

ECOLOGIA DE PAISAGENS NO PLANEAMENTO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: DELIMITAÇÃO DE REGIÕES ATRAVÉS DE PADRÕES MÉTRICOS DA PAISAGEM

Lucas TERRES LIMA¹; Cristina A. BERNARDES²; Carlos V. C. WEISS²; Marcelo D.
SILVA³

RESUMO

A planície costeira do estado do Rio Grande do Sul está localizada ao sul do Brasil, entre os paralelos 29°S e 34°S, cobre uma área com cerca de 33.000 Km² e é uma referência ecológica internacional por possuir diversas unidades de conservação ambiental e conter grande variedade de recursos naturais. A ecologia de paisagens compreende o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas, compostas por ecossistemas interativos. Os estudos neste domínio utilizam medidas quantitativas de composição da paisagem, conhecidas como métricas de ecologia de paisagem, as quais auxiliam na descrição de padrões espaciais a partir de dados sobre o uso e ocupação do solo ou da paisagem. Sobre o mapa temático da paisagem da planície costeira do Rio Grande do Sul foi realizada uma amostragem aleatória estratificada, onde foram definidas quarenta e duas amostras. As métricas de ecologia de paisagem nestas amostras foram realizadas com a extensão *Patch Analyst* do software *ArcGIS* 10.0, utilizando os parâmetros Uniformidade, Total de Bordas, Riqueza, Diversidade e Desvio Padrão dos tamanhos das manchas, relativas aos parâmetros estudados. A interpolação dos resultados foi realizada pelo Inverso do Quadrado da Distância (IDW), tendo sido utilizado o método estatístico *Cluster* para agrupar e separar regiões com similaridade estatística. Foram identificadas e individualizadas dezoito regiões da paisagem, em que cada região possui, face às restantes, distintos valores de métricas, conferindo-lhe uma dinâmica diferente entre todos os elementos da paisagem da área analisada. O produto final do presente trabalho foi exposto na forma de um mapa, o qual pode fornecer contributos para uma gestão mais eficaz do ambiente costeiro, ao proporcionar uma informação diferente de entender a distribuição do espaço, podendo facilitar a ação do gestor ao analisar as propriedades fisionómicas da

¹ Ms.,Dr.,Departamento de Geociências & CESAM, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro - PT, lucasterres@ua.pt, cbernardes@ua.pt;

² Ms., Instituto de Hidráulica Ambiental - Universidad de Cantabria, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander – ES, c.vinicius@msn.com;

³ Dr. Universidade Federal do Rio Grande, Campus Carreiros, 96.203-900, Rio Grande – RS/BR.

paisagem, ou seja, adaptar as ações de gestão de acordo com as singularidades de cada região.

Palavras-chave: Ecologia de paisagens; Geoprocessamento; Planície costeira; Rio Grande do Sul - Brasil.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Planície Costeira do Rio Grande do Sul

A planície costeira do Rio Grande do Sul, situada entre os paralelos 29°S e 34°S, apresenta uma das mais extensas barreiras costeiras do mundo (Dillenburg, 2003), com 625 km de linha de costa e com área de aproximadamente de 33.000 km² (Figura 1). Segundo Schäfer (2013), a singularidade da planície costeira do Rio Grande do Sul e de suas lagoas consiste em uma característica ecológica e estrutural muito específica de um conjunto de ecossistemas aquáticos e terrestres com uma diversidade e estruturação bastante complexa.

