



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Determinação de Ecorregiões Marinhas na Margem Continental Brasileira.

Jean Farhat de Araújo da Silva

Trabalho exigido como requisito da
composição do conceito na disciplina
de Análise Espacial de Dados
Geográficos (SER 301).

INPE
São José dos Campos
2015

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.1 Área de Estudo	4
2.2 Dados utilizados	4
2.6 Processamentos e Métodos utilizados	5
3. RESULTADOS	7
3.1 Outono.....	8
3.2 Inverno	9
3.3 Primavera	10
3.4 Verão	11
4. CONCLUSÃO	13
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1.INTRODUÇÃO

Estudos voltados a classificação de ecorregiões marinhas fornecem uma estrutura útil para compreender os mecanismos e suas interações de controle, processos biológicos e físico-químicos, refletindo a heterogeneidade do ambiente oceânico de determinada localidade do planeta (Dowell et.al, 2002). Subsidiando desta maneira, informações para a tomada de decisões como, por exemplo, o gerenciamento de recursos costeiros, identificação de habitat de espécies marinhas, áreas para a prospecção de pesca, dentre outras aplicações.

Com isso, segundo Dinnerstein,(1995) entende-se por ecorregião como um conjunto de comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos, e condições ambientais similares, que são fatores críticos para a manutenção de sua viabilidade a longo prazo. Portanto, tratando-se de ambientes costeiros e oceânicos, tais ecorregiões podem ser classificadas como marinhas.

Assim, o objetivo deste trabalho é definir ecorregiões ao longo da margem continental brasileira por meio de uma análise de agrupamento durante as estações do ano, aplicada a uma série temporal de multiparâmetros ambientais obtidos via sensoriamento remoto, são eles: concentração de clorofila-a, temperatura da superfície do mar (TSM) e profundidade da camada de mistura (PCM).

A escolha destas variáveis deu-se em virtude da maior disponibilidade de dados existentes, assim como, a importância destas para na manutenção da biodiversidade marinha, tendo a clorofila-a como um pigmento comum a todas as espécies fitoplanctônicas do mar, sendo estas responsáveis por aproximadamente metade da produção primária líquida da biosfera global (Kampel, 2013).

Assim como a clorofila-a, a TSM também realiza grande influência sobre a manutenção da vida dos seres marinhos, regulando o metabolismo destes e possibilitando sua sobrevivência. Com isso, os dados relacionados à profundidade da camada de mistura foram selecionados pelo fato desta camada habitar grande parte da biodiversidade marinha, apresentando grande quantidade de nutrientes e disponibilidade de radiação solar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo abordada no presente trabalho consiste em parte da margem continental brasileira, compreendida pelo oceano Atlântico, variando entre 10°N-30°S de latitude e 30E-50W de longitude, como ilustra a Figura 1.

