

MANEJO HIDROLÓGICO DE WETLANDS COM DADOS ESCASSOS DE HIDROPERÍODO E DE IAH: O CASO DO BANHADO DO TAIM

Adolfo Villanueva^{1}; Rutineia Tassi^{2*}; David Motta Marques³; Renata Xavier²*

¹INA-CRL, SF, AR, ²UFMS, RS, BR, ³UFRGS, RS, BR
AONVILLA@GMAIL.COM; RUTINEIA@GMAIL.COM

Resumo – Em muitos casos, uma wetland está sujeita aos efeitos do gerenciamento da água, seja diretamente sobre ela ou pelo gerenciamento de um sistema hidrológico maior. Para proteger a wetland, o ideal seria manter ou reproduzir o hidroperíodo que molda as características do ecossistema. No entanto, no Brasil, geralmente há pouca ou nenhuma informação sobre hidroperíodo, sendo então necessária uma abordagem alternativa.

Utilizando como caso de estudo o banhado do Taim (RS, BR), foi formulada uma metodologia para a definição de Índice de Adequabilidade de Habitats (IAH), adaptada para áreas com dados escassos. IAHs para várias espécies foram estabelecidos a partir da informação geralmente disponível. Estes IAH foram combinados com informação topográfica do banhado e modelagem matemática (hidrológica-hidrodinâmica). A combinação do IAH com os níveis de água resultantes da modelagem permitiu avaliar o efeito de diferentes alternativas de gerenciamento.

Os resultados dessa metodologia foram comparados com um estudo anterior (1996), feito apenas com base em modelação matemática, desenvolvido para definir regras de gerenciamento de irrigação de arroz, um conflito que afeta o banhado do Taim. Os resultados mostraram que a inclusão de indicadores biológicos gerou regras mais adequadas e flexíveis para a proteção do banhado e para o resto da gestão do sistema hidrológico.

Palavras-Chave – Terras úmidas; Conservação da biodiversidade; Hidrologia e geoprocessamento.

WETLANDS HYDROLOGICAL MANAGEMENT WITH SCARCE HYDROPERIOD AND HSI DATA: THE TAIM MARSH CASE

Abstract – In many cases, a wetland is subject to the effect of water management, either directly or by management of a larger hydrological system. To protect the wetland, the ideal approach would be to maintain or reproduce the hydroperiod that shapes the characteristics of the ecosystem. However, in Brazil, there is usually little or no hydroperiod information, and an alternative approach is therefore required.

Using as a study case the Taim marsh (RS, BR), a methodology was outlined for the definition of Habitat Suitability Index (HSI), adapted to areas with scarce data. HSIs for various species were established from the usually available information. These HSIs were then combined with topographical information from the marsh and mathematical modeling (hydrological-hydrodynamic). The combination of HSIs with the water levels resulting from the modeling allowed to evaluate the effect of different management alternatives.

The results of this methodology were compared with an earlier study (1996), based only on mathematical modeling, developed to define management rules for rice irrigation, a conflict that affects the Taim marsh. The results showed that the inclusion of biological indicators generated more adequate and flexible rules for the protection of the marsh and for the general management of the hydrological system.

Keywords – Wetlands; Biodiversity conservation; Geoprocessing hydrology.

INTRODUÇÃO

Em muitos casos, uma zona úmida (wetland) está sujeita ao efeito do gerenciamento dos recursos hídricos, seja diretamente sobre ela, ou o gerenciamento de um sistema hidrológico maior, que inclui ou afeta a mesma. Para proteger a wetland, o ideal seria procurar manter ou reproduzir o regime hidrológico (hidroperíodo) que molda as características do ecossistema. Muitas vezes no Brasil, há pouca ou nenhuma informação sobre o hidroperíodo de uma determinada wetland de interesse, sendo então necessária uma abordagem alternativa. Assumindo que a conservação da wetland significa, basicamente, manter as (principais) características biológicas, uma possível base metodológica seria identificar as características biológicas mais relevantes/representativas e verificar se o manejo da água proposto consegue conservar essas características.

Este raciocínio é basicamente o mesmo que está por trás dos modelos de "Índice de Adequabilidade de Habitat" (IAH), amplamente utilizados para a gestão ambiental (Schamberger et al., 1982). No entanto, os dados sobre o comportamento de espécies animais e vegetais necessários para a estimativa clássica de IAH são quase inexistentes no Brasil, o que faz impossível a aplicação da metodologia na sua forma clássica.

