementos na paisagem); o índice médio da forma (analisa quão compactas são as manchas em comparação com uma circunferência de área igual); a densidade de bordas (permite equiparar a riqueza da estrutura). Os resultados foram calculados e exportados para uma tabela onde foi analisado os elementos da paisagem.

RESULTADOS

Perante as análises por meio da classificação de imagens orbitais, métricas de paisagem e interpretação de imagens de alta resolução, observa-se que a categoria de mancha com maior representatividade no holon principal é a de campos litorâneos. Esta categoria foi considerada no presente trabalho como a matriz da paisagem da área estudada. É importante ressaltar o fato de que nesta pesquisa foi analisada apenas a estrutura da paisagem, considerando a mancha como a menor unidade de paisagem.

Outras manchas presentes no holon analisado são as de banhado,

remanescentes de mata nativa, pequenas manchas de silvicultura, canais de conectividade entre corpos hídricos e manchas de uso antrópico do solo. Essas manchas de uso antrópico - as quais são constituídas pela zona urbana e pelas atividades de pecuária, silvicultura e plantação de arroz - caracterizam a atual situação da APA da Lagoa Verde. Esse fato deve-se ao impacto negativo causado pelo despejo de efluentes e pela utilização imprópria de áreas de preservação na zona urbana e pelas pressões exercidas quanto as plantações e utilização do terreno para pecuária.

Para propor a readequação da área de unidade de conservação da APA da Lagoa Verde, através de análises das métricas de paisagem, foram atribuídos na imagem de satélite do sensor TM/Landsat 5 zonas de restrições para cada categoria de mancha perante a legislação brasileira vigente (Fig. 3). Nestas zonas visou-se demarcar as distâncias previstas em lei para uma conservação eficaz de cada categoria de mancha. Para as manchas de áreas úmidas identificadas na classificação de imagem, foram estabelecidos uma zona (buffer) de amortecimento/preservação de 500 metros aos seus redores, inclusive na mancha. A categoria de mancha de áreas úmidas e sua zona estabelecida totalizaram uma área de aproximadamente 20830000 m².

Justifica-se a zona proposta e a preservação da mancha de áreas úmidas, cuja inclui também banhados da região, pela importância destas no regime hídrico do sistema da Lagoa Verde e também de todo o sistema de corpos lagunares e estuarinos da região. A zona de amortecimento proposta visa suprir as pressões sofridas nesses elementos fundamentais do sistema, as quais atingem indiretamente a conservação da Lagoa Verde.

Os limites da proposta de readequação da unidade de conservação foram ajustados pelas principais rodovias de tráfego terrestre adjuntas à unidade, visando facilitar o gerenciamento e a identificação

do limite da área a ser proposta. Também se estabeleceu uma zona de preservação/amortecimento dos cordões litorâneos para incluir na proposta de readequação da unidade, com área de aproximadamente 5000000 m². O objetivo de inclusão desta área é proteger as nascentes dos arroios conectados a Lagoa Verde. Os cordões litorâneos são componentes frequentes de planícies costeiras formadas no período do quaternário (Otvos, 2000), estes são fundamentais na regulação hídrica dos corpos de água e são onde se localizam as nascentes de pequenos arroios na zona costeira do Rio Grande do Sul. Através das métricas de paisagem (Tab. 1) analisadas

com o auxílio do software Patch Analyst® (Elkie et al., 1999), nota-se que a maior representatividade quanto a área é da categoria de mancha é a de campos associado ao uso antrópico, com aproximadamente 9338000 m², estando nessa categoria as atividades de agricultura e a pecuária. A categoria 'urbano' representou a segunda maior área observada, ressaltando o fato da unidade de conservação localizar-se em um centro urbano. Nas "manchas da paisagem natural" a categoria com maior tamanho foi a de áreas úmidas, a qual foi incluída, com área maior que na área da unidade de conservação vigente, na readequação da APA.

Tab. 1. Manchas e relação entre área e número de manchas.