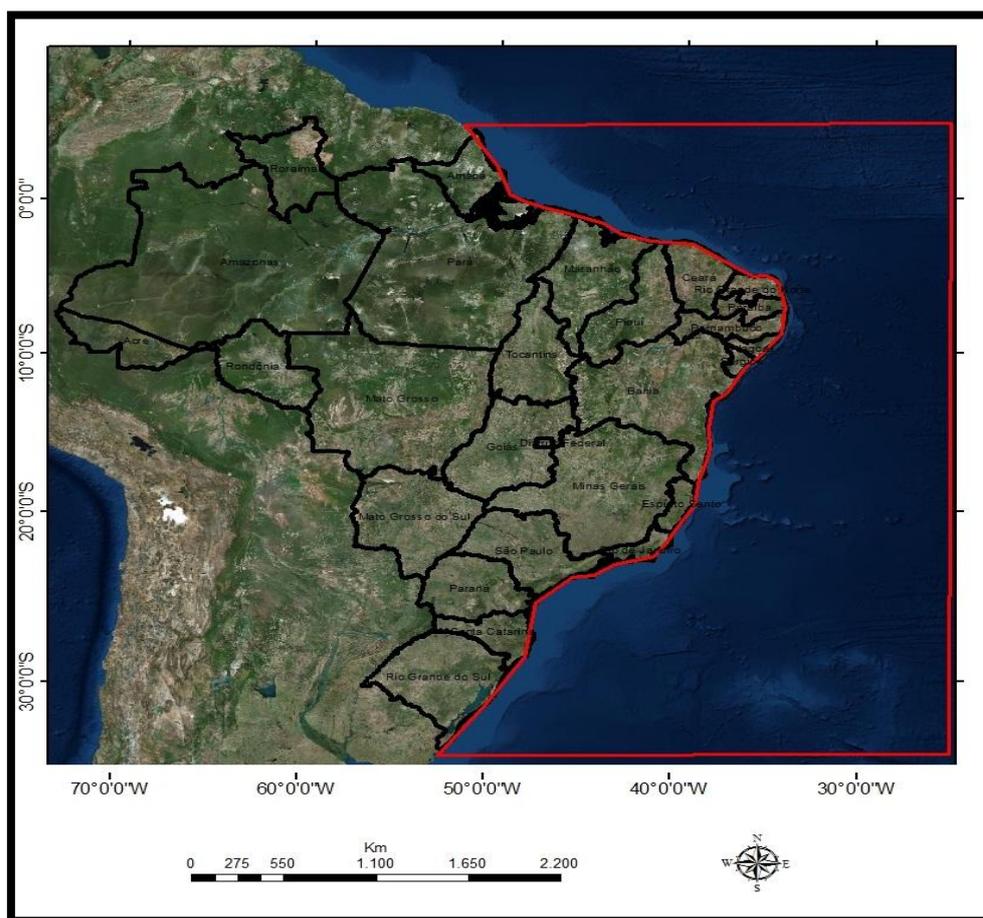


Figura 1 – Área de estudo do trabalho compreendida por 10°N-30°S de latitude e 30E-50W de longitude.

2.2 Dados utilizados

Para a elaboração deste trabalho foram selecionadas 3 variáveis consideradas relevantes à classificação de ecorregiões marinhas, uma vez que estas sofrem certa influência no que diz respeito a dinâmica dos processos oceanográficos atuantes sobre o oceano Atlântico, são elas: Temperatura da superfície do mar (TSM), concentração de clorofila-a e profundidade da camada de mistura (PCM). Tendo trabalhos anteriores como o de Hobday (2011), que utilizaram dados semelhantes para classificar províncias marinhas na porção leste da costa Australiana.

Assim, todos os dados utilizados para cada variável foram produtos mensais, com nível de processamento L3, obtidos via sensoriamento remoto, e apresentando características distintas no que diz respeito as resoluções espaciais, sensores e satélites. A série temporal selecionada foi de 180 imagens no período de 01/2005 a 12/2010.

Os dados referentes à TSM e a concentração de clorofila-a foram provenientes do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite Aqua da Agência nacional norte-americana (NASA) (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>), dotados de uma resolução espacial de 4X4 km. Já os dados de PCM foram obtidos por uma modelo disponibilizado pelo *Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center* (FNMOC), com 25 km de resolução espacial.

2.6 Processamentos e Métodos utilizados

Antes de aplicar o método de classificação das ecorregiões marinhas, a resolução espacial das imagens de TSM e concentração de clorofila-a foram degradadas de 4 km para 25 km (¼ de grau), por meio de reamostragem. A imagem degradada foi obtida pela média de uma janela de 6x6 pixels. Objetivou-se que tanto as imagens de PCM quanto as de TSM e clorofila-a permanecessem com o mesmo número de pixels, ocupando a mesma posição no espaço. Por fim, cada pixel passou a possuir dois atributos de entrada para o algoritmo de classificação K-Nearest Neighbor.

Como os dados possuem unidades e escalas diferentes, estes foram normalizados em uma escala de 0 a 1 utilizando os valores mínimos e máximos de cada matriz de dado como é visto na Equação 1:

$$\frac{\text{Variável} - \text{mínimo}}{\text{máximo} - \text{mínimo}} \quad \text{Eq (1)}$$

Na sequência, antes de aplicar o método de classificação, transformou-se as imagens mensais em estações do ano. Cada estação é representada por uma imagem média dos meses que a compreendem. No hemisfério austral tem-se, portanto, o verão em Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF), outono em Março, Abril e Maio (MAM), inverno em Junho, Julho e Agosto (JJA) e Primavera em Setembro, Outubro e Novembro (SON).

Com isso, aplicou-se o método do K-Nearest Neighbor, o qual consiste em um algoritmo de classificação supervisionada na qual o observador rotula pixels selecionados em classes distintas, de acordo com a sua experiência prévia. Em seguida, determina-se o número de vizinhos que serão utilizados na avaliação (k) para classificar novos pontos. A noção de vizinho mais próximo é dada pela distância euclidiana entre o novo ponto e cada um dos pixels rotulados, de acordo com a posição desses pontos no espaço dos atributos. Na fase de teste, a classe assumida pelo novo ponto será aquela à qual pertence o maior número de vizinhos (Pekkarinen, 2004; Karegowda, 2012).