Utilizando como caso de estudo o Banhado do Taim, localizado no extremo Sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, foi formulada uma metodologia para a definição de IAH, adaptada para áreas com dados escassos. IAHs para várias espécies foram estabelecidos a partir de informações que geralmente estão disponíveis, como mapeamento de local e frequência de ocorrência de cada uma das espécies de interesse. Estes IAHs foram combinados com informação topográfica e modelagem matemática (hidrológica-hidrodinâmica) do sistema. A combinação do IAH de cada espécie com níveis de água resultantes da modelagem permitiu avaliar o efeito de diferentes alternativas de gerenciamento dos recursos hídricos sobre o banhado.

As alternativas de gerenciamento que incorporaram os IAHs e modelagem matemática foram comparadas com resultados de um estudo muito anterior (IPH, 1996), desenvolvido apenas com base em modelos matemáticos. No estudo de 1996 foram definidas regras para o gerenciamento dos recursos hídricos da Lagoa Mangueira, principal responsável pela contribuição de escoamento ao Banhado do Taim, a partir da qual é feita a captação de água para irrigação de arroz. A extração de água da Mangueira acaba impactando o ecossistema do Banhado do Taim, em razão da alteração do regime hidrológico. Os resultados mostraram que a utilização dos IAHs forneceriam regras mais adequadas para a proteção do banhado e para a gestão do sistema hidrológico.

CASO DE ESTUDO

O Banhado do Taim é uma wetland de água doce, localizada no estado do Rio Grande do Sul, próximo à fronteira com o Uruguai (Figura 1). Em Abril de 1978 foi declarado área de interesse público, tornando-se uma Unidade Federativa de Conservação Ambiental (Estação Ecológica – ESEC Taim) em Julho de 1986, por meio de uma Lei Federal. Na Figura 1 é possível identificar o Banhado do Taim, a bacia de contribuição formada principalmente pela Lagoa Mangueira e a Lagoa Mirim, exutório do Banhado do Taim.

Na margem oeste da Lagoa Mangueira, que se encontra dentro da bacia de contribuição ao Banhado do Taim, mas fora do limite da ESEC-Taim, existem grandes áreas de produção de arroz, irrigadas por inundações. Esta atividade utiliza grandes volumes de água (da ordem de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) que são captados diretamente da Lagoa Mangueira, por um período de 100 dias, aproximadamente, coincidindo com a época mais quente na região (Outubro-Março).

Uma estiagem severa (1989-1991) quase secou o Banhado do Taim, levando a uma ação coletiva na justiça, para fazer com que as regras do IBAMA para a conservação da ESEC-Taim fossem cumpridas. Como resultado, vários estudos foram realizados entre 1995 e 1997, com a finalidade de proporcionar um melhor entendimento do comportamento hidrológico do Taim e identificar alternativas de gerenciamento dos recursos hídricos da área de contribuição, de tal forma que garantissem a atividade econômica na região, mas que também protegessem o banhado.

