



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
Diversidade e Manejo de Vida Silvestre
MESTRADO

**Fatores do hábitat e da paisagem associados à presença de colônias nidificação de aves
aquáticas.**

RAFAEL GOMES DE MOURA

SÃO LEOPOLDO, JULHO DE 2009



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
Diversidade e Manejo da Vida Silvestre
MESTRADO

**Fatores do hábitat e da paisagem associados à presença de colônias nidificação de aves
aquáticas.**

**Dissertação apresentada à
Coordenação do Programa de Pós-
Graduação em Ciências Biológicas
da Unisinos como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Mestre em Biologia, área de
concentração Diversidade e Manejo
de Vida Silvestre.**

Rafael Gomes de Moura

Orientador: Prof. Dr. Demétrio Luis Guadagnin

São Leopoldo, Julho de 2009

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....

MARCO TEÓRICO

Literatura citada

ARTIGO

Resumo

Abstract.....

Introdução.....

Metodologia.....

Área de estudo e delineamento.....

Atributos em escala de Paisagem.....

Atributos em escala de habitat.....

Análise de dados.....

Literatura citada

Tabelas.....

Figuras.....

AGRADECIMENTOS

Aos Professores da UFRGS - Ms Heinrich Hasenack, Dra Dejanira Luderitz Saldanha e Dra Nina Simone Moura por permitir participar das suas aulas e pela disposição de poder me atender e me ajudar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Demétrio Luis Guadagnin que despertou meu interesse para as aves aquáticas, geoprocessamento e ecologia da paisagem, com seu profissionalismo, paciência, bom humor e parceiro para jogos do colorado. Mas principalmente por me dar oportunidade realizar e este projeto.

Aos meus amados pais José Ascânio Vilaverde Moura e Rita de Fátima Gomes de Moura, por nunca deixar de me dar oportunidade para as minhas realizações e que me ensinaram que nunca se deve parar de estudar e se dedicar seja qual for seu trabalho e sempre realizar ele com competência.

Aos meus avôs Nico Moura e Antônio Gomes (*in memorian*) que me ensinaram que o trabalho, dedicação, honestidade e seriedade são precedentes principais para o reconhecimento.

A todos aos meus amigos e colegas que de alguma forma me ajudar neste trabalho.

RESUMO

Ninhais são ambientes chaves para aves aquáticas, cuja oferta afeta a riqueza e abundância de aves em escala regional. Este trabalho investiga a hipótese de que a disponibilidade de habitats de áreas úmidas e seu arranjo espacial na paisagem influenciam a probabilidade de ocorrência de ninhais. Através de questionários, entrevistas e verificações de campo identificamos a localização de ninhais coloniais em um setor da zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. Comparamos a estrutura do habitat e da paisagem em três escalas (raios de 1000 m, 3000 m e 5000 m a partir do centro dos ninhais) com igual número de áreas-controle sem presença ninhais. Identificamos a localização de 15 ninhais de aves aquáticas coloniais. À medida que a escala de análise é ampliada, a porcentagem de arrozais aumenta nas paisagens com presença de ninhais, porém se mantém baixa nas paisagens sem ninhais. A porcentagem ocupada por áreas úmidas diminui com o aumento da escala de análise e não varia entre paisagens com ou sem ninhais. O contraste das áreas úmidas diminui conforme aumenta a escala das análises e não houve variação entre paisagens com ou sem ninhais. Conforme aumenta a escala aumenta a proximidade das manchas de áreas úmidas, sendo este aumento mais pronunciado nas paisagens com ninhais. O índice de fragmentação das áreas úmidas não teve uma variação significativa entre as escalas e as paisagens. Nas três escalas analisadas, a probabilidade de ocorrência de ninhais aumenta com o aumento da proporção de arrozais. Na escala de habitat, a presença de capim navalha, palha e sarandis aumentam a probabilidade de uma área úmida ser selecionada para nidificação. O tamanho da área úmida também e a diversidade de vegetação é um fator importante na seleção de áreas de nidificação nesta escala de análise. Nosso estudo sugere que áreas úmidas grandes, situadas em uma matriz de arrozais, e com vegetação densa

e abundância de plantas lenhosas são áreas potenciais para nidificação por diversas espécies de aves aquáticas. A localização e proteção das áreas úmidas com estas características é uma importante ação de conservação de assembléias de aves aquáticas em escala regional.

INTRODUÇÃO

Ninhais são ambientes chaves para aves aquáticas. Diversas espécies nidificam em colônias e compartilham as áreas selecionadas com outras espécies, formando ninhais multi-específicos. Há grandes vantagens adaptativas para que as aves se reúnam em colônias, em especial a redução da predação pela evasão dos predadores e melhor eficiência na procura de alimentos (Quintana 1998), associados às interações sociais favorecidas no ambiente colonial (Weaver & Brown 2002), assim como riscos, através da depleção de recursos alimentares (Brown & Brown 1996). Alternativamente, a nidificação colonial pode simplesmente refletir que as aves são forçadas a viver em colônias por escassez de recursos (Weaver, 2005). Alguns pesquisadores sugerem que o balanço entre riscos e benefícios é vantajoso para ninhais maiores - sabe-se que o sucesso reprodutivo varia de acordo com o tamanho do grupo (Weaver, 2005).

A capacidade de ocupação de um ninhal misto depende diretamente da composição específica do mesmo e de fatores como fisionomia do hábitat, características físicas e o processo de ocupação e divisão do espaço do ninhal pelas espécies que o compartilham (Burger & Gochfeld 1993). Diversos autores apontam que nos grupos mistos é evidente a partilha de recursos, em especial o espaço para construção de ninhos, o qual é ocupado baseado em diferenças espaciais e temporais (Werber 1975, Burger 1978, McCrimmon 1978 e Telfair 1994). Em ninhais mistos observam-se diferenças nas estratégias alimentares e necessidades reprodutivas das espécies, as quais permitem que estas compartilhem o mesmo ambiente, de forma a reduzir a competição de recursos (McCrimmon Jr 1978, Burger 1979).

A alteração da estrutura da paisagem provocada pela perda e fragmentação de habitats é o principal fator responsável pela perda da biodiversidade e alteração da estrutura e composição das comunidades biológicas (Saunders et al. 1991; van Rensburg et al. 2000). Conforme os habitats naturais são modificados pelo uso humano, os remanescentes tornam-se menores, mais dispersos na paisagem, mais isolados e estruturalmente modificados (Sharpe et al. 1981; Wiens 1995). A área total de habitats disponíveis na escala da paisagem também é reduzida neste processo (Fahrig 2002; Villard et al. 1999). A nova matriz modificada reduz a permeabilidade aos movimentos de animais (Johnson et al. 1992; Johnson and Boerlijst 2002), mas permanece hospitaleira para algumas espécies, complementando ou suplementando suas necessidades de recursos (Brotons et al. 2003; Norton et al. 2000). A rizicultura está entre os mais importantes fatores de perda de áreas úmidas em todos os continentes. Por outro lado, as lavouras de arroz são área úmida artificiais. Diversos estudos têm mostrado o papel dos arrozais na suplementação de recursos para aves aquáticas (Fasola e Ruiz 1997, Guadagnin 2005, Elphick 2008).