Manchas	Área (m²)	Número de manchas
Campo associado ao uso antrópico	9338000	9
Plantação de Eucalipto	240000	1
Áreas úmidas	7730000	13
Urbanizado	794300	23
Água	2734400	1
Cordões Litorâneos	4994600	1

Dentro dos limites da área de readequação da unidade de conservação proposta (Fig. 3), foram realizadas a classificação das manchas, com as seguintes classes: sem impacto; baixo impactado; médio impactado e alto impactado (Fig. 4). Essa classificação dos impactos negativos nas manchas foi baseada no modelo do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Peixoto e Willmersdorf, 2002) para valoração do dano para unidades de conservação. Para a classificação das manchas perante as classes de impacto foram realizadas saídas de campo, consultas na bibliografia e análise na imagem de alta resolução. Foi levado em consideração para a classificação destes elementos da paisagem a duração do impacto (tempo determinado para recuperação natural d paisagem), a

reversibilidade e magnitude do impacto. Como se observa na Tab. 2, as categorias de manchas mais impactadas (alto impacto) são as das áreas úmidas e dos corpos de água.

Essas foram classificadas como altamente impactadas ou já degradadas, devido a se tratar de áreas ambientalmente sensíveis, que quando impactadas tem reversibilidade lenta e difícil sendo sempre com impacto de alta magnitude.

Já nas manchas de silvicultura e de campos associados ao uso antrópico, o impacto observado no uso do solo é de fácil reversibilidade, em um ponto de vista ambiental e considerando que as atividades são de pequeno porte, tendo magnitude e duração baixa. Nenhuma mancha foi classificada como sem impactos, devido a atividade antrópica na região da lagoa.