No entanto, embora seja apenas uma especulação, uma maneira possível de desenvolver esse método seria, inicialmente, definir em quantas classes fictícias deseja-se que um conjunto de pixels selecionado fosse rotulado. Com os pixels rotulados em k grupos, o processo de classificação segue como mencionado acima: determina-se o número de vizinhos que serão utilizados na avaliação (k); calcula-se a distância euclidiana do novo ponto em relação a cada um dos pixels rotulados, com base na posição desses pontos no espaço dos atributos; a classe assumida pelo novo ponto será aquela à qual pertence o maior número de vizinhos.

Desse modo, no presente trabalho foram pré-definidas 5 classes, tomando como base o trabalho realizado por Valério (2015), o qual abordou uma área de estudo semelhante com o intuito de classificar províncias marinhas por meio do algoritmo de classificação K-Médias. Assim, adotou-se como critério de seleção do número de vizinhos, o número de pixels com influência direta sobre os pixels centrais distribuídos na grade, verificando-se um total de 8 pixels vizinhos como pode ser observado na Figura 2.

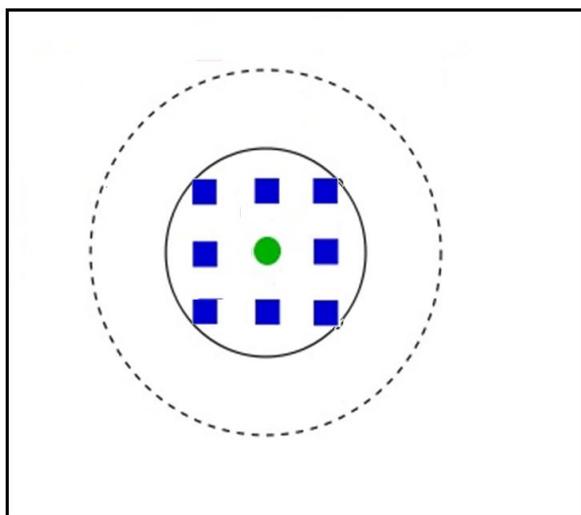


Figura 2 – Critério de seleção do número de vizinhos. O círculo verde representa o pixel central da grade e os quadrados azuis referem-se aos vizinhos mais próximos ao círculo verde.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no método aplicado, foram identificadas 5 ecorregiões marinhas junto a suas respectivas cores e classes, que foram identificadas pelos respectivos processos oceanográficos atuantes sobre determinadas regiões do oceano Atlântico, como observa-se na Tabela 1. Na sequência, foram elaborados 5 mapas, espacializando as ecorregiões encontradas ao longo das estações do ano abordadas na série temporal adotada.

Classe	Cor	Ecorregião
1	Verde	Costeira
2	Amarelo	Águas Interiores
3	Azul Marinho	Malvinas
4	Vermelho	Giro Subtropical
5	Ciano	Oceânica

Tabela 1 – Classes, cores e ecorregiões identificadas por meio das características oceanográficas atuantes sobre o oceano Atlântico.