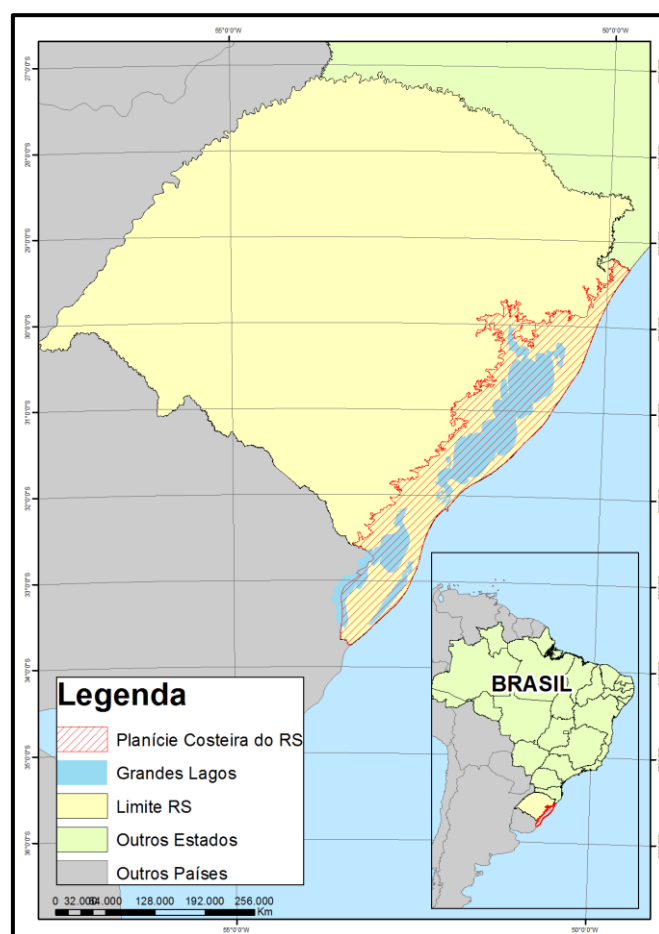


Figura 1. Local de estudo, limite da planície costeira do Rio Grande do Sul em vermelho.

Outra característica importante apontada pelo mesmo autor é a presença de lagoas de água doce muito próximas ao mar, ressalta-se também que em ambientes parecidos com a planície costeira do Rio Grande do Sul, ou seja, que apresentam lagoas entre lagunas maiores junto ao mar, possuem corpos de água salobra ou salgada, portanto, a presença de massas de água doce são absoluta exceção. Esse fato deve-se à presença de um grande aquífero de água doce bastante estável, que aliado ao balanço hídrico positivo, ou seja, a precipitação ser maior que a evaporação, garante a existência de lagoas de água doce na planície costeira (Schäfer, 2013).

Associados a essas lagoas, encontram-se diferentes tipologias de campos (secos e úmidos), matas de restinga, dunas, banhados, marismas, entre outros tipos de áreas úmidas e abertas que servem ao pouso, descanso, refúgio e alimentação de aves migratórias. No entanto, as fisionomias que compõem o complexo costeiro vêm sendo fortemente pressionadas pelo avanço agrosilvopastoril, sobretudo o cultivo do arroz, a pecuária e cultivo do *Pinus* sp., que são as formas de uso mais presentes e que mais conduz a transformações do espaço costeiro, reduzindo-o a pequenos fragmentos naturais.

1.2 Ecologia de paisagens e análise métrica

O estudo da paisagem procura compreender a estrutura, a função e a dinâmica de áreas heterogêneas, compostas por ecossistemas interativos (Forman e Godron, 1986), e é a área do conhecimento que dá ênfase às escalas espaciais amplas e aos efeitos ecológicos do padrão de distribuição espacial dos ecossistemas (Turner, 1989).

As mudanças na paisagem podem ser detectadas e quantificadas por análise de imagens de uso/cobertura do solo, por meio de métricas de paisagens (McGarigal e Ene, 2013). As métricas são equações que descrevem de forma quantitativa a configuração da paisagem.

O padrão estrutural de uma paisagem ou região compõem-se de três tipos de elementos: manchas, corredores e matrizes. Estes elementos constituem os instrumentos para comparação de paisagens altamente diferente. O controle sobre fluxos e mudanças, exercido pelos elementos estruturais, torna-os um instrumento útil para o planeamento do uso do solo (Dramstad *et al.*, 1996).

A maior finalidade da análise de paisagem é ir além do propósito descritivo do espaço, permitindo medir e estabelecer valores, servindo para tornar mais simples e preciso o processo de tomada de decisão. De acordo com Bertrand (2004), por meio de análises métricas de paisagens é possível conhecer melhor as relações espaciais entre os diferentes ecossistemas que compõem o espaço, e que podem ser observados e medidos dentro de um conjunto.

O objetivo do presente trabalho é identificar e separar as diferentes paisagens da planície costeira do Rio Grande do Sul de acordo com os padrões de distribuição das métricas de paisagens.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todas as análises desse trabalho foram realizadas a partir do mapa de uso e ocupação do solo da base vetorial do Mapa do Ambiente Costeiro do Rio Grande do Sul (Lima, 2014), com imagens do ano de 2011. A base de dados vetorial está separada em dez classes, conforme consta na Figura 2.