A localização de ninhais por espécies coloniais pode estar relacionada com a estrutura da paisagem. Aves aquáticas necessitam utilizar múltiplos habitats diariamente e sazonalmente para satisfazer suas necessidades de alimentação, refúgio e reprodução (Kelly e Cogswell 1979; Connors et al. 1981; Gibbs 1991; Warnock Takekawa e 1996; Weaver, 2005) sendo potencialmente vulneráveis a alterações na estrutura da paisagem provocadas por atividades humanas. Além disso, muitas aves aquáticas voam em altitudes que lhes permitem avaliar a paisagem em escalas amplas, provavelmente selecionando habitats de alimentação, refúgio e reprodução num processo hierárquico de aproximação (Skagen e Knopf 1993, Wiens 1995, Johnson e tal. 1992). Diversos estudos têm mostrado o efeito da estrutura da paisagem na estrutura das comunidades de aves aquáticas (Elphick 2008, Burger & Trout 1979, Stephens e Scott 2003, Sundar 2001, Tourenq et all 2001, Guadagnin 2005) e no êxito reprodutivo de aves aquáticas (Amat, Rendon, Rendon-Martos, Garrido & Ramirez 2005; Brown, Sas & Brown 2002; Tourenq, Benhamou, Sadoul, Sandoz, Mesleard, Martin & Hafner 2004). Entretanto, poucos estudos avaliaram como a estrutura dos

hábitats e da paisagem afetam a escolha de áreas de nidificação por aves aquáticas, em múltiplas escalas. Segundo McCrimmon (1978), diversos fatores relacionados à estrutura do hábitat são importantes para definir a área de instalação de um ninhal, entre eles a estrutura da vegetação, a proteção oferecida pela lâmina d'água e a concentração de arbustos no centro da área propícia à nidificação. Em certas áreas agrícolas a localização das áreas de nidificação está relacionada com a proximidade e abundância de habitat adequado ao forrageio (Fasola e Barbieri 1978).

O objetivo deste estudo é avaliar o efeito da estrutura do hábitat e da paisagem, em múltiplas escalas, na localização de áreas colônias de nidificação de aves aquáticas. Mais precisamente, nossa hipótese é de que a probabilidade de uma área úmida ser escolhida para a instalação de um ninhal colonial misto aumenta com o tamanho e a heterogeneidade interna da área úmida e com a abundância de vegetação arbórea (escala de hábitat) e com a disponibilidade de áreas úmidas, a disponibilidade de arrozais, a conectividade entre as áreas úmidas e a contigüidade entre áreas úmidas e arrozais, em múltiplas escalas espaciais (escala de paisagem).

MÉTODOS

Área de estudo e delineamento

A área de estudo compreende uma seção da zona costeira do Rio Grande do Sul (**Fig. 1**), incluindo o entorno do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, uma das regiões do Estado com maior concentração de áreas úmidas (Maltchik *et al.* 2003) e aves aquáticas (Bencke *et al.* 2007; Guadagnin, *et al.* 2005). O clima é subtropical, com temperatura média anual de 19°C e pluviosidade total anual de 1200mm, bem distribuída ao longo do ano. Um único padrão de uso do solo domina a região – uma matriz de rizicultura irrigada e campos drenados em rotação aproximada de quatro anos. Dispersos nesta matriz, encontram-se remanescentes de áreas úmidas e matas de restinga, lagoas naturais, reservatórios artificiais e florestamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*.

Para testar a hipótese de que a estrutura da paisagem influencia a escolha de áreas para nidificação por aves aquáticas coloniais empregamos um delineamento caso-controle. Comparamos áreas de ocorrência de ninhas com um número equivalente de áreas sem ninhas selecionadas aleatoriamente na paisagem. Para localizar ninhas na região, buscamos informações de diferentes fontes – contatos com pesquisadores e técnicos de agências ambientais que trabalham da região (Unisinos, Fundação Zoobotânica RS, IcmBio, Fepam); moradores da região; participação em reuniões com produtores de arroz dos Municípios de Mostardas e Tavares organizadas pelo IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz) e distribuição de questionários entre produtores. Os registros foram confirmados através de expedições terrestres de reconhecimento. Áreas controle, sem ninhas, foram selecionadas sorteando coordenadas geográficas entre todas as áreas úmidas disponíveis na

região de estudo, inventariadas em estudos anteriores (Guadagnin & Maltchik 2005; Maltchik *et al.* 2007). A escolha de controles adequados é crítica em estudos caso-controle. Definimos como universo de escolha as áreas úmidas, uma vez que nenhuma das espécies coloniais que ocorrem na região nidifica em terra-firme. As coordenadas geográficas dos ninhais e áreas-controle foram organizadas no sistema de informações geográficas ArcView GIS 9.2.

Atributos em escala de Paisagem

Classificamos uma imagem LandSatTM 7 (29/04/2009), (**Fig. 2A**) no Programa ENVI 4.4 (Environment for Visualizing Images) nas seguintes classes: água, áreas úmidas com cobertura de palha, macrófitas flutuantes ou juncos, rizicultura, mata de restinga, dunas, dunas vegetadas, florestamento e campos naturais. As classes foram definidas por efeitos de equalizações e composições de bandas infravermelho (Ponzoni & Shimabukuro 2007). Para classificar a imagem de satélite usamos a rotina supervisionada de classificação Spectral Angle Mapper (SAM) (**Fig. 2B**), cuja técnica consiste de um avançado mapeamento a partir do espectro de reflectância, caracterizado por um vetor pertencente a um espaço multidimensional, onde o número de dimensões equivale ao número de bandas espectrais presentes na imagem. Boa parte destas classes teve uma verdade de terreno para verificar a autenticidade da classificação. Exportamos as imagens classificadas para o Programa IDRISI ANDES 15.0, onde foram reclassificadas nas seguintes classes: área úmida, rizicultura e terra firme. Recortamos janelas concêntricas da imagem reclassificada, centradas em cada ninhal e área-controle, em três escalas – raios de 5000m, 3000m e 1000m (**Fig. 2C**). Exportamos as janelas, doravante denominadas de paisagens, para o programa FRAGSTATS 3.3 (MacGaridal & Marks 1995) para calcular (1) a porcentagem de áreas úmidas na paisagem – PLAND; (2) a porcentagem de arrozais na paisagem – PLAND-arrozais; (3) o índice de proximidade da classe de áreas úmidas – PROX (4) o índice de subdivisão da classe de áreas úmidas – SPLIT e (5) o índice de contraste de bordas ponderado pela área para a classe de áreas úmidas –

CWED, com o objetivo de avaliar a permeabilidade das bordas das áreas úmidas através da matriz de arrozais. Para esta métrica foi atribuído o peso de 0,2 para o contraste das áreas úmidas com arrozais e 1,0 para o contraste com terra firme. Desta forma, o índice CWED aumenta com a maior permeabilidade da matriz – contato direto entre áreas úmidas e arrozais.

Atributos em escala de habitat

Calculamos métricas da estrutura do hábitat sobre fotografias aéreas verticais centradas em cada ninhal e área-controle, obtidas a 1200 m.a.s.l. com câmera digital convencional acoplada no montante de um monomotor. Cada fotografia cobriu uma superfície de 2500m X 3200m com resolução final de ~0.4 m/pixel (**Fig. 3A**). As fotografias foram exportadas para o Programa ENVI 4.4, foram submetidas à rotina “Image Sharpening” na função HSV e então à separação dos canais RGB (**Fig.3B**). Para classificar a cobertura do solo usamos a rotina supervisionada MAXLIKE, considerando as seguintes classes: terra firme, capim navalha, palha, sarandis, água, grama boiadeira, junco e macrófitas flutuantes (**Fig. 3C**). Exportamos as fotografias classificadas para o programa IDRISI ANDES 15.0 para recortar janelas circulares com raio de 400m centrados nos ninhais e áreas-controle e exportamos as janelas para o FRAGSTATS 3.3 (MacGaridal & Marks 1995) para calcular a área de cada padrão de cobertura vegetal e os índices de Shannon – SHDI e Simpson - SIDI.

Análise de dados

É comum a existência de correlações entre métricas e entre escalas (Elphick 2008; Tourenq 2004). Empregamos o teste de Mantel para verificar a existência de correlação múltipla entre as três escalas espaciais consideradas (1000 m, 3000 m e 5000 m de raio). Examinamos matrizes de

correlações de Pearson para verificar a existência de correlações entre as métricas calculadas em cada escala.

Empregamos regressão logística para analisar a chance de encontrar ninhais em função dos atributos da estrutura do hábitat e da paisagem. Produzimos um modelo de regressão para cada escala de análise – escala de hábitat e três escalas de paisagem. Nas escalas de paisagem desenvolvemos modelos completos, sem interações, considerando que todas as variáveis medidas correspondem a fatores postulados como importantes. Na escala de hábitat, desenvolvemos inicialmente modelos com uma única variável. Todas as variáveis com significância igual ou superior a 20% nestes modelos foram combinadas num modelo completo. Variáveis não significativas no modelo completo ($p > 0,05$) foram seqüencialmente removidas para obter o modelo final.