3.1 Outono

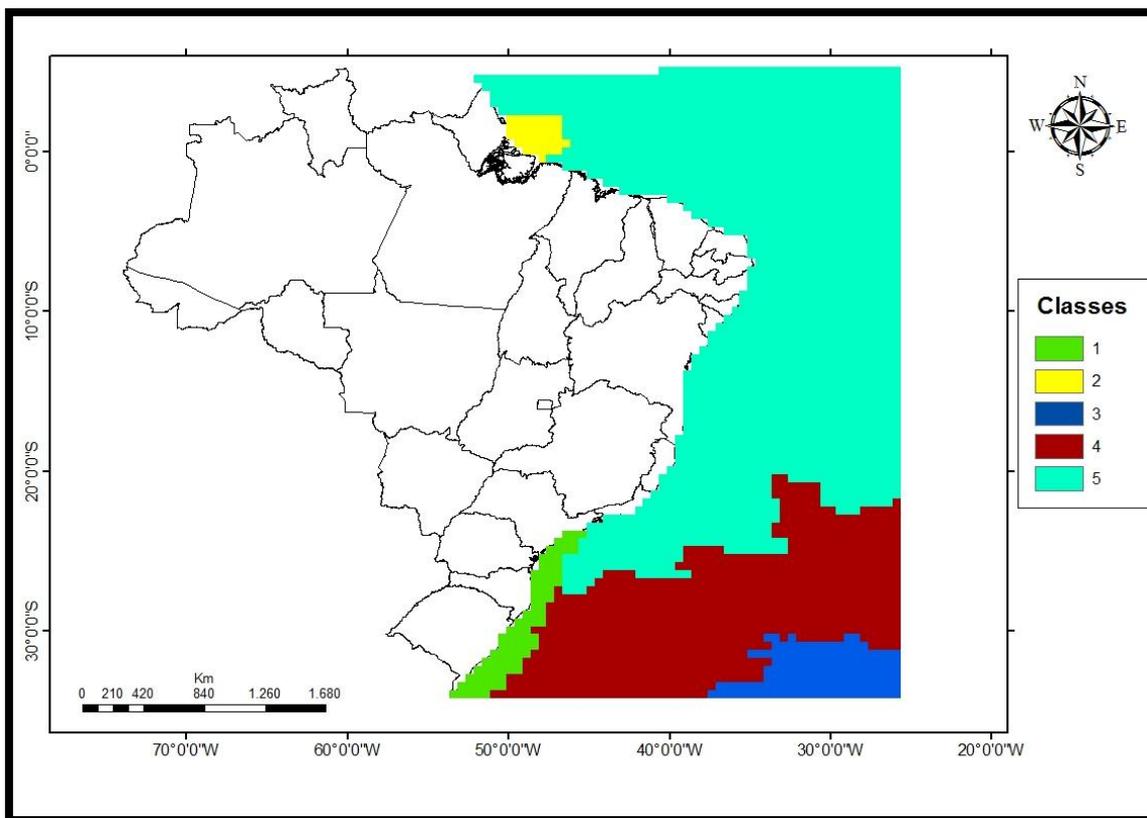


Figura 3- Ecorregiões encontradas durante a estação de Outono.

Com base na Figura 3, observa-se que durante o outono, a ecorregião Costeira (1) parece ter sido influenciada pela pluma do rio da Prata, localizada entre o Uruguay e a Argentina, responsável por oscilar no sentido norte-sul ao longo do ano, trazendo consigo nutrientes e temperaturas mais frias. Já a ecorregião tida como Águas Interiores (2), parece ter sido influenciada pela foz do rio Amazonas, o qual apresenta seu maior volume de vazão geralmente durante o mês de Abril, repercutindo em uma maior concentração de clorofila-a nesse período.

Em relação à ecorregião compreendida pela corrente das Malvinas (3), pode-se dizer que esta se apresenta mais ao sul durante o outono, pois há um avanço da corrente do Brasil que segue no sentido norte-sul durante o verão, perdurando até o outono. A corrente das Malvinas é caracterizada principalmente por baixos valores de TSM. Em relação à ecorregião do Giro Subtropical (4) pode-se dizer que esta sofre justamente maior influência do deslocamento leste-oeste do Giro do Atlântico Sul, o qual realiza influência principalmente sobre a PCM. Por fim, a ecorregião Oceânica (5) parece estar

associada principalmente a PCM e aos valores de TSM que são geralmente elevados ao longo do ano inteiro, sendo maiores durante as estações de verão e outono.