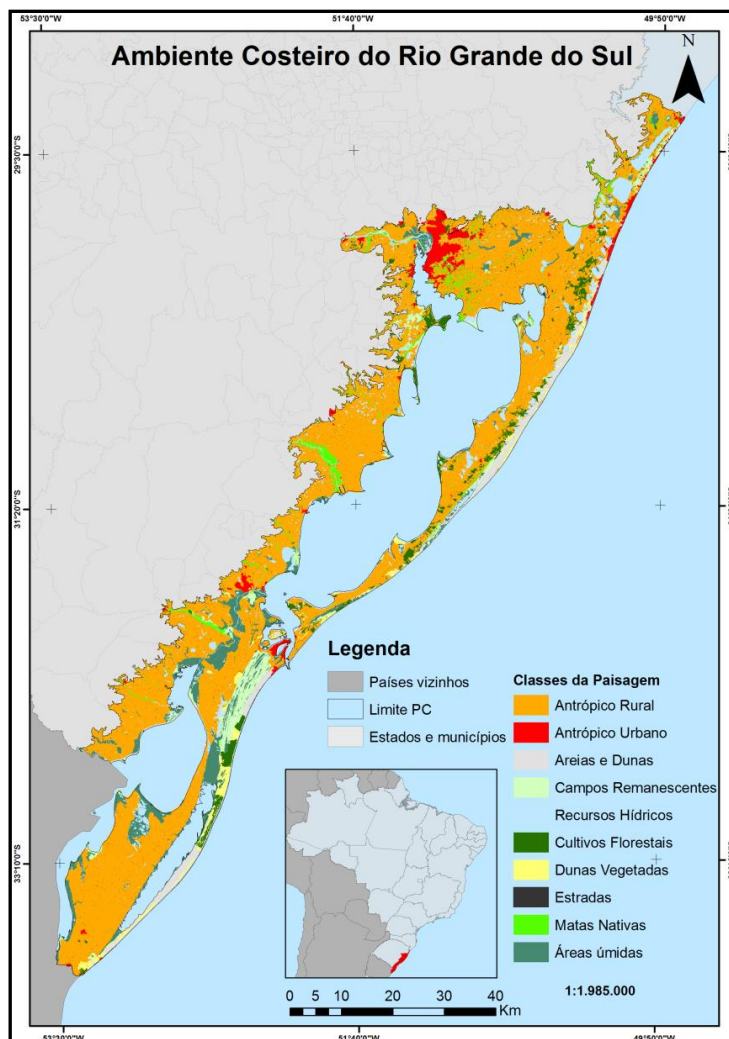


Figura 2. Mapa do Ambiente Costeiro do Rio Grande do Sul (Lima, 2014).

2.1 Processo de amostragem

Na análise, optou-se pelo método de criar diversas janelas de atenção sobre o limite de estudo. Outro fator de escolha para representar com janelas de atenção é a realização de algumas métricas que necessitam de comparações entre diferentes paisagens com mesmo valor de área. Para ter uma representação estatística, foi necessário adotar uma metodologia de amostragem que fornecesse amostras bem distribuídas em toda a extensão do limite da área de estudo, com o objetivo de representar a porção terrestre do ambiente costeiro de modo uniforme. Para isso, foram retiradas as grandes lagoas (Laguna dos

Patos, Lagoa Mirim e Mangueira) do limite do estudo para que não ocorressem amostras sobre a água. Após esse procedimento, a planície costeira foi dividida em seis partes com áreas aproximadas e posteriormente foi criado um polígono delimitando a área núcleo com distância de cinco quilômetros (5km) dos limites do polígono, fazendo com que as janelas de atenção não interceptassem as bordas do limite e das lagoas. Essa etapa foi realizada com a ferramenta *Create Core Areas* da extensão *Patch Analyst* do *ArcMap 10.0*.

Após esse procedimento, foram colocados pontos aleatórios sobre a área criada através de uma amostragem aleatória estratificada, subdividindo a região de estudo em células de dimensões fixas (Yamamoto, 2013). Esse processo foi realizado através da ferramenta *Pontos Aleatórios* do *software QGIS 2.0* no qual foram gerados sete pontos aleatórios sobre cada seção da planície costeira estratificada, totalizando 42 janelas. Uma vez que a amostragem possui mais de 30 amostras, é de prever que a amostragem se aproxime de uma distribuição normal, devido aos níveis de confiança associados ao desvio padrão e graus de liberdade que mostram menor incerteza, a partir de um número de amostras igual ou maior que 30 (Triola, 1998).

Com a ferramenta *Create Hexagons Regions* da extensão *Patch Analyst*, foram criados hexágonos com 15.000 hectares e distribuídos sobre os pontos gerados. Os hexágonos foram ajustados para que coubessem na porção costeira do limite do estudo (Figura 3).