RESULTADOS

Identificamos a localização de 15 ninhais de aves aquáticas coloniais. A figura 1 indica a localização das áreas com ninhais e áreas-controle. Todos os ninhais localizados foram referidos como sendo ocupados por diversas espécies. As espécies ocorrentes na ocasião da confirmação em terreno são apresentadas na tabela 1. Destas, oito espécies tipicamente nidificam de forma colonial em ninhais multiespecíficos (McCrimmon Jr. 1978), enquanto que nove tendem a formar apenas ninhais monoespecíficos (Burger 1979).

Existe autocorrelação entre a estrutura das paisagens nas três escalas mensuradas. As correlações de Mantel foram maiores entre escalas próximas e menores entre as escalas de 1000 m e 5000 m (**Tab. 2**). Na escala de 1000m existe uma correlação negativa entre a porcentagem de áreas úmidas e o índice de fragmentação ($R = -0.561$). Na escala de 3000m observamos uma correlação negativa entre o contraste da matriz e a porcentagem de arrozais ($R = -0.524$). Na escala de 5000m todas as correlações baixas ($R < 0.30$).

À medida que a escala de análise é ampliada, a porcentagem de arrozais aumenta nas paisagens com presença de ninhais, porém se mantém baixa nas paisagens sem ninhais (**Fig. 4**). A porcentagem ocupada por áreas úmidas diminui com o aumento da escala de análise e não varia entre paisagens com ou sem ninhais (**Fig. 5**). O contraste das áreas úmidas diminui conforme aumenta a escala das análises e não houve variação entre paisagens com ou sem ninhais (**Fig. 6**). Conforme aumenta a escala aumenta a proximidade das manchas de áreas úmidas, sendo este aumento mais pronunciado nas paisagens com ninhais (**Fig. 7**). O índice de fragmentação das áreas úmidas não teve uma variação significativa entre as escalas e as paisagens (**Fig. 8**).

As áreas com presença de ninhais estão associadas à maior presença de vegetação, de diferentes classes, do que as áreas úmidas sem ninhais (**Fig. 9**).

Nas três escalas analisadas, a probabilidade de ocorrência de ninhais aumenta com o aumento da proporção de arrozais (**Tabelas 3, 4 e 5**). Em nenhuma escala encontramos influência significativa da fragmentação das áreas úmidas (SPLIT) e da proximidade entre as áreas úmidas (PROX). Na escala de 1000 metros de raio, a presença de ninhais esteve ainda associada a paisagens com maior porcentagem de áreas úmidas (**Tab 3**).

Na escala de hábitat, a presença de capim navalha, palha e sarandis aumentam a probabilidade de uma área úmida ser selecionada para nidificação (**Tab. 6**). O tamanho da área úmida também e a diversidade de vegetação é um fator importante na seleção de áreas de nidificação nesta escala de análise.

DISCUSSÃO

Nosso trabalho demonstra a importância da estrutura da paisagem na escolha de áreas para nidificação por aves aquáticas que nidificam em colônias mistas. Diversos estudos demonstraram que o êxito reprodutivo em ninhais é influenciado pela paisagem no seu entorno (Amat, Rendon, Rendon-Martos, Garrido & Ramirez 2005; Brown, Sas & Brown 2002; Tourenq, Benhamou, Sadoul, Sandoz, Mesleard, Martin & Hafner 2004), porém, ao nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que avalia o efeito de atributos do hábitat e da paisagem na escolha das áreas de reprodução.

Confirmando nossas expectativas, colônias mistas de aves aquáticas são encontradas em áreas úmidas de grande tamanho, densa cobertura vegetal e grande área ocupada por vegetação arbórea e em paisagens com grande proporção de áreas úmidas e arrozais em íntimo contato. A disponibilidade de áreas úmidas foi importante na escala de hábitat e na menor das escalas de paisagem analisadas (1000 m de raio), mas não nas escalas mais amplas. Atribuímos este efeito a uma opção das aves por áreas úmidas grandes. Estes achados sugerem que a área disponível para a instalação de ninhais e a disponibilidade de alimento nas áreas úmidas e na matriz circundante são fatores decisivos para a escolha de locais de nidificação por estas espécies. No período de nidificação as aves são forçadas a constantes movimentos entre o ninhal e as áreas de alimentação. Desta forma, o efeito encontrado do tamanho das áreas úmidas e da extensão das áreas úmidas e arrozais na paisagem, além da sua contigüidade, podem estar relacionados à busca de locais com farta alimentação junto aos ninhais. A competição por recursos alimentares é uma das desvantagens da nidificação colonial (Brown & Brown 1996; Weaver, 2005) e a localização estratégica dos ninhais na paisagem pode ser um fator decisivo para reduzir este efeito.

Contrariamente à nossa expectativa, a conectividade entre as áreas úmidas não influencia a probabilidade de ocorrência de ninhais. A conectividade entre áreas úmidas parece ser um processo

importante na movimentação de aves aquáticas em amplas escalas (Amat, Rendon, Rendon-Martos, Garrido & Ramirez 2005; Farmer & Parent 1997; Haig, Mehlman & Oring 1998; porém veja Leibowitz 2003; Leibowitz & Nadeau 2003). O fato deste fator não ser importante na localização dos ninhais coloniais pode estar relacionado com a maior residência e deslocamentos mais curtos que as aves executam durante a reprodução.

O efeito da matriz das lavouras de arroz abre um interessante debate sobre o papel destas áreas úmidas feitas pelo homem que são a principal causa da perda de habitat em muitas regiões (Lawler 2001). Diversos estudos sugerem que arrozais desempenham um importante papel na conectividade entre áreas úmidas, reduzindo o contraste da matriz (Guadagnin e Maltchik. 2007, Fasola e Alieri. 1992 e Elphick, 2008). Tourenq et al. (2001) indicam que enquanto áreas úmidas naturais podem localmente abrigar maior riqueza e abundância de aves aquáticas do que lavouras de arroz, a conectividade fornecida pelas áreas úmidas agrícolas parece ser essencial para a manutenção da riqueza regional de espécies. Nosso estudo sugere um papel para os ambientes de produção de arroz também como fonte alimentar para aves aquáticas nidificando em colônias. A proximidade e a disponibilidade de arrozais podem estar relacionadas com implicações energéticas nos deslocamentos que são necessários com maior frequência entre os ninhos e as áreas de alimentação. Os ambientes de produção de arroz oferecem ambientes diversos, para diferentes grêmios tróficos, incluindo as lavouras em si e estruturas de irrigação, drenagem e estoque de água.

Em escala local, a presença de ninhais está também associada a determinadas características da vegetação, em particular a abundância de palha, capim e sarandis. O tipo de vegetação utilizado para construção de ninhos varia entre as espécies (Baldassarre & Bolen 2006). Ninhais mistos de ciconiformes tendem a estar associados à áreas úmidas com presença marcante de arbusto e árvores (Weber 1975, Burger 1978, Telfai 1994).

As métricas da estrutura da paisagem se correlacionam entre si e a estrutura da paisagem se correlaciona através das escalas analisadas, o que representa um complicador em estudos de Ecologia da Paisagem (Farina 1998). A existência de correlações entre as variáveis limita a

interpretação dos resultados das análises de regressão (Hosmer Jr & Lemeshow 2001) e interfere no valor dos escores das variáveis. Em nosso trabalho, minimizamos o efeito das correlações entre escalas analisando cada escala em separado. Embora a magnitude dos efeitos possa ter sido afetada, a abordagem adotada claramente identifica as variáveis que são importantes.