3.2 Inverno

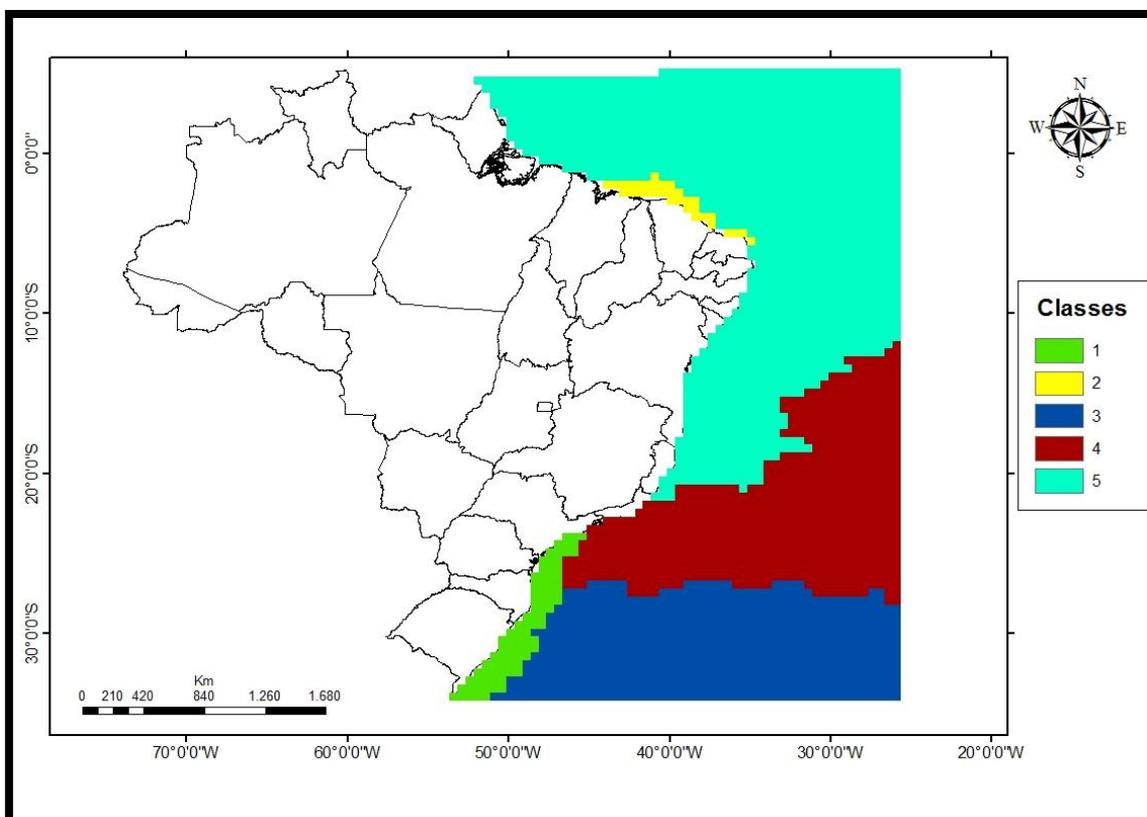


Figura 4 - Ecorregiões encontradas durante a estação de Inverno.

Observando a Figura 4, ressalta-se que a ecorregião 1 permaneceu estável, talvez pela presença de uma baixa variabilidade da pluma do rio da Prata sobre esta região. A ecorregião 2 apresentou um predomínio na região nordeste, uma vez que durante os meses de inverno ocorre o período de chuvas nesta localidade, propiciando um aumento da TSM e da concentração de clorofila-a na foz destes rios.

Já em relação a ecorregião 3, observou-se um crescimento desta durante o Inverno, pois há um maior recuo da corrente do Brasil no sentido sul-norte e avanço da corrente das Malvinas no mesmo sentido, tendo a TSM como principal variável de influência sobre esta classe. A ecorregião 4 demonstrou certo deslocamento no sentido leste-oeste em decorrência do próprio giro do Atlântico Sul que se aproxima da costa brasileira nesta estação do ano. Por fim, a ecorregião 5, apesar de demonstrar a maior

área em relação as demais ecorregiões, apresentou uma migração mais ao norte em decorrência do avanço da corrente das Malvinas e do giro subtropical.