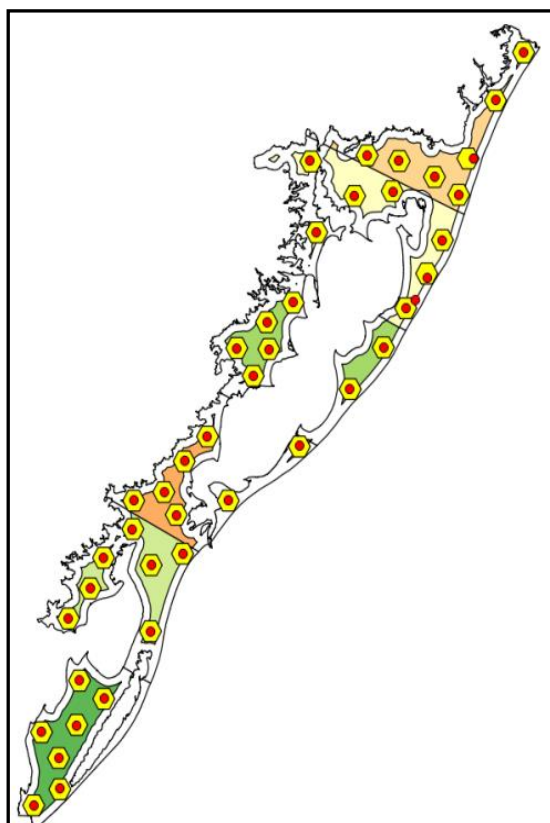


Figura 3. Amostras da paisagem em hexágonos organizadas sobre o limite de estudo.

O arquivo final da classificação, incluindo as estradas e recursos hídricos foi recortado com os 42 hexágonos através da ferramenta *Clip* do *software ArcMap 10.0*. Desse modo, as janelas de atenção estavam prontas para a realização das métricas de ecologia de paisagens.

2.2 Métricas de Paisagens

As métricas de ecologia de paisagens foram realizadas no *plugin* para *ArcMap. 10.0, V-LATE 2.0 beta*. Com o auxílio do V-LATE foram calculados cinco métricas de análises no plano de classes e no plano da paisagem (Tabela 1). As métricas escolhidas foram a Uniformidade, Total de Bordas, Riqueza, Diversidade e Desvio Padrão dos Tamanhos das manchas, por apresentarem semelhanças na distribuição dos valores sobre o ambiente costeiro de acordo com os resultados da aplicação e comparação de todas as métricas disponíveis no V-LATE 2.0. As análises no plano de classes expressam valores referentes a cada classe que compõe a paisagem, enquanto no plano da paisagem os valores se referem a todas as manchas da paisagem sem distinção de classe, ou seja, a paisagem inteira.

2.3 Processo de interpolação espacial

Os métodos de interpolação são utilizados com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial de um determinado atributo, baseado em amostragens situadas numa localidade de interesse (Jimenez e Domecq, 2008). A interpolação é basicamente o processo de atribuir valores em locais não amostrados a partir de pontos amostrados na vizinhança ou região (Silva *et al.*, 2013).

Entre os diversos métodos de interpolação, citam-se o Inverso do Quadrado da Distância ou *Inverse Distance Weighting (IDW)*, *krigagem* e métodos de vizinhos mais próximos. Entretanto, não existe na literatura um método que se sobressaia ao outro, contudo a determinação do melhor método a ser empregado na análise depende da circunstância (Lennon e Turner, 1995).

A partir da análise exploratória dos dados concluiu-se que o interpolador espacial mais adequado seria o do Inverso do Quadrado da Distância (IDW), pois consiste em uma interpolação determinística que estima o valor da célula pela média dos pontos mais próximos, ou seja, permite estimar valores para pontos não amostrados com base em pontos que foram amostrados (Alvarenga, 2010). O IDW permitirá a visualização dos resultados e a sua distribuição no espaço, fazendo uma estimativa dos valores vizinhos. Ao analisar a interpolação gerada pelo IDW, conclui-se que o resultado mostrou-se satisfatório para o objetivo do trabalho. O procedimento da interpolação espacial pelo IDW foi realizado com a extensão do *ArcView 10.0, Geostatistical Wizard* com a ferramenta *Inverse Distance Weighting*.

Tabela 1. Sigla, descrição e tipo de análise das métricas realizadas (McGarigal, 2015).

Sigla	Métrica	Descrição	Equação
PSSD	Desvio Padrão do Tamanho das Manchas	Determina em metros quadrados o quanto de dispersão existe em relação à média do tamanho das manchas.	$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (P_i - MPS)^2}{m}}$ <p>Sendo:</p> $MPS = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{m}$ <p>P_i - proporção da classe mapeada;</p> <p>m - número de classes presentes na paisagem.</p>
TE	Total de Bordas	Expressa o valor total em metros do perímetro das manchas.	$TE = E$ <p>Sendo:</p> <p>E - número total do perímetro (m).</p>
RICH	Riqueza	Expressa o número total de classes na paisagem.	$RICH = \frac{\sum (P_i \times \ln P_i)}{\ln(S)}$ <p>Sendo:</p> <p>P_i - proporção da classe mapeada;</p> <p>S - número de classes mapeadas (diversidade máxima);</p> <p>\ln - função logarítmica natural.</p>
H	Diversidade de Shannon	Determina o quanto a paisagem é diversificada, levando em conta a distribuição das classes e quantas classes estão presentes.	$H = \sum_{i=1}^m -(P_i) \times \ln(P_i)$ <p>Sendo:</p> <p>P_i - proporção da classe mapeada;</p> <p>\ln - função logarítmica natural.</p>
UNI	Uniformidade de Shannon	Índice que expressa à distribuição das classes na paisagem sem levar em conta a riqueza de classes.	$UNI = \frac{\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m}$ <p>Sendo:</p> <p>P_i - proporção da classe mapeada;</p> <p>\ln - função logarítmica natural;</p> <p>m - número de classes presentes na paisagem.</p>