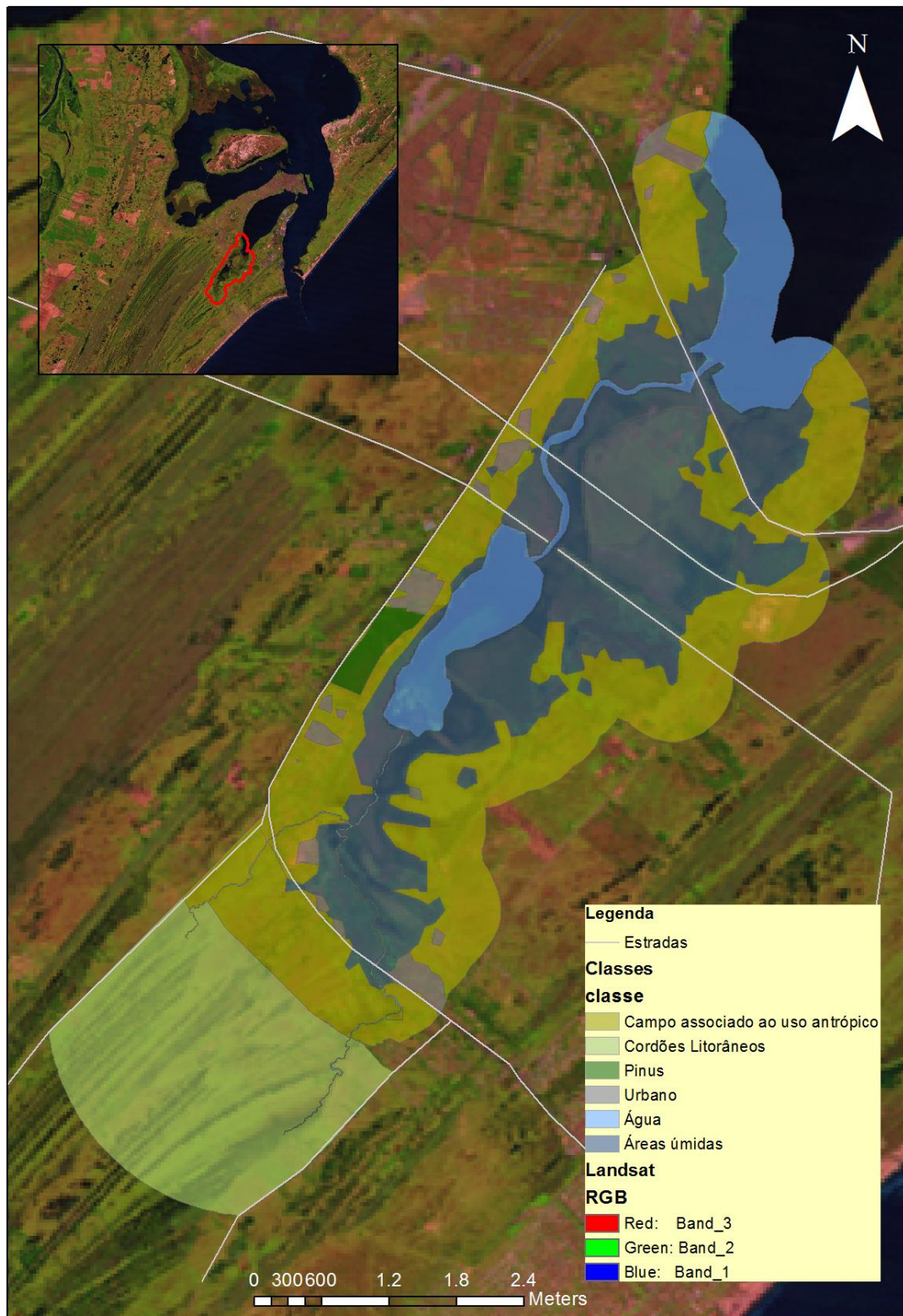


Fig. 3. Área de delimitação proposta para readequação da unidade de conservação.