3.3 Primavera

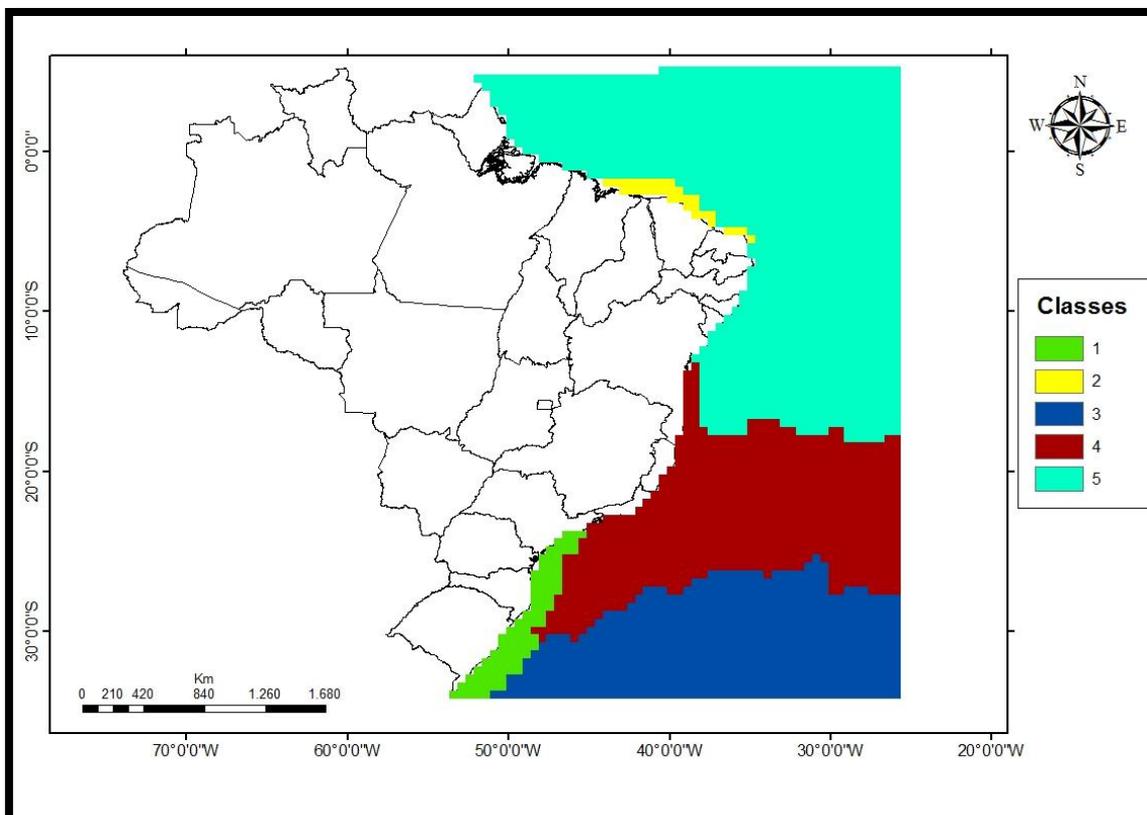


Figura 5 - Ecorregiões encontradas durante a estação da Primavera.

Durante a estação da Primavera, como é visto na Figura 5, as ecorregiões não apresentaram muitas diferenças em relação à estação anterior, tendo as ecorregiões 1 e 2 sobre as mesmas localidades, a ecorregião 3 permaneceu em ascendência devido ao avanço da corrente das Malvinas pouco salina e predominantemente fria.

A ecorregião 4 apresentou uma expansão no sentido sul-norte, ocupando uma área maior ao norte em relação às estações anteriores, enquanto que a ecorregião 5 demonstrou maior recuo principalmente ocasionado pela homogeneidade dos valores da PCM, característicos de tal estação do ano.