Poucas áreas de ninhais foram localizadas na região estudada, resultando em uma amostragem pequena, o que limita nossas conclusões. Além disso, embora todos os ninhais sejam referidos pelos informantes como ocupados por diversas espécies, não foi possível identificar com clareza quais espécies os ocupam e assim analisar a seleção de hábitat para cada espécie em separado. Por outro lado, é lícito considerar que as áreas onde encontramos ninhais sejam adequadas para diversas espécies de aves que nidificam em colônias mistas. Os achados deste estudo, embora não possam ser tomados como conclusivos, estabelecem o marco para futuras investigações sobre o efeito da estrutura do hábitat e da paisagem na escolha de áreas de nidificação em colônias mistas, um assunto pouco investigado.

A identificação de áreas prioritárias para a conservação é um tema de intenso debate (Brown, Harrington, Parsons & Mallory 2002; Erwin 2002; Gibbs 2000; Musacchio & Coulson 2001). Para aves aquáticas coloniais, áreas úmidas adequadas para nidificação por diversas espécies são ambientes chave, que requerem atenção especial de proteção. Nosso estudo sugere que áreas úmidas grandes, situadas em uma matriz de arrozais, e com vegetação densa e abundância de plantas lenhosas são áreas potenciais para nidificação por diversas espécies de aves aquáticas. A localização e proteção das áreas úmidas com estas características é uma importante ação de conservação de assembléias de aves aquáticas em escala regional. A medida que avança o processo de perda e fragmentação de áreas úmidas, os remanescentes tendem a ser tornar progressivamente menores (Gibbs 2000; Shafer 1990). Embora no seu conjunto os fragmentos sejam capazes de dar suporte a um grande número de espécies (Guadagnin et al. 2005) a redução de tamanho e alteração da cobertura vegetal pode ser decisiva para a oferta de ambientes adequados à reprodução de aves aquáticas coloniais.

AGRADECIMENTOS

Este projeto foi apoiado com recursos do CNPq (protocolo 482165/2007-3; edital MCT/CNPq 15/2007). Agradecemos João Carlos Pradella Dotto e Glayson Bencke pelos dados sobre localização de ninhais. Agradecemos ao Instituto Riograndense de Arroz – IRGA pela gentileza de distribuir questionários entre produtores locais de arroz. Ana Sílvia Rolon auxiliou nas análises estatísticas. Maycon Sanyvan Sigales Gonçalves auxiliou nas expedições a campo.

REFERÊNCIAS

- Amano, T., Y. Kim and S. Yamamoto. 2008. Spatial and temporal landscape complementation in rice paddy areas as habitats for birds species. *Biological Conservation* 141:1704-1716.
- Amat JA, Rendon MA, Rendon-Martos M, Garrido A, Ramirez JM. 2005. Ranging behaviour of greater flamingos during the breeding and post-breeding periods: Linking connectivity to biological processes. *Biological Conservation* 125(2):183-92.
- Baldassarre, Guy A. *Waterfowl ecology and management*/Guy A. Baldassarre, Eric G, Bolen – 2nd Ed.
- Bencke, G. A., Fontana, C. S., Dias, R. A., Maurício, G. N. & Mähler Jr, J. K. F. 2003. *Aves. In: Fontana, C. S., Bencke, G. A. & Reis, R. E. eds. Porto Alegre, Edipucrs. p.189-479.*
- Boecklen WJ (1986) Effects of habitat heterogeneity on the species area relationships of forest birds. *J Biogeogr* 13:59–68.
- Brotons L, Monkkonen M, Martin JL (2003) Are fragments islands? Landscape context and density area relationships in boreal forest birds. *Am Nat* 162:343–357.
- Brown SC, Harrington BA, Parsons KC, Mallory EP. 2002. Waterbird use of Northern Atlantic wetlands protected under the North American Wetlands Conservation Act. *Waterbirds* 25:106-14.
- Brown, C.R., Sas, C.M. & Brown, M.B. 1998 Colony choice in Cliff Swallows: effects of heterogeneity in foraging habitat. *Auk* 119: 446–460.
- Burger, J. 1978. Competition between Cattle Egrets and natives North American herons, egrets, and ibises. *Condor* 80: 15-23.

- Burger, J. 1979. Resource partitioning: Nest sites selection in mixed species colonies of herons, egrets and ibises. *American Midland Naturalist* 101: 191-210.
- Connors, P. G., J. P. Myers, C. S. W. Connors, and F. A. Pitelka. 1981. Interhabitat movements by Sanderlings in relation to foraging profitability and the tidal cycle. *Auk* 98: 49-64.
- Elphick, C. S. 2008. Landscape effects on waterbird densities in California rice fields: taxonomic differences, scale-dependence, and conservation implications. *Waterbirds* 31: 61-69.
- Erwin RM. 2002. Integrated management of waterbirds: Beyond the conventional. *Waterbirds* 25:5-12.
- Fahrig L (2002) Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecol Appl* 12:346–353.
- Farina A. 1998. Principles and methods in landscape ecology. 1 ed. London: Chapman & Hall. 235p.
- Farmer AH, Parent AH. 1997. Effects of the landscape on shorebird movements at spring migration stopovers. *Condor* 99(3):698-707.
- Fasola, M. and R. Alieri. 1992. Conservation of heronry Ardeidae sites in North Italian agricultural landscapes. *Biological Conservation* 62: 219-228.
- Fasola, M., and F. Barbieri. 1978. Factors affecting the distribution of heronries in northern Italy. *Ibis* 120:537-540.
- Gibbs JP. 2000. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation Biology* 14(1):314-7.
- Gibbs, J. P. 1991. Spatial relationships between nesting colonies and foraging areas of Great Blue Herons. *Auk* 108: 764-770.
- Gomes AdS, Magalhães Ju´nior AMd (2004) Arroz irrigado no Sul do Brasil. Embrapa, Pelotas
- Guadagnin DL, Peter AS, Perello LFC, Maltchik L (2005) Spatial and temporal patterns of waterbird assemblages in fragmented wetlands of Southern Brazil. *Waterbirds* 28:261–272.
- Guadagnin, D. L. and L. Maltchik. 2007. Habitat and landscape factors associated with neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodiversity and Conservation* 16: 1231-1244.

- Haig SM, Mehlman DW, Oring LW. 1998. Avian movements and wetland connectivity in landscape conservation. *Conservation Biology* 12(4):749-58.
- Hosmer Jr DW, Lemeshow S. 2001. *Applied logistic regression*. New York: John Wiley & Sons. 672p.
- Huner, J. V., C. W. Jeske and W. Norling. 2002. Managing agricultural wetlands for waterbirds in the coastal regions of Louisiana, U.S.A. *Waterbirds* 25: 66-78.
- Johnson AR, Wiens JA, Milne BT, Crist TO (1992) Animal movements and population-dynamics in heterogeneous landscapes. *Landsc Ecol* 7:63–75.
- Johnson CR, Boerijst MC (2002) Selection at the level of the community: the importance of spatial structure. *Trends Ecol Evol* 17:83–90.
- Kelly, P. R., and H. L. Cogswell. 1979. Movements and habitat use by wintering populations of Willets and Marbled Godwits. *Studies in Avian Biology* 2: 69-82.
- Leibowitz SG, Nadeau TL. 2003. Isolated wetlands: State-of-the-science and future directions. *Wetlands* 23(3):663-84.
- Leibowitz SG. 2003. Isolated wetlands and their functions: An ecological perspective. *Wetlands* 23(3):517-31.
- Maltchik L, Schneider E, Becker G, Escobar A (2003) Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). *Pesquisas Bota[^]nica* 53: 89–100.
- McCrimmon Jr., D. A. 1978. Nest site characteristics among five species of herons on the North Carolina coast. *Auk* 95: 267-280.
- Mcarigal K, Marks BJ (1995) Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland. Gen Tech Rep PNW-GTR-351.
- Musacchio LR, Coulson RN. 2001. Landscape ecological planning process for wetland, waterfowl, and farmland conservation. *Landscape and Urban Planning* 56(3-4):125-47.