Após a definição das métricas de paisagem, procedeu-se à autocorrelação espacial que, em termos geoestatísticos, pode expressar o nível de similaridade, proximidade, correlação e aleatoriedade dos valores quantitativos amostrais representados. Nesta perspectiva, utilizou-se mapas de *Cluster* que representam as informações geográficas agrupadas com valores próximos (Silva, 2013).

A ferramenta *isocluster*, também conhecida como *isodata*, realiza interações entre os valores de pixels semelhantes de modo que a imagem seja sucessivamente analisada e os *clusters* (agrupamentos) vão sendo modificados, ocorrendo alterações nos parâmetros estatísticos, agregação de novos pixels e divisão ou fusão de *clusters* (Abreu, 2011).

Na primeira interação é determinado um número “N” de *pixels*, correspondente à localização inicial, entorno da qual se geram os primeiros *clusters*. De acordo com Metz (2006), esses *pixels* iniciais funcionam como média entorno da qual vão se formar os primeiros agrupamentos, em seguida, cada *pixel* da imagem é agrupado ao *cluster* cuja média está mais próxima.

Segundo Abreu (2011), na fase seguinte as médias dos *clusters* são recalculadas e os *pixels* reagrupados, onde cada *pixel* pode ser incorporado em novos *clusters* em função da proximidade estatística. O resultado é uma imagem com agrupamentos de valores que estão estatisticamente muito próximos; os agrupamentos mais distantes ao considerado e os que possuem um desvio padrão muito grande e são subdivididos em clusters menores.

Previamente a esta análise, os valores das métricas de cada imagem do IDW foram normalizados, ou seja, classificados entre 0 a 255 através da ferramenta *Reclassify* do *ArcMap 10.0*. Esse procedimento foi necessário para não gerar conflito entre as diferentes dimensões dos resultados, como por exemplo, métricas que apresentam números muito pequenos entre 0,1 e 1,0 com outras com um valor muito alto como 10.000 e 120.000.

Após a reclassificação de todas as imagens dos valores das métricas distribuídas no espaço, foi utilizado a ferramenta *isocluster* do *ArcMap 10.0* para a visualização dos agrupamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da distribuição dos valores das métricas permite observar semelhanças entre hexágonos vizinhos. Os padrões de distribuição repetem-se em várias métricas, mostrando que há diferentes regiões de paisagem distribuídas na região analisada.

O mapa que expressa as regiões em que as métricas são semelhantes e possuem autocorrelação espacial, foi obtido pelo método cluster utilizando as imagens IDW normalizadas. A Figura 4 mostra o resultado do *isocluster* representando 23 regiões pré-organizadas, agrupadas por ordem de semelhança estatística.

Foram identificadas e individualizadas dezoito regiões de paisagem, cujas principais características estão sumariadas na Tabela 2. Os nomes escolhidos das regiões delimitadas busca sintetizar a particularidade de acordo com a característica marcante que destaca-se na região, priorizando o nome de estações ecológicas, áreas de proteção ambiental, parques estaduais e federais e reservas biológicas presentes.

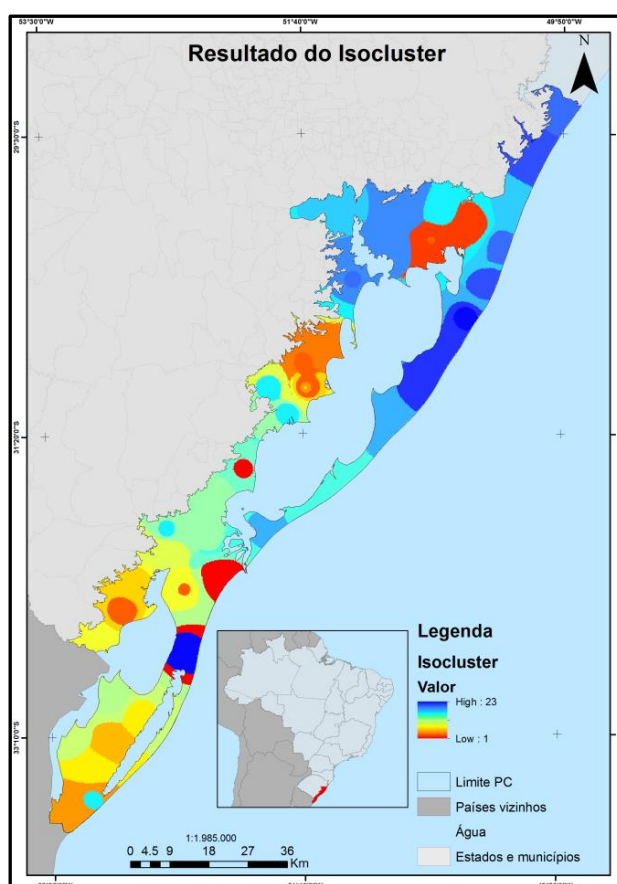


Figura 4. Resultado do Isocluster de todas as métricas utilizadas.