3.4 Verão

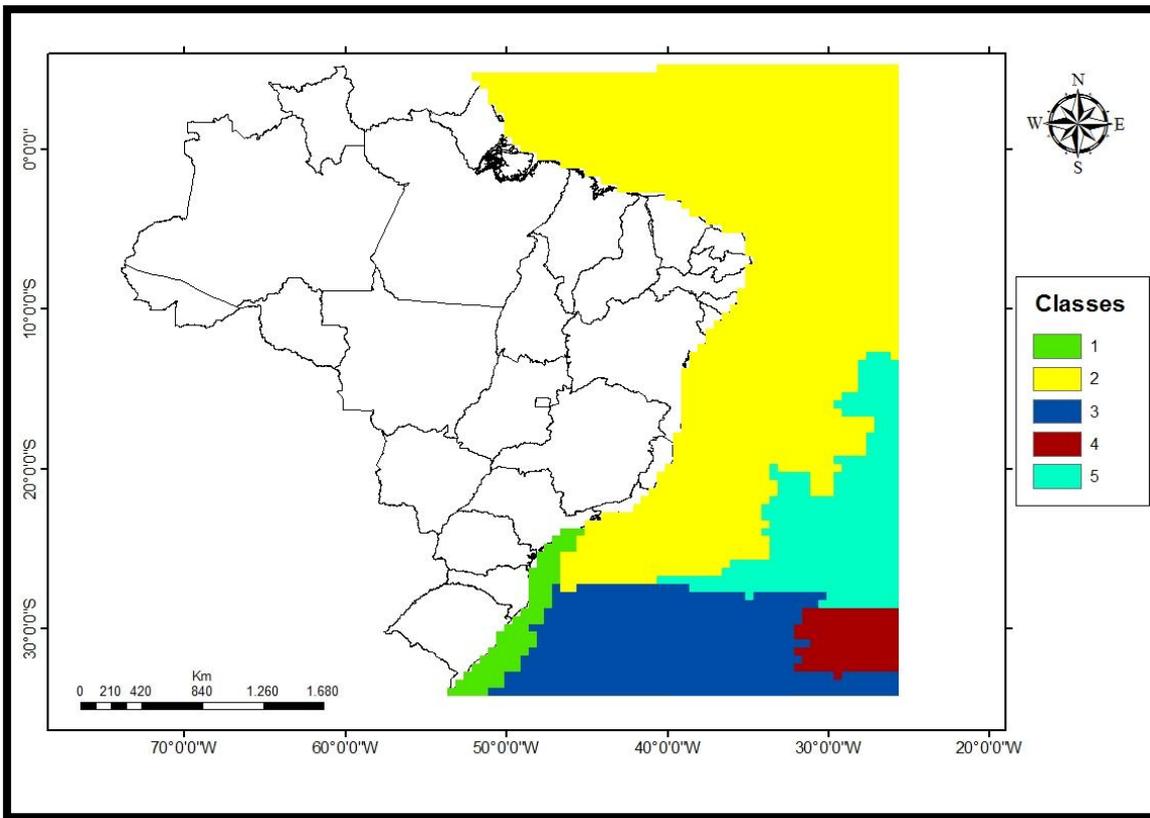


Figura 6 - Ecorregiões encontradas durante a estação de Verão com 5 classes.

Em relação à estação do Verão, como pode ser visto na Figura 6, é interessante abordar que houve uma pequena confusão por parte do classificador, uma vez que este classificou as classes 2 e 5 como se fosse apenas uma, devido aos similares valores de TSM, clorofila-a e PCM que realmente, é natural que sejam próximos durante tal época do ano. No entanto, como foi determinado ao classificador que fossem discretizadas 5 classes, então este criou a classe em vermelho (4) a qual, segundo a opinião de especialistas, não há sentido para estar separada da classe 5. Portanto, realizou-se uma nova classificação com apenas 4 classes para a estação do ano de Verão como pode ser visto na Figura 7 abaixo.