- Norton MR, Hannon SJ, Schmiegelow FKA (2000) Fragments are not islands: patch vs landscape perspectives on songbird presence and abundance in a harvested boreal forest. *Ecography* 23:209–223.
- Pierluissi, S. 2006. Breeding waterbirds use of rice fields in southwestern Louisiana. Master's thesis. Louisiana State University, Baton Rouge. <http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-04032006-161002/>
- Ponzoni, F.J. e Y.E. Shimabukuro. 2007. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos, Silva Vieira.
- Quintana, F. and P. Yorio. 1998. Competition for nest sites between kelp gulls (*Larus dominicanus*) and terns (*Sterna maxima* and *S. eurygnatha*) in Patagonia. *Auk* 115: 1068-1071.
- Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation - A Review. *Conserv Biol* 5:18–32.
- Shafer CL. 1990. The Problem: Fragmentation with Insularization. In: Craig L, Shafer CL, editors. *Nature Reserves: Island Theory and Conservation Practice*. Melbourne, Australia.: CSIRO; p 1-32.
- Sharpe DM, Stearns FW, Burgess RL, Johnson WC (1981) Spatio-temporal patterns of forest ecosystems in man-dominated landscape. In: Tjallingii SP, de Veers AA (eds). *Perspectives in landscape ecology*. PUDOC, Wageningen, The Netherlands, pp 109–116.
- Stephens, Scott E.; Koons, David N.; Rotella, Jay J.; Willey, David W. (2003) Effects of habitat fragmentation on avian nesting success: a review of the evidence at multiple spatial scales. *Biological Conservation* 115: 101-110.
- Sundar, K. S. G. (2001) Where the Sarus duet. *Sanctuary Asia* xxi(5): 62–67.
- Sundar, K. S. G. (2003) Notes on breeding biology of Black-necked Storks *Ephippiorhynchus asiaticus* in Etawah and Mainpuri districts, Uttar Pradesh, India. *Forktail* 19: 15–20.

- Sundar, K. S. Gopi (2004) Grup size and habitat use by Black-necked Storks *Ephippiorhynchus asiaticus* in an agriculture-dominated landscape in Uttar Pradesh, India. Bird Conservation International 14: 323-334.
- Taifair, R. C. 1994. Cattle Egret (*Bubulcus ibis*): American Ornithologist' Union, Washington 1994. (The birds of North America, número 113)
- Tourenq C, Bennetts RE, Kowalski H, Vialet E, Lucchesi JL, Kayser Y, Isenmann P (2001) Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, southern France? Biol Conserv 100:335–343.
- Tourenq, C., S. Benhamou, N. Sadoul, A. Sandoz, F. Mesléard, J. L. Martin and H. Hafner. 2004. Spatial relationships between tree-nesting heron colonies and rice fields in Camargue, France. Auk 121: 192-202.
- van Rensburg BJ, McGeoch MA, Matthews W, Chown SL, van Jaarsveld AS (2000) Testing generalities in the shape of patch occupancy frequency distributions. Ecology 81:3163–3177.
- Villard MA, Trzcinski MK, Merriam G (1999) Fragmentation effects on forest birds: relative influence of woodland cover and configuration on landscape occupancy. Conserv Biol 13:774– 783.
- Warnock, S. E., and J. Y. Takekawa. 1996. Wintering site fidelity and movement patterns of Western Sandpipers *Calidris mauri* in the San Francisco Bay estuary. Ibis 138: 160-167.
- Weaver, H. B. and Charles, R. B. 2002. Colony size, reproductive success, and colony choice in Cave Swallows *Petrochelidon fulva*. Ibis 147 381–390
- Weber, W.J. 1975. Notes on Cattle Egret breeding. Auk 92: 111-117.
- Wiens JA (1995) Habitat fragmentation - Island V landscape perspectives on bird Conservation. Ibis 137:S97–S104.

TABELAS

Tabela 1: Localização geográfica e descrição de ninhais coloniais mistos de aves aquáticas na planície costeira do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil.

UTME	UTMN	Aves	Número de Ninhos
462972	6508843	<i>Ardea cocoi</i> , <i>Platalea ajajas</i> , <i>Casmeroidius albus</i> e <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	68
463855	6508755	<i>Ciconia maguari</i> e <i>Platalea ajaja</i>	43
534755	6620155	<i>Ciconia maguari</i> e <i>Ardea cocoi</i>	52
534855	6620455	<i>Ciconia maguari</i>	33
543755	6659355	<i>Ciconia maguari</i>	90
516436	6579313	<i>Nycticorax nycticorax</i>	12
514429	6558807	<i>Ciconia maguari</i>	47
514655	6558855	<i>Ciconia maguari</i>	45
498677	6551031	<i>Platalea ajaja</i>	39
496887	6551182	<i>Nycticorax nycticorax</i> , <i>Casmeroidius albus</i> , <i>Bubulcus ibis</i> e <i>Egretta thula</i>	73
505924	6560524	<i>Butorides striatus</i>	42
505845	6560816	<i>Chauna torquata</i> e <i>Aramus guarauna</i>	32
506063	6560794	<i>Phimosus infuscatus</i> e <i>Bubulcus ibis</i>	35
520449	6580837	<i>Aramus guarauna</i> , <i>Phalacrocorax brasilianus</i> , <i>Plegadis chini</i> , <i>Egretta thula</i> e <i>Casmeroidius albus</i>	58
537017	6638994	<i>Ciconia maguari</i> e <i>Ardea cocoi</i>	45

Tabela 2: Correlações de Mantel entre três escalas em paisagem com presença de ninhais de aves aquáticas coloniais e áreas controle sem a presença de ninhais. As escalas se referem ao raio de círculos centrados nos ninhais identificados ou coordenadas geográficas de áreas úmidas selecionadas aleatoriamente.

		1000	3000
Áreas com ninhal	3000	R = 0.005 P > 0.05	
	5000	R = 0.001 P > 0.05	R = 0.91 P < 0.01
Áreas controle (sem ninhal)	3000	R = 0.005 P > 0.05	
	5000	R = 0.27 P > 0.05	R = 0.81 P > 0.05

Tabela 3: Atributos da paisagem associados à presença de ninhais de aves aquáticas coloniais no Sul do Brasil. A escala analisada corresponde a um raio de 1000 metros ao redor do centro dos ninhais identificados.

	Razão de chance	Intervalo de confiança	P
Porcentagem de Arrozais	1.079	0.017 – 0.134	0.01
Porcentagem de Áreas úmidas	1.033	-0.009 – 0.074	0.02

Tabela 4: Atributos da paisagem associados à presença de ninhais de aves aquáticas coloniais no Sul do Brasil. A escala analisada corresponde a um raio de 3000 metros ao redor do centro dos ninhais identificados.

Raio de 3000m	Razão de chance	Intervalo de confiança	P
Porcentagem de Arroz	1.128	0.035 – -0.225	0.01
Contraste das Áreas Úmidas	3.665	-0.123 – 2.721	0.07

Tabela 5: Atributos da paisagem associados à presença de ninhais de aves aquáticas coloniais no Sul do Brasil. A escala analisada corresponde a um raio de 5000 metros ao redor do centro dos ninhais identificados.