O resultado do isocluster foi comparado, descrito e reorganizado com o mapa completo de todos os polígonos e classes do ambiente costeiro, com o objetivo de gerar um mapa temático com zonas ou regiões da paisagem, baseado nas semelhanças e diferenças dos resultados das métricas de paisagens.

O produto final facilita a visualização do ambiente através da distinção de diferentes paisagens na planície costeira do Rio Grande do Sul (Figura 5). As regiões de Chuí, Santa Vitória do Palmar e Arambaré são as regiões que apresentaram a maior abrangência de atividade rural e menor representação de elementos naturais nos hexágonos estudados, sendo assim, zonas mais impactadas entre as regiões delimitadas.

O resultado expressa uma adequada distinção entre as regiões e uma grande semelhança com que se observa na atualidade (Figura 6). Entende-se que cada região diferenciada é uma paisagem diferente da outra, ou seja, com valores de métricas distintas, culminando em uma dinâmica diferente entre os elementos da paisagem.

Outras análises poderão ser realizadas sobre as regiões definidas, como por exemplo, identificar a percentagem de elementos naturais em cada região (i.e. sistemas dunares, sapais ou manchas de mata atlântica), estudos combinando dados geomorfológicos, geológicos e atmosféricos e, ainda, relações entre distribuição de espécies, por exemplo, arbustivas.

Tabela 2. Identificação e descrição das regiões delimitadas.

Nº	Nome da Região	Descrição
1	Chuí e Santa Vitória	Grande produção agrícola, principalmente a rizicultura, é a região mais uniforme e com a menor presença de elementos naturais.
2	Lagoa Mirim	Lagoas e banhados importantes para a biodiversidade em contraste com o cultivo de arroz e pecuária bovina.
3	Lagoa Mangueira	Faixa estreita com cordões de dunas, banhados e dunas vegetadas. Apesar de ser uma paisagem bastante natural, apresenta cultivos florestais significativos.
4	Estação Ecológica do Taim e Cordões Litorâneos	Ambiente preservado com grandes banhados, campos remanescentes (campos naturais ou com pouca presença de atividade antrópica) e dunas vegetadas, é uma das regiões com a maior presença de elementos naturais, embora, com grandes manchas de cultivos florestais.
5	Reserva Biológica do Mato Grande	Área com intensa atividade agrícola em contraste com ambientes naturais indispensáveis à conservação da biodiversidade.
6	Pelotas e Rio Grande	Região heterogênea com áreas naturais relevantes para a biodiversidade. Tem a presença de grande número de centros urbanos e atividades antrópicas.
7	São Lourenço do Sul	Grande atividade agropecuária junto a banhados e lagoas importantes para a biodiversidade.
8	Parque Estadual do Camaquã	Área com vasta mata ripária do Rio Camaquã que está sobre forte pressão da atividade antrópica.
9	Arambaré	Região com grandes extensões de cultivos agrícolas e baixa percentagem de componentes naturais.
10	Butiazais de Tapes	Paisagem heterogênea, presença de ambientes naturais e de grandes extensões de cultivos florestais.
11	Delta do Jacuí	Desembocadura do maior rio do Rio Grande do Sul, ambiente com elevado número de elementos naturais, banhados, canais e matas nativas que sofrem com a influência urbana.

12	Porto Alegre	Paisagem bastante distinta com presença do perímetro urbano de Porto Alegre em contraste com fragmentos de matas nativas oriundas da mata atlântica.
13	Banhado Grande	Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande que se destaca e exerce influência sobre a paisagem e com importância para conservação da biodiversidade.
14	Osório	Grande extensão de atividade agropecuária e a presença de poucos elementos naturais.
15	São José do Norte e Tavares	Região no litoral com presença de banhados, campos, atividade agropecuária e silvicultura. Destaca-se pela pouca presença de cordões de dunas.
16	Mostardas	Abrange maior parte da Lagoa do Peixe e possui a maior área de cordões de dunas; a atividade agropecuária e de silvicultura é bastante presente.
17	Tramandaí e Imbé	Região fortemente afetada pela atividade antrópica, urbana e rural; possui grandes manchas de cultivo florestal em áreas com presença de lagoas e ambientes naturais.
18	Capão da Canoa e Torres	Região bastante diversa junto do litoral; influência das formações rochosas do planalto basáltico que proporciona uma paisagem complexa de transição.