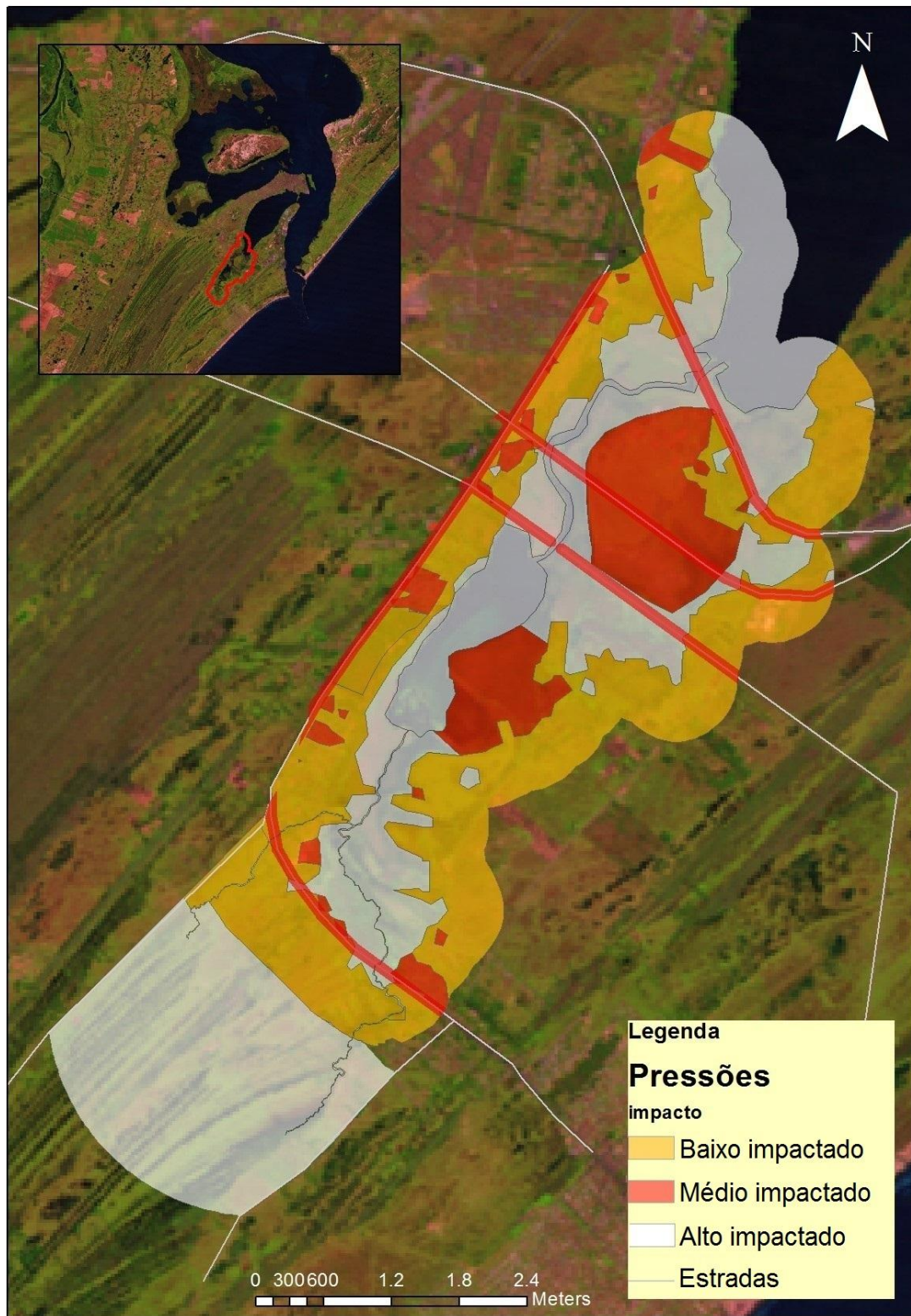


Fig. 4. Mapa das pressões sobre a área proposta.

Tab. 2. Análise das manchas de pressões dentro da área proposta.

Manchas	Pressões
Campo associado ao uso antrópico, agricultura e pecuária	Baixo Impacto
Silvicultura	Baixo Impacto
Rizicultura sobre áreas úmidas	Médio Impacto
Urbanizado	Médio Impacto
Estradas e trilhos com área de abrangência de 15 metros	Médio Impacto
Áreas úmidas e Recursos hídricos	Alto impacto

DISCUSSÃO

Perante aos resultados apontados pode-se afirmar que a Lagoa Verde atua como elemento central na paisagem. Os cordões litorâneos foram considerados a matriz, a qual influencia diretamente no regime hídrico da lagoa. As pressões sobre o ambiente estudado se tornam perceptíveis, e são constituídas pela área urbana, plantações, pecuária e pelas rodovias.

Apesar de a matriz ser bastante permeável, possibilitando a movimentação da fauna entre os elementos da paisagem, a presença das rodovias representam uma barreira. Consequentemente os elementos da paisagem são fragmentados, dificultando a mobilidade da fauna, a passagem da água necessária para o regime hídrico e para a troca de nutrientes necessários para biota da Lagoa Verde.

Conforme analisado no trabalho a matriz (cordões litorâneos) não se conecta diretamente com a Lagoa Verde, os fragmentos se ligam de forma indireta através dos arroios, porém estes exercem influência na qualidade e no regime hídrico deste corpo de água. A lagoa é dependente da água doce que se acumula nos cordões litorâneos durante épocas de alta pluviosidade, essa água acumulada escoar até a lagoa regulando a salinidade. O estuário da Laguna dos Patos que está conectado com a Lagoa Verde tem o papel contrário, que é de salinizar a água. Esses fatores são indispensáveis para um funcionamento adequado do sistema em questão, por isso esses foram incluídos na área da unidade de conservação.

Em uma análise mais detalhada, é possível observar que no entorno da lagoa a

mancha que predomina é a de campo associada ao uso antrópico, sendo este destinado para fins de pecuária e agricultura. Os dados observados na Tab. 2 demonstram que as manchas de distúrbio dentro da área de preservação proposta representam maior área que as manchas de remanescentes naturais, fortalecendo a reformulação da área de preservação ambiental vigente pela legislação.

Nesse contexto, para uma efetiva proteção da área proposta para a unidade de conservação da Lagoa Verde, não somente os entornos do corpo hídrico devem estar presentes na área proposta, mas também as regiões das quais ela depende indiretamente, incluindo: as áreas úmidas adjacentes a lagoa, cujas interferem no regime hídrico do sistema da Lagoa Verde; a totalidade dos arroios que alimentam tal lagoa com água doce; a região dos campos litorâneos, onde localiza-se as nascentes de tais arroios; e a conexão com o estuário, responsável pela regulação da salinidade e pelo regime hídrico da lagoa.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a implementação de unidades de conservação, considerando aspectos legais e de ecologia da paisagem, poderá ser auxiliado por técnicas de sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e o Sistemas de Informação Geográfica. Servindo de apoio no processo de tomada de decisões complexas que envolvem muitos fatores espacialmente distribuídos. A proposta de novos limites para a unidade de conservação permitiu a avaliação das

alterações na estrutura da paisagem em termos de tamanho e forma dos fragmentos. Caso a área proposta fosse implementada, este tipo de análise poderá ser útil na avaliação final de um projeto de readequação.