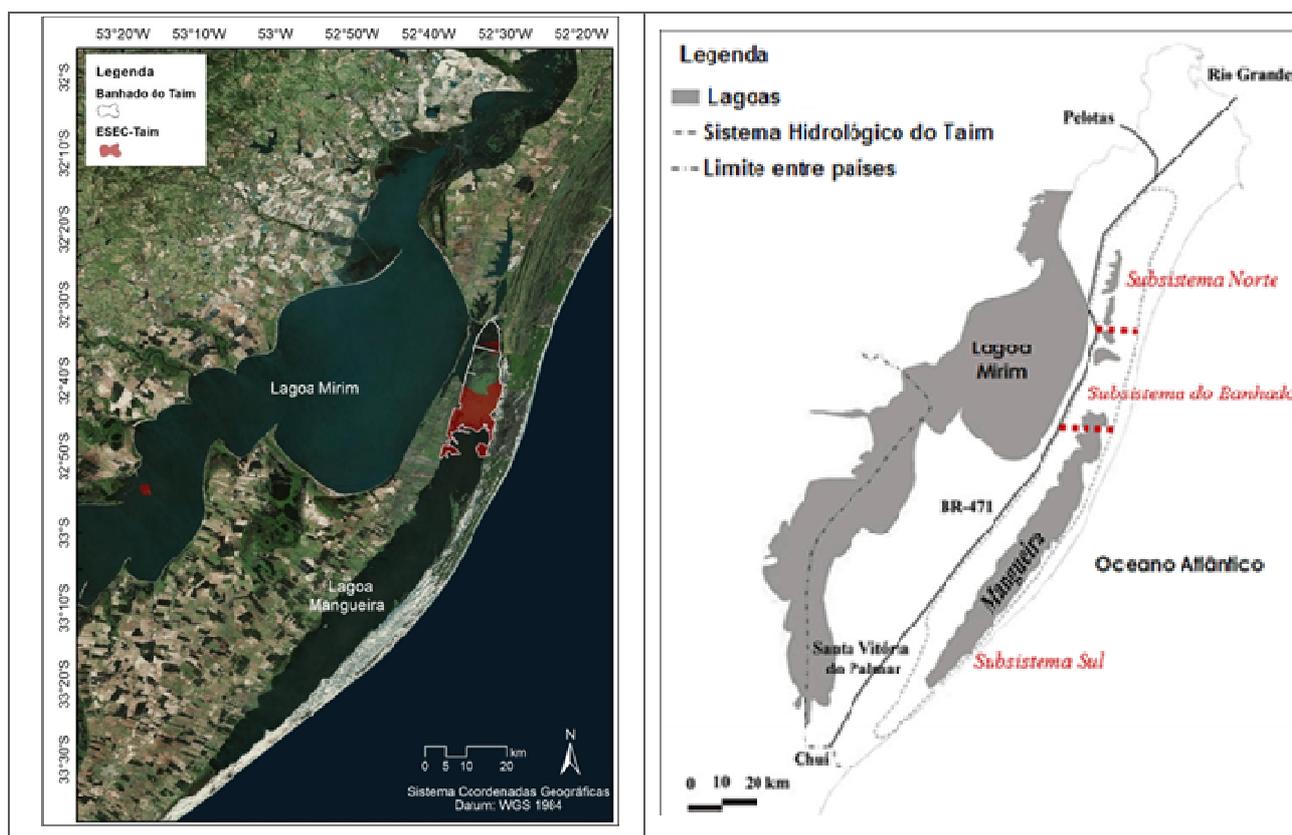


Figura 1 – Sistema hidrológico do Banhado do Taim.

O aspecto econômico é igualmente importante no processo de gestão dos recursos hídricos na região, visto o arroz é uma monocultura na região, e é a fonte de emprego e renda mais importante (quase a única) para os habitantes daquela região. As plantações de arroz ocupam de 250 a 3.000 hectares e, aproximadamente 70% dos agricultores arrenda as terras anualmente. Dessa forma, o conflito surge porque a conservação do Banhado do Taim pode envolver uma redução da quantidade de água disponível para a irrigação. Apesar de todos os estudos, negociações e acordos de gestão tentados, o problema continua em 2017, assim como continuam os esforços para resolvê-lo.

Para o desenvolvimento dos estudos no período 1996-1997 foi desenvolvido um modelo matemático (Villanueva, 1996) do sistema que foi usado (e ainda é usado) para simular diferentes cenários de manejo da água e avaliar as condições hidrológicas resultantes. O modelo consiste em dois módulos: i) módulo da bacia, que representa a transformação chuva-escoamento superficial nas áreas que contribuem para a Lagoa Mangueira e o balanço de volume dessa lagoa; e ii) módulo do banhado, que consiste de um modelo hidrodinâmico de células, que integra a contribuição do escoamento oriundo da Lagoa Mangueira, com a parte hidrodinâmica do escoamento no Banhado do Taim, considerando a influência da Lagoa Mirim, que atua como condicionante de jusante ao escoamento.

METODOLOGIA

Estabelecimento de Índices de Adequabilidade de Habitat

Na ocasião dos primeiros estudos para a gestão dos recursos hídricos na Lagoa Mangueira com foco na conservação do Banhado do Taim o desafio era, e continua sendo, explorar todas as informações disponíveis de maneira a ter uma visão geral das demandas biológicas do Banhado, de tal forma que qualquer política de gestão dos recursos hídricos produza o menor impacto possível.