Raio de 5000m	Razão de chance	Intervalo de confiança	P
Porcentagem de Arroz	1.094	0.031 – 0.149	0.01
Contraste das Áreas Úmidas	2.8	-0.342 – 2.401	0.14

Tabela 6: Atributos do habitat associados à presença de ninhais de aves aquáticas coloniais no sul do Brasil. A escala analisada corresponde a um raio de 400 metros ao redor do centro dos ninhais identificados:

Explanatória	Razão de Chance	Intervalo de confiança		AIC	P
Capim-navalha	1.104	1.008	1.208	39.375	0.033
Palha	1.192	0.91	1.563	43.057	0.0203
Macrófitas flutuantes	1.175	0.928	1.489	43.366	0.18
Sarandi	1.428	0.872	2.341	39.995	0.001
Gramma-boiadeira	1.049	-0.181	0.276	45.421	0.0684
Junco	1.13	-0.088	0.332	44.045	0.228
SHDI	8.687	0.053	4.27	38.238	0.044
SIDI	7.95	-0.225	8.859	41.058	0.062
Área Total de Banhado	1.058	0	0.113	20.309	0.049

FIGURAS

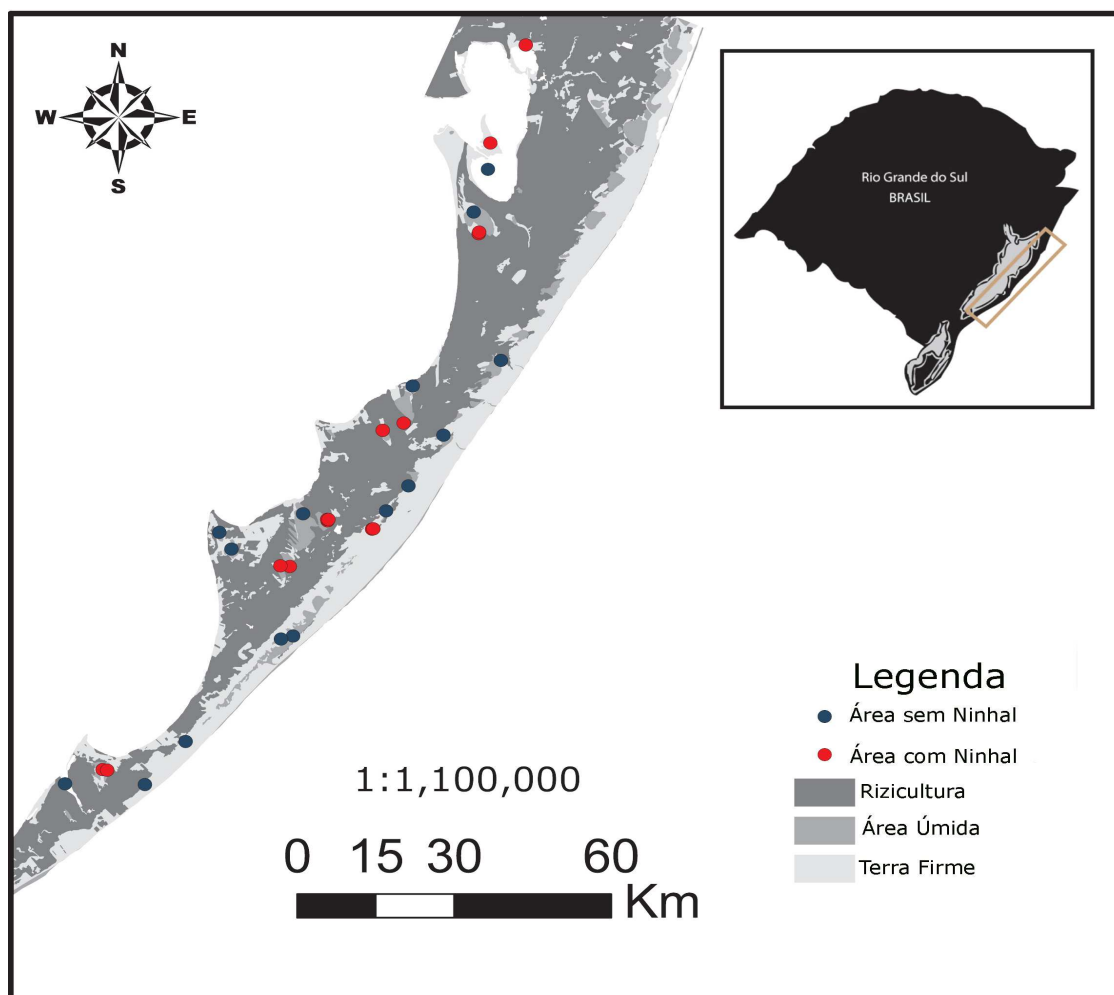


Figura 1: Setor da zona costeira no Rio Grande do Sul, sul do Brasil, indicando a localização de ninhais coloniais de aves aquáticas (pontos vermelhos) e áreas controle sem ninhais (pontos verdes).

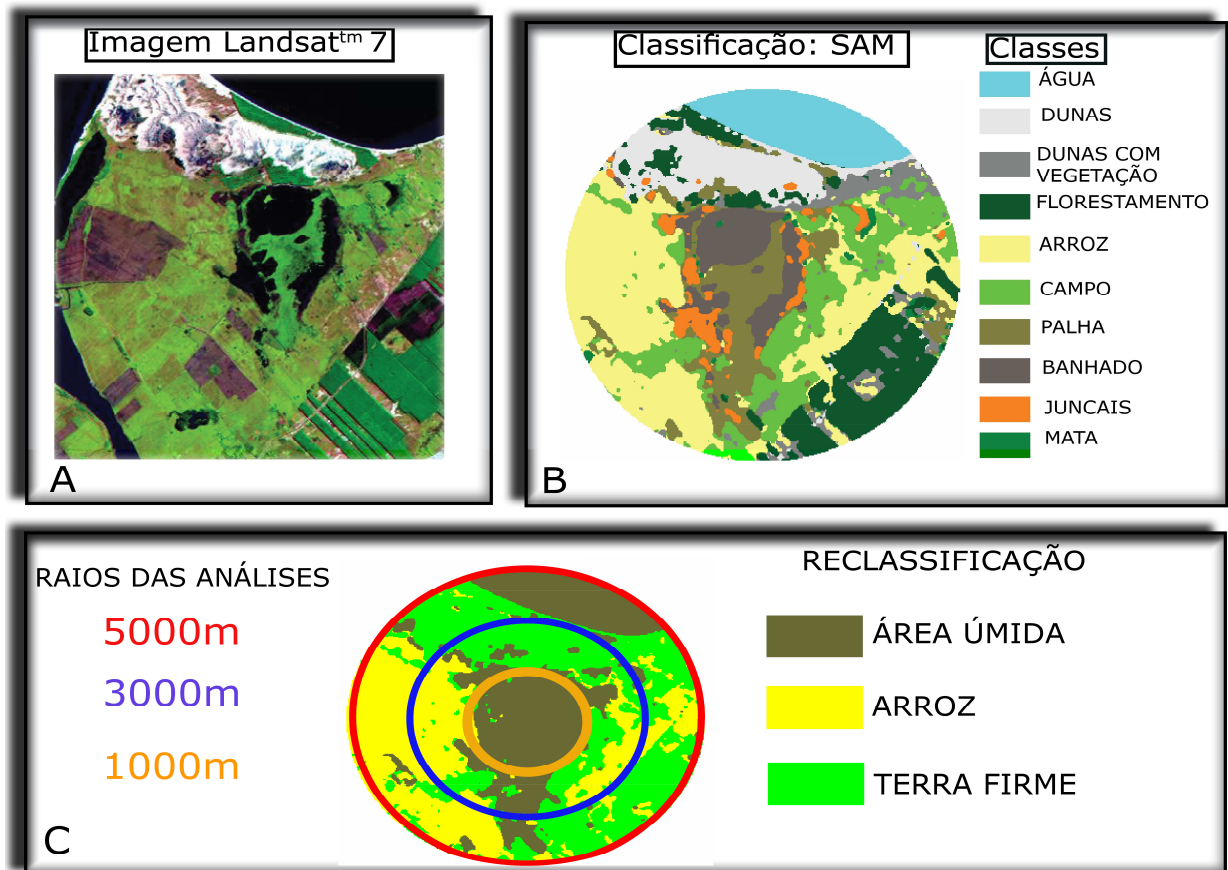


Figura 2: Etapas da classificação da análise de paisagem; A – Imagem Landsattm7, B – Resultado da classificação Spectral Angle Mapper realizado do Software ENVI 4.4, C- Reclassificação das áreas e os respectivos raios de análises.