4. CONCLUSÕES

Os padrões das métricas e o mapa das regiões revelaram resultados ajustados à situação e configuração atual das paisagens da planície costeira do Rio Grande do Sul, o qual é confirmado através da análise das imagens de satélite e nos dados disponíveis na literatura estudada.

O método *Cluster* mostrou ser uma ferramenta adequada na organização estatística em estudos de ecologia de paisagens, enquanto a ferramenta *IDW* revelou-se eficaz para a interpolação dos valores de métricas de ecologia da paisagem. O resultado desta última permitiram expor de maneira adequada os valores em todas as métricas utilizadas. Revelando ser uma ferramenta que pode ser utilizada em trabalhos que queiram visualizar espacialmente valores referentes à ecologia de paisagens.

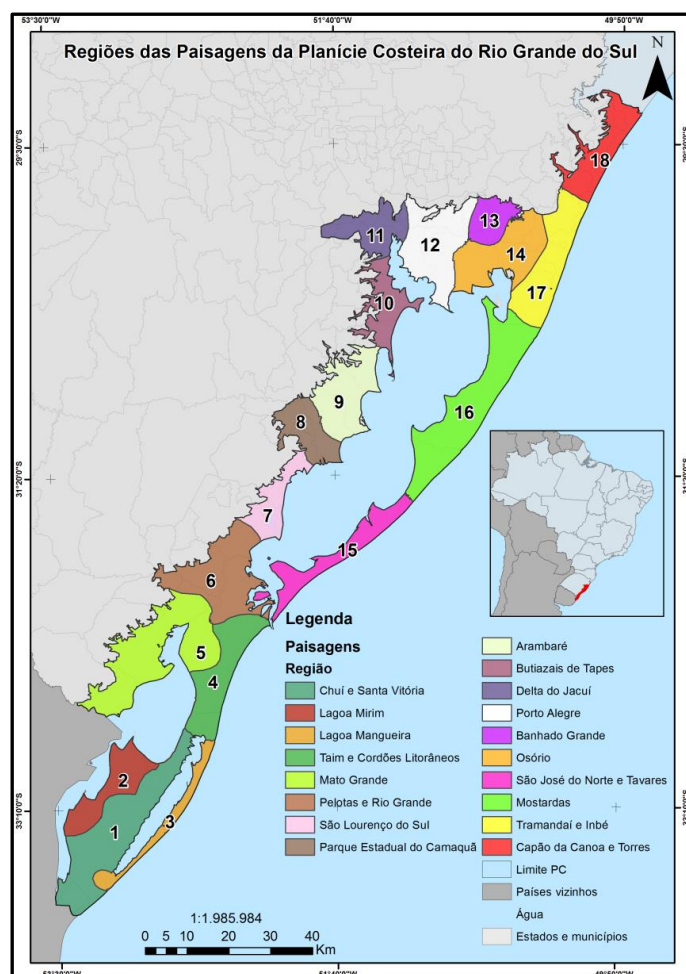


Figura 5. Mapa com as Regiões das Paisagens da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

O mapa das regiões de paisagem, de acordo com as métricas usadas, pode constituir uma valia para a gestão, planeamento e zoneamento da planície costeira do Rio Grande do Sul, possibilitando um modo diferenciado de compreensão da organização do espaço. Através do estudo dos padrões das métricas, foram identificadas 18 regiões geradas de acordo com suas características de paisagens. Esse número, considerado significativo em termos de regiões, permite que não haja uma divisão generalizada que omita zonas importantes para a preservação da natureza, possibilitando a identificação das áreas mais naturais, assim como as mais impactadas pela ação antrópica.

Trabalhos futuros, com base nesta metodologia, pretendem sugerir atualizações e pormenorizar o limite entre as regiões, bem como, propor melhorias na metodologia e a criação de um plug-in para o software QGIS, com o objetivo de expandir a aplicação a outras regiões e a outros contextos.