A aplicação de IAH ao Banhado do Taim foi baseada em uma seleção prévia de espécies indicadoras, representativas da região, com disponibilidade de informações, e sua relação com características da paisagem. O nível da água, praticamente a única informação hidrológica disponível, foi utilizado para estabelecer as funções de adequabilidade do habitat; assim, os IAHs do Banhado do Taim, foram determinados para diferentes espécies, considerando que determinadas lâminas de água seriam mais ou menos adequadas para manter a adequabilidade do habitat da espécie específica. Aos mínimos valores aceitáveis de lâmina de água foi atribuído um valor de IAH próximo de 0, enquanto a lâminas adequadas o valor foi atribuído foi 1, ou próximo a 1.

Relacionando diferentes lâminas de água e a adequabilidade de cada espécie foi determinada uma relação entre o IAH *versus* profundidade. Uma vez estabelecidas essas funções para as espécies selecionadas, elas foram simuladas em conjunto com diferentes cenários de gestão da água. Esta análise permitiu identificar de que maneira as políticas de gestão iriam afetar características da paisagem (com estabelecimento de áreas secas e inundadas), bem como a condição desse indicador específico.

Para os primeiros estudos de IAH (Tassi, 2008) foram selecionadas quatro espécies indicadoras, pela sua representatividade em relação ao ecossistema. Duas das espécies selecionadas foram vegetais: *Zizaniopsis bonariensis* (*Z. bonariensis*, popularmente "espadana") e *Scirpus giganteus*, ambas macrófitas aquáticas emergentes. Duas espécies animais também foram utilizadas, a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e o cisne-do-pescoço-preto (*Cygnus melancoryphus*), visto que ambos são bem característicos da região. As macrófitas emergentes são indicadores sem mobilidade, o que inclui a vantagem adicional de aquisição de informação remotamente, como é o caso do uso de imagens de satélite. As imagens permitem a análise dos dados em regiões inacessíveis, além de possibilitarem estender ao passado o período de análise. Em um estudo posterior (Xavier, 2015), foram incorporadas outras espécies indicadoras: uma macrófita aquática emergente conhecida como junco (*Scirpus californicus*); duas aves sendo o maçarico-preto (*Plegadis chihi*) e cabeça-seca (*Mycteria americana*); além de dois répteis, o jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e a tartaruga-tigre- d'água (*Trachemys dorbigni*).

Em função do regime hidrológico, dos indicadores selecionados e da identificação de habitats relacionados, foi possível definir algumas questões básicas para a conservação do ecossistema:

- as características sazonais do regime hidrológico não devem ser alteradas, uma vez que as estações do ano em que ocorrem os ciclos de cheias e secas estão em sincronia com as necessidades das espécies encontradas dentro do banhado do Taim;
- considerando que o atual padrão de Taim deve ser conservado, a estrutura da vegetação deve permanecer praticamente inalterada: não deve haver nenhum encolhimento ou expansão significativa das áreas atualmente ocupadas por vegetação emergente, flutuante, submersa ou arbustiva;
- a variabilidade do nível d'água deve ser tal que as áreas secas sejam mantidas, já que elas são utilizadas para reprodução, abrigo e local de descanso para várias espécies;

- é necessário que ocorram pulsos de inundação, uma vez que eles são uma oportunidade para o deslocamento de um grande número de animais que tem mobilidade reduzida em terra, assim como permitem a circulação de água em e entre diferentes regiões do banhado;
- a presença de áreas de águas profundas é essencial para a manutenção da microfauna, ictiofauna, lontras, tartarugas e aves mergulhadoras, entre outros;
- a presença de áreas com água superficial é essencial para o desenvolvimento de certas espécies (vegetação submersa, moluscos, etc.) e aves não mergulhadoras.

Como exemplo da definição de um IAH, é comentado brevemente aqui o caso da macrófita *Z. bonariensis*, por ser a vegetação que ocupa aproximadamente 23% da área no interior do Banhado do Taim (da Rosa et al., 2017).

Numa primeira etapa, as regiões no interior do Banhado do Taim, onde a *Z. bonariensis* é dominante foram delimitadas, por meio da classificação supervisionada de imagens de satélite, LANDSAT TM e CBERS; as regiões foram verificadas quanto à verdade de campo. Esse procedimento permitiu o delineamento das regiões onde condições hidrológicas específicas para esta espécie deveriam ocorrer.