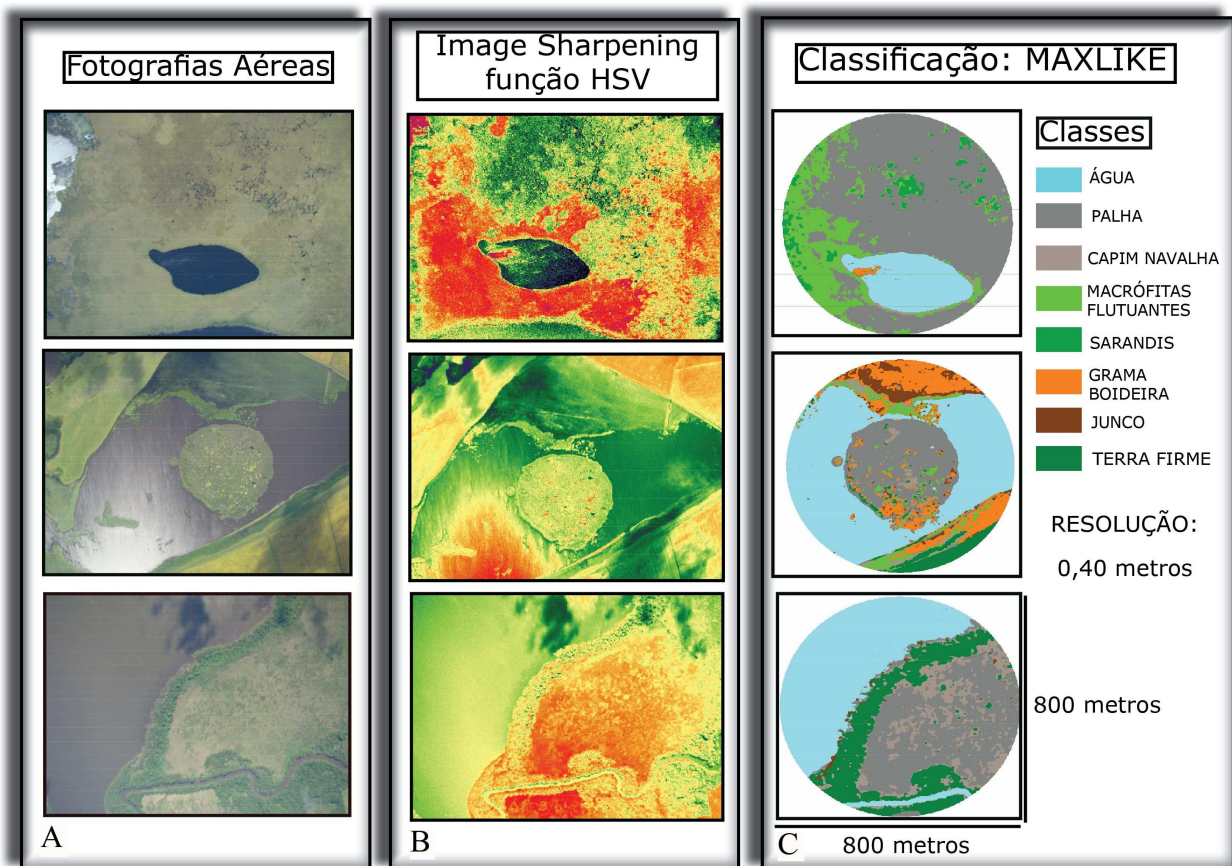


Figura 3: Tratamento das fotografias aéreas e classificação: A - Fotografias Aéreas; B – Tratamento usado para a classificação; C – Classificação Máxima Semelhança e suas respectivas classes

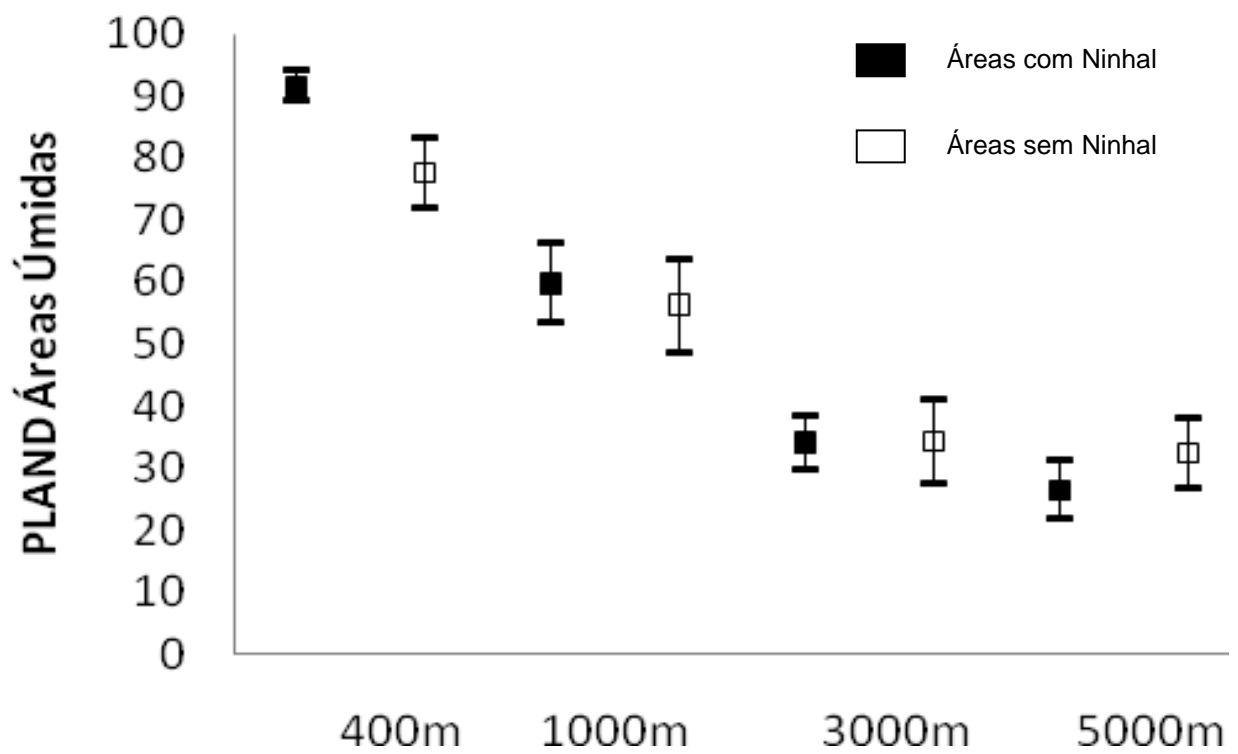


Figura 4: Porcentagem ocupada por áreas úmidas em paisagens com e sem presença de ninhal coloniais de aves aquáticas na zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, em quatro escalas de análise.