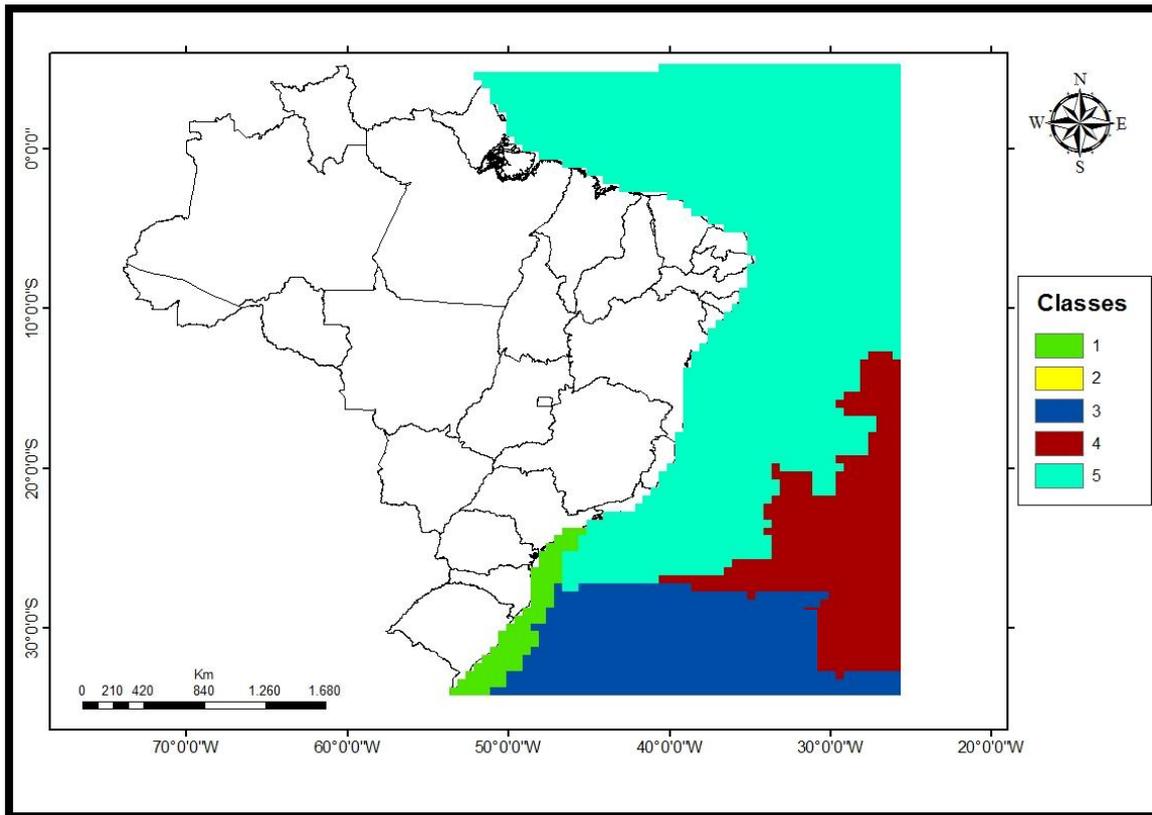


Figura 7 - Ecorregiões encontradas durante a estação de Verão com 4 classes.

Observa-se na Figura 7 a nova classificação da estação do verão com apenas 4 classes, em que devido aos valores similares (TSM, PCM, clorofila-a) entre as classes das Águas Interiores e a Oceânica ambas foram englobadas na classe Oceânica, repercutindo justamente na classe do Giro Subtropical, em que englobou a porção que havia sido classificada na Figura 6, onde haviam as 5 classes. Assim, a classe 3 apresentou certo recuo devido ao aumento da radiação solar no hemisfério sul, repercutindo em um avanço da corrente do Brasil no sentido norte-sul, enquanto que a classe 1 permaneceu estável tanto no Verão quanto nas demais estações do ano.

4.CONCLUSÃO

Com base no trabalho realizado, conclui-se que as ecorregiões marinhas apresentaram certa sazonalidade ao longo das estações do ano, com exceção da classe 1 que se mostrou invariável. Desse modo, os processos resultantes da interação oceano-atmosfera mostraram-se determinantes na configuração das classes ao longo do tempo, tendo o método do k-Nearest Neighbor como uma alternativa interessante para verificar a dinâmica espaço-temporal das variáveis selecionadas.

Futuramente, dados coletados *in situ* podem ser utilizados afim de se obter uma maior confiabilidade deste tipo de estudo, além da seleção de outras variáveis (campo de ventos e salinidade) ao longo de séries temporais maiores. Outra sugestão interessante seria utilizar uma métrica mais consistente para definir o número de vizinhos a serem selecionados no método do k-Nearest Neighbor, como por exemplo, a Função k de Ripley ou um Variograma.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DINNERSTEIN, E., OLSON, D.M., GRAHAM, D.J., WEBSTER, A.L., PRIMM, S.A., BOOK BINDER, M.P. **Conservation assessment of the terrestrial ecorregions of Latin America and the Caribbean**. Washington: World Bank. 1995, 237 p.

HOBDA, A.J., YOUNG J.W., MOESENEDER C., DAMBACHER J.M. 2011. Defining dynamic pelagic habitats in oceanic waters off eastern Australia. **Deep-Sea Research II**, v. 58, 734-745.

KAMPEL. Caracterização do *bloom* anual de clorofila na Bacia de Campos (RJ) a partir de dados de satélite. SBSR, Foz do Iguacu. **Anais...**,2013. p.10.

KAREGOWDA. A , JAYARAM. M.A, MANJUNATH A.S. Cascading K-means Clustering and K-Nearest Neighbor Classifier for Categorization of Diabetic Patients **International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)** ISSN: 2249 – 8958, Volume-1, Issue-3, February 2012. p.5.

LONGHURST, A., SATHYENDRANATH, S., PLATT, T., CAVERHILL, C., 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. **Journal of Plankton Research**, v. 17, 1245–1271.

MAKELA.H, PEKKARINEN. A. Estimation of forest stand volumes by Landsat TM imagery and stand-level field-inventory data. **Elsevier** B.V. 2004. p.11.

MARK D. DOWELL, JANET W. CAMPBELL AND T S. MOORE. **Dynamic ecological provinces: a biogeochemical and physiological template of the global ocean**, Ocean Process Analysis Laboratory, Institute for the Study of Earth Ocean and Space University of New Hampshire, NH, USA. 2002.

VALÉRIO. A, KAMPEL. M. Classificação de Habitats Pelágicos da Costa Brasileira. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015. p.7.