Na revisão da literatura foram encontradas poucas referências sobre a relação de *Z. bonariensis* e lâmina de água no Banhado do Taim. Mesmo para outros locais, a descrição da espécie e sua relação com a água é meramente qualitativa, com base em algumas observações de campo. Na ausência de dados concretos para a elaboração de um índice de adequabilidade, a alternativa adotada foi utilizar os valores encontrados na literatura e obter novas informações a partir do cruzamento de dados hidrológicos, topográficos, observações de campo, e imagens de satélite. Os critérios definidos a partir desse levantamento foram (Tassi, 2008):

- a espécie necessita de, pelo menos, 10 cm de lâmina de água;
- a ausência de lâmina de água é desfavorável ao crescimento e desenvolvimento da espécie;
- a oscilação da lâmina de água entre 20 cm e 70 cm favorece o crescimento, desenvolvimento e permanência de *Z. bonariensis*;
- no Banhado do Taim a *Z. bonariensis* é encontrada onde a profundidade da água oscila entre 20 e 70 cm.

Assim, a partir desse levantamento, verificou-se que a lâmina de água para a *Z. bonariensis* deveria variar entre "zero" e 70 cm. Complementarmente a este levantamento e, aproveitando o fato de que essa macrófita está adaptada às condições hidrológicas do Banhado do Taim, a série temporal de lâmina de água foi analisada nas regiões de ocorrência da *Z. bonariensis* é dominante. Este procedimento permitiu a construção de um histograma de frequência de lâmina de água (Figura 2). O histograma de frequência mostra uma distribuição assimétrica da lâmina de água, com valores entre 20 e 70 cm de profundidade sendo predominantes, como esperado para esta espécie, de acordo com a revisão da literatura.

Para verificar a representatividade do índice de adequabilidade, os resultados obtidos durante as simulações foram comparados com observações de campo e imagens de satélite dos locais que atualmente constituem habitats para este indicador. A verificação foi realizada qualitativamente, quantitativamente quando possível, e por meio de inspeção visual.

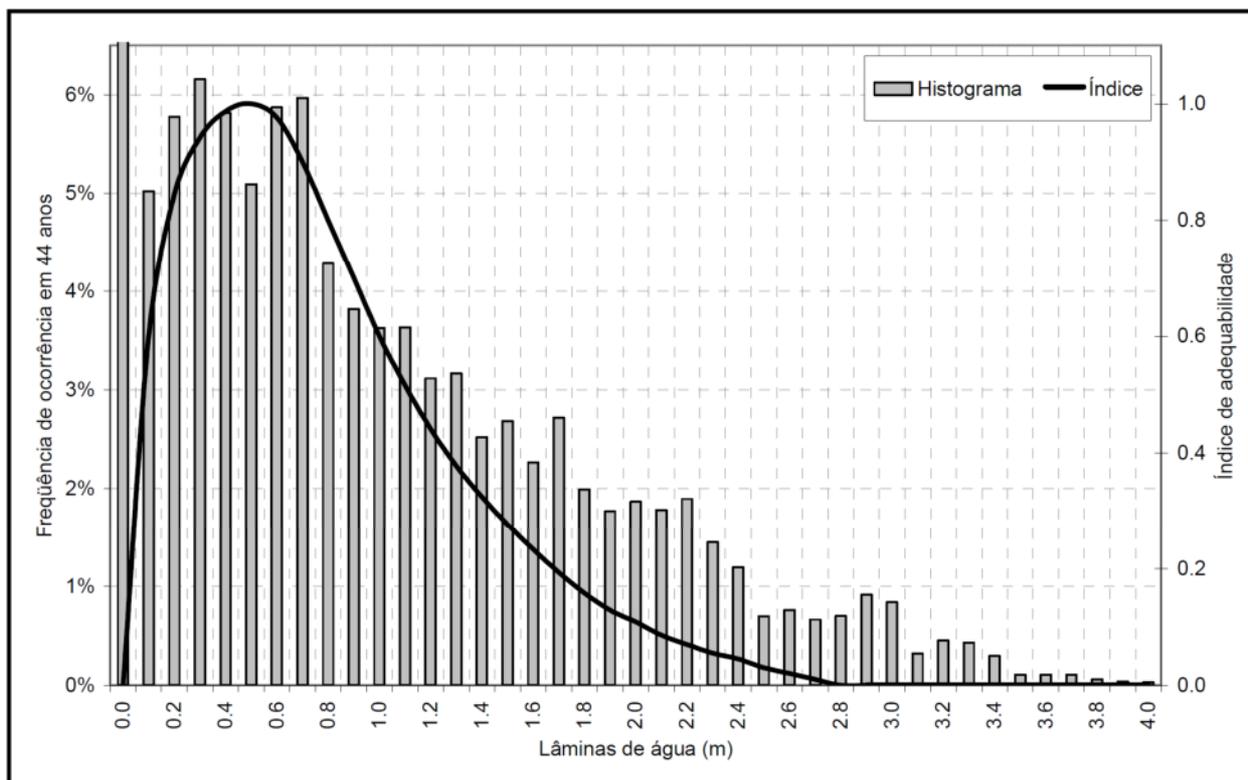


Figura 2—Histograma de níveis de água e curva de IAH para *Z. bonariensis* no Banhado do Taim (Tassi, 2008)