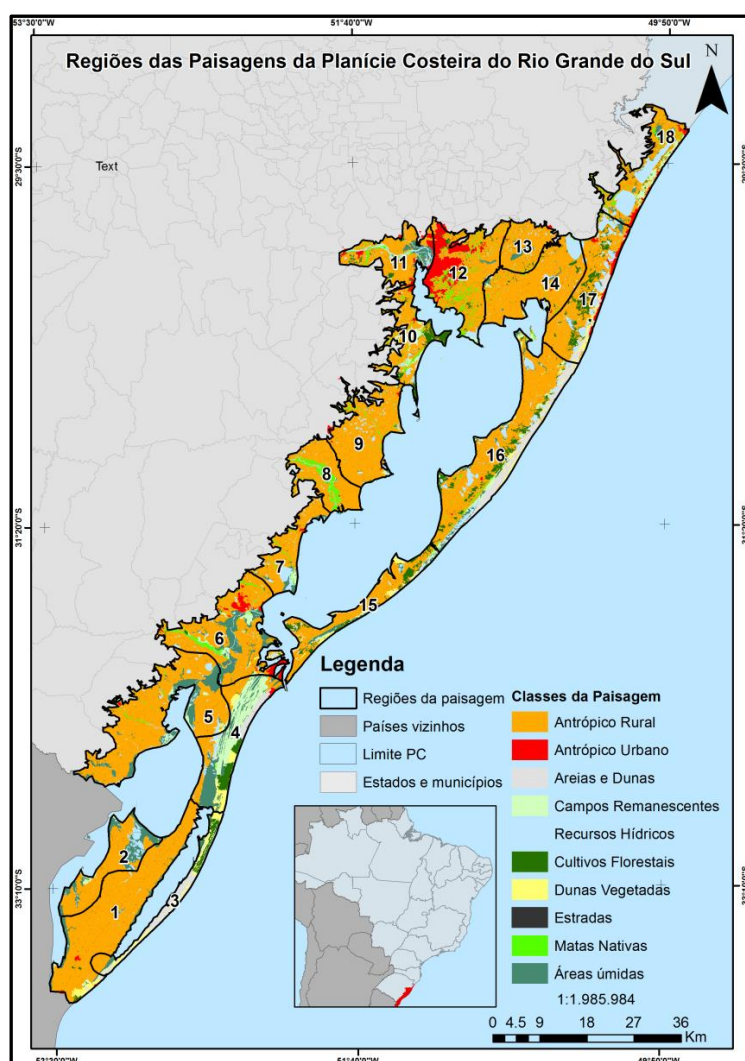


Figura 6. Mapa final com das regiões das paisagens do ambiente costeiro.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Universidade de Aveiro e Universidade Federal do Rio Grande que possibilitou a publicação desse artigo devido ao suporte financeiro, estrutural e conhecimento científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu M. V. S. (2011). *Proposta metodológica para redefinição de limites censitários a partir de estatística espacial e integração dos dados do censo ao cadastro territorial multifinalitário*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Alvarenga L. H. V. (2010). Comparação de procedimentos de amostragem na precificação de inventário Florestal em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. *XIX Congresso de Pós-graduação da UFLA*. Lavras - MG.

- Bertrand G. (2004). Paisagem e Geografia Física Global - Esboço Metodológico. *Revista Ra' e Ga* 39 (8), 41-152.
- Dramstad W., Olson D., Forman T. (1996). *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*. Island Press and the American Society of Landscape Architects. Harvard University Graduate School of Design.
- Dillenburg R. S., Tomazelli J. L. Clerot L. C. P (2003). Gradientes de energia de onda: o principal fator controlador da evolução costeira no Rio Grande do Sul durante o holoceno superior. In *Anais do II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*. Recife – PE.
- Forman R. T. T., Godron M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons. New York.
- Jimenez K. Q., Domecq F. M. (2008). Estimacão de chuva usando métodos de interpolação. *Instituto de Pesquisas Hidráulicas*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lennon J. J., Turner J. R. G. (1995). Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. *Journal of Animal Ecology*. 64 (3), 670-392.
- Lima L. T. (2014). *A paisagem costeira do Rio Grande do Sul: leitura e interpretação das propriedades fisionômicas do espaço como estratégia de planejamento e gestão do território*. Dissertação de mestrado em Gerenciamento Costeiro. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande – RS.
- McGarigal K., Ene E. (2013). *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (acedido a 21 de julho de 2015).
- McGarigal K. (2015). *Fragstats Help*. University of Massachusetts, Amherst ISSN 0145-2134 1-182
- Metz J. (2006). *Interpretação de clusters gerados por algoritmos de clustering hierárquico*. Dissertação de mestrado em Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP. Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.
- Schäfer A. (2013). Sistema Único. In *Atlas socioambiental dos municípios de Cidreira, Balneário Pinhal, Palmares do Sul*. Ed. 2, Schäfer A., Lanzer R., Scur L. Caxias do Sul. ISBN ISBN 978-85-7061-690-6.
- Silva C. A. (2013). Influência da interpolação na geração de MDTs a partir de pontos classificados LiDAR. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu.
- Triola M. F. (1998). *Introdução à Estatística*. 7ª Ed. Livros técnicos e Científicos, v. 410 p. Rios de Janeiro.
- Turner M. G. (1987). Landscape Ecology: The effect of pattern on process. *Annual Revision Ecological System* 171-197.
- Yamamoto K., Landim B. (2013). *Geoestatística: conceitos + aplicações*. Ed 1. São Paulo: Oficina de Textos. ISBN 978-85-7975-077-9.