O uso de imagens orbitais, como neste caso do sensor TM/ Landsat 5, representa uma ferramenta de suma importância na realização deste trabalho. A aquisição sistemática de dados dessa natureza permite o mapeamento eficaz da área proposta e a possibilidade de um contínuo monitoramento, além de ser uma ferramenta essencial para o planejamento de unidades de conservação.

A área proposta para a unidade de conservação nesse trabalho é maior do que a área prevista pela Lei Municipal nº6.084 (Rio Grande, 2005) que estabeleceu a área da lagoa como APA da Lagoa Verde. Desta forma recomenda-se a criação de um plano de manejo para essa unidade de conservação, que vise controlar os impactos presentes na área para que estes não continuem avançando sobre as manchas remanescentes, e que preveja um monitoramento periódico sobre a unidade.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro (PPGC) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), a agência fomentadora de pesquisas CAPES e a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Allen, T. F. H.; Starr, T. B. 1982. *Hierarchy: Perspectives in Ecological Complexity*. University of Chicago Press, Chicago, London.
- Almeida, C. G. 2008. *Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná*. 74p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- Behling, G. M. 2007. *Refletindo o processo de criação da APA da Lagoa Verde pelo olhar da Educação Ambiental*. Dissertação para obtenção do título de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande, FURG.
- Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. *Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC*. Brasília, Distrito Federal.
- Casimiro, P.C. 2000. *Ecologia da Paisagem, perspectivas de uma nova abordagem do estudo da paisagem em Geografia*. Geolnova 2: 45-65.
- Costa, C.S.B.; Seeliger, U.; Kinas, P.G. 1988. *The effect of wind velocity and direction on the salinity regime in the lower Patos Lagoon estuary*. Brasil. *Ciência e Cultura* 40(9): 909-912.
- Couto, P. 2004. *Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em Fragstats*. *Investigação Operacional*, n. 24.
- Crosta, A. P. 1992. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*, São Paulo, UNICAMP/IG.
- Eastman, J.R., 2012. *IDRISI Selva®*. Worcester, MA: Clark University.
- Elkie, R; Carll, P; Angus, R. 1999. *Patch analyst user's manual – A tool for quantifying landscape structure*, Northwest Science & Technology, Thunder Bay, Ontario.
- FUNATURA. Fundação Pró Natureza. 1989. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) Aspectos conceituais e legais*. Brasília, Distrito Federal.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Catálogo de imagens*. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>.
- Kohonen, T. 1987. *Self-Organizing maps*, 2nd Edition, Berlin: Springer Verlag.

- Lachowski, H. M., Wirth P., Maus, P. Avers P. 1994. Remote Sensing and GIS: their role in ecosystem management. *Journal of Forestry* 92(8): 39-40.
- Lima, R. N. de S.; Rocha, C. H. B. 2011. Técnicas de sensoriamento remoto e métricas de ecologia da paisagem aplicadas na análise da fragmentação florestal no município de Juiz de Fora – MG em 1987 e 2008. *Anais Xv Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba – PR*. Pp. 2067-2074.
- Magro, T. C. 1997. Manejo de paisagens em áreas florestadas. *Silvicultura* 18(69): 38-45.
- NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental). 2009. Descubra a Lagoa Verde: um passeio pelos Arroios Bolaxa, Senandes, Canal São Simão e arredores. Rio Grande, RS. Pp 28.
- Oliver, C. D. A. 1992. landscape approach: achieving and maintaining biodiversity and economic productivity. *Journal of Forestry* 90(9): 20-25.
- Otvos, E. 2000. Beach ridges – definition and significance. *Geomorphology* 32: 83-108.
- Peixoto, S. L.; Willmersdorf, O. G. 2002. “Modelo de Valoração Econômica dos Impactos Ambientais em Unidades de Conservação”, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA, setembro, Brasília, Brasil.
- Rio Grande. Lei nº 6.084, de 22 de abril de 2005. “Cria a área de proteção ambiental da Lagoa Verde”. Rio Grande, Rio Grande do Sul.
- Vieira, E.F.; Rangel, S.R.S. 1988. Planície costeira do Rio Grande do Sul. Geografia física, vegetação e dinâmica sociodemográfica. Porto Alegre: Sagra. Pp 256.
- Zaú, A. E. 1997. A Ecologia da Paisagem no Planejamento Territorial. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro. Pp. 98-103.