Seguindo procedimentos semelhantes, adaptados segundo as características das espécies e a informação disponível, foram definidos os IAHs para as outras espécies escolhidas como indicadores.

Combinando informação hidrológica e Índice de Adequabilidade de Habitat

Através da simulação com o modelo matemático (Villanueva, 1997), foi possível estimar os níveis de água resultantes de diferentes políticas de manejo. Com auxílio de técnicas de geoprocessamento, a combinação dos níveis de água com um modelo de elevação digital do fundo do Banhado do Taim forneceu uma série de mapas, indicando as áreas secas e inundadas (na situação de inundação os mapas de indicaram as lâminas de água). O procedimento gerou um mapa para cada intervalo de tempo de simulação (ou para qualquer intervalo de tempo mais longo, de fato mapas mensais resultaram ser a escolha mais prática).

A combinação dos IAHs com os mapas de profundidade água gerou uma série temporal da distribuição espacial de adequação de habitat para as espécies de interesse, permitindo assim analisar as consequências de diferentes políticas de manejo da água. A Figura 3 apresenta um fluxograma do procedimento.

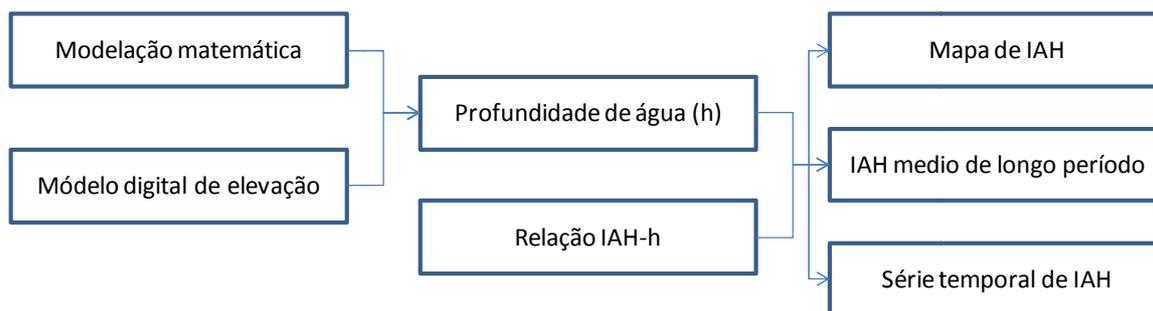


Figura 3 – Fluxograma do procedimento de utilização conjunto de modelação matemática e IAH.

Após as simulações, foram comparados qualitativamente os cenários de adequabilidade ambiental, considerando as regras definidas no estudo de 1996 (foram simuladas as regras de 1996 com posterior em conjunto com o IHA), e com as regras de gestão com a incorporação dos IHAs.

RESULTADOS

A Figura 4 apresenta dois mapas de adequabilidade ambiental média para a espécie *Z. bonariensis*, utilizada como exemplo neste artigo, para ilustrar a aplicação da metodologia. A espécie se distribui na porção central do Banhado do Taim, estendendo-se de Sul a Norte, coincidindo com regiões representadas nas tonalidades de verde na referida figura. A representação da adequabilidade está espacializada, e valores mais próximos à unidade indicam uma melhor condição ambiental (verde escuro).

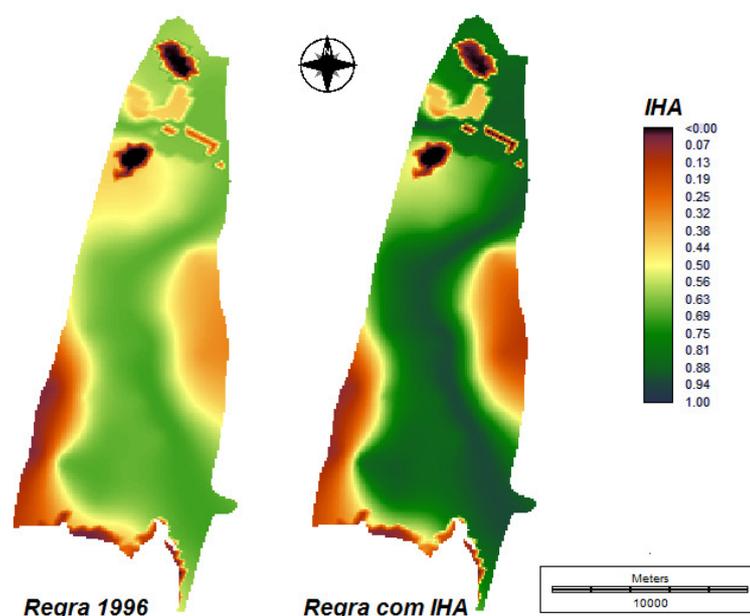


Figura 4 – Comparação entre a adequabilidade ambiental para a *Z. bonariensis* com a regra de gestão definida em 1996 e com a regra definida a partir da utilização do IHA

Conforme se verifica, ao incorporar indicadores biológicos na tomada de decisão, foi possível melhorar a adequabilidade ambiental para a espécie utilizada na exemplificação. Assim, a regra

definida para a gestão dos recursos hídricos em 1996 poderia ser aprimorada, uma vez que o IHA permitiu agregar o conhecimento biológico à tomada de decisão, com resultados mais satisfatórios.

DISCUSSÃO

Por questões de espaço, os resultados encontrados para as demais espécies não são apresentados neste artigo, mas podem ser encontrados em Tassi (2008) e Xavier (2015). De qualquer forma, os resultados encontrados durante a verificação da representatividade dos IAH mostraram que eles foram capazes de reproduzir as situações observadas. Foram obtidos bons resultados de adequabilidade ambiental com a implementação de índices propostos para todas as espécies. No entanto, deve-se enfatizar que a definição de IHA é de caráter adaptativo, e necessita de mais pesquisas a fim de melhorar a qualidade da informação e permitir a introdução de outros parâmetros na análise, a exemplo da velocidade e da temperatura da água.

Por outro lado, embora os estudos 1996-1997 utilizaram uma metodologia diferente para a definição de alternativas de gerenciamento dos recursos hídricos do Banhado do Taim, o resultado foi consistente com a proposta apresentada em estudos recentes que incorporaram os indicadores biológicos na análise. A grande vantagem da utilização da metodologia proposta com os IAHs é a possibilidade de uma maior flexibilidade na gestão da água, uma vez que é possível operar com diferentes níveis dentro de um intervalo de valores "adequadamente" definido. Além disso, os limites definidos para os IAH foram determinados em função das necessidades básicas dos indicadores biológicos selecionados e, por conseguinte, tem uma base factual e teórica mais sólida. Isso é de fundamental importância, uma vez que o objetivo final é o de gerir o Banhado do Taim de forma a compatibilizar a conservação da biodiversidade e garantir a produção de arroz.

REFERÊNCIAS

- DA ROSA, C. N.; TASSI, R.; (2017). Identificação do padrão de distribuição de macrófitas aquáticas emergentes no Banhado do Taim-RS-Brasil, frente a diferentes condições hidrológicas. In: Geociencias. Aceito para publicação. 2017
- IPH. (1996). Comportamento Hidrológico do Banhado do Taim. Volume I – Relatório e anexos C, D, F, G e H. Instituto de Pesquisas Hidráulica, UFRGS. Porto Alegre, 1996. 166 p.
- SCHAMBERGER, M., A.H. FARMER, AND J.W. TERRELL. (1982). Habitat suitability index models: introduction: U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 82(10). 2 pp.
- TASSI, R. (2008). Gerenciamento Hidroambiental de Terras Úmidas. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 240 p.
- VILLANUEVA, A.. Simulação de áreas de inundação dinâmicas: canais compostos e wetlands. 1997. 125 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1997.
- VILLANUEVA, A. O. N., MOTA MARQUES, D. L., TUCCI, C. E. M., (2000). The Taim wetland conflict: a compromise between environment conservation and irrigation. In: Water International. Vol. 25. no 4. p. 610-616.
- XAVIER, R. A. (2015). Índices de adequabilidade de habitat como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos do Banhado do Taim. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, BR.