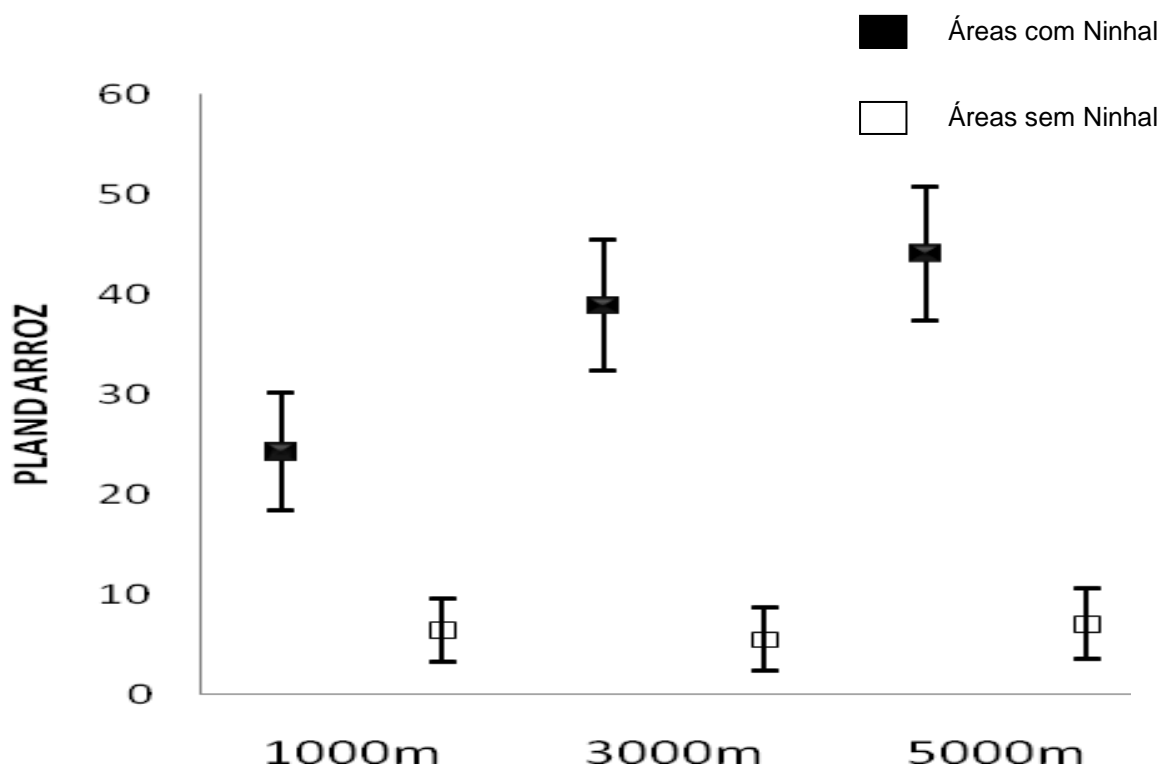


Figura 5: Porcentagem ocupada por arrozais em paisagens com e sem presença de ninhais coloniais de aves aquáticas na zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, em três escalas de análise.

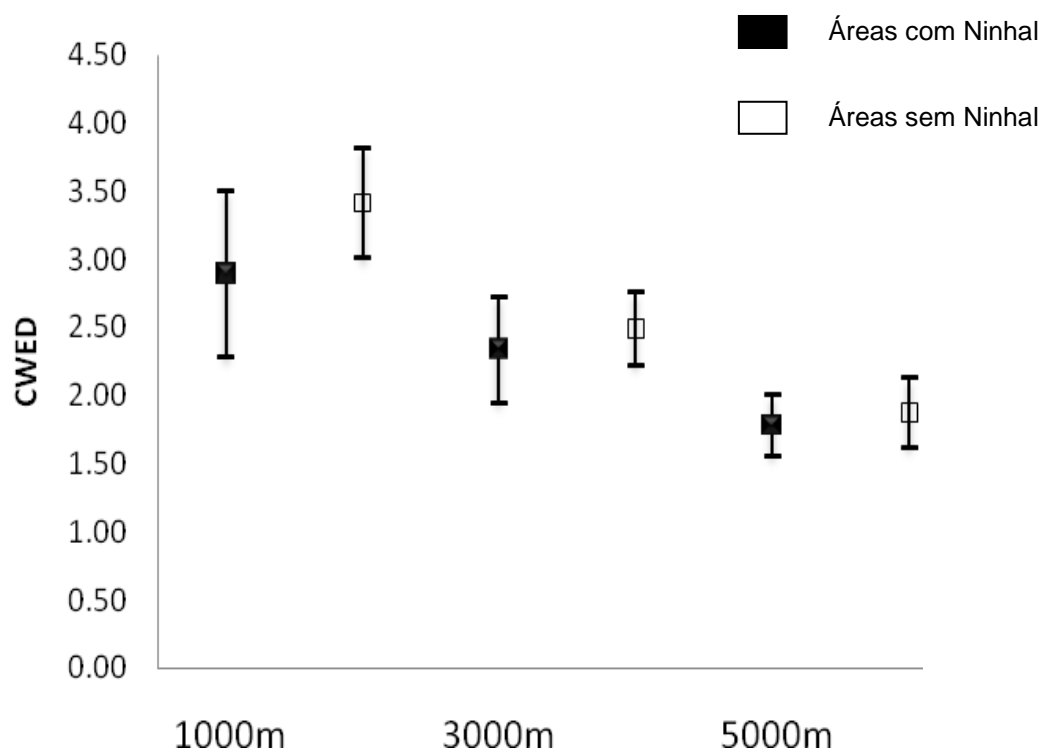


Figura 6: Contraste das bordas das áreas úmidas em relação às áreas de arrozais e terra firme, em paisagens com e sem presença de ninhais coloniais de aves aquáticas na zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, em três escalas de análise.

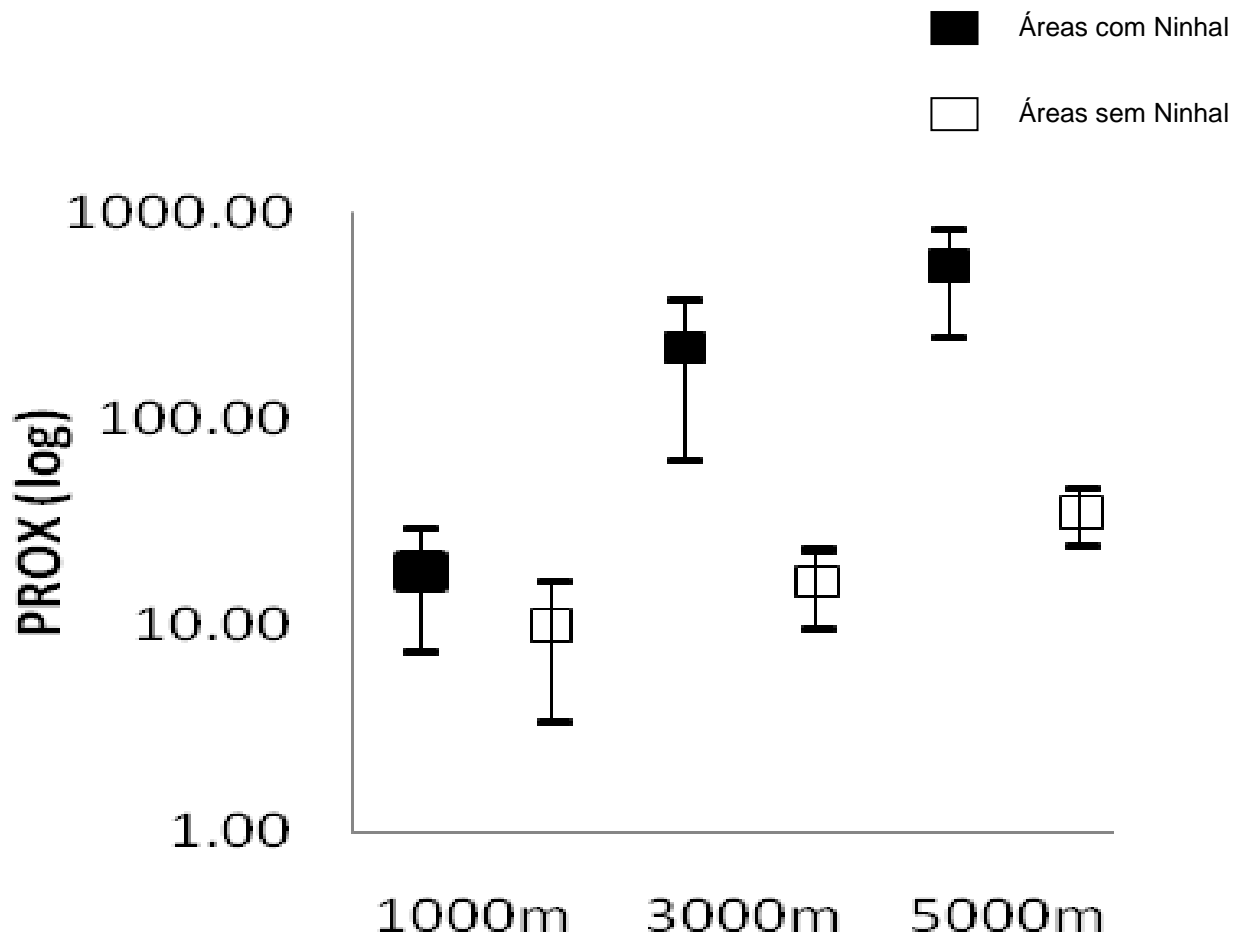


Figura 7: Índice de proximidade das manchas de áreas úmidas em paisagens com e sem presença de ninhais coloniais de aves aquáticas na zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, em três escalas de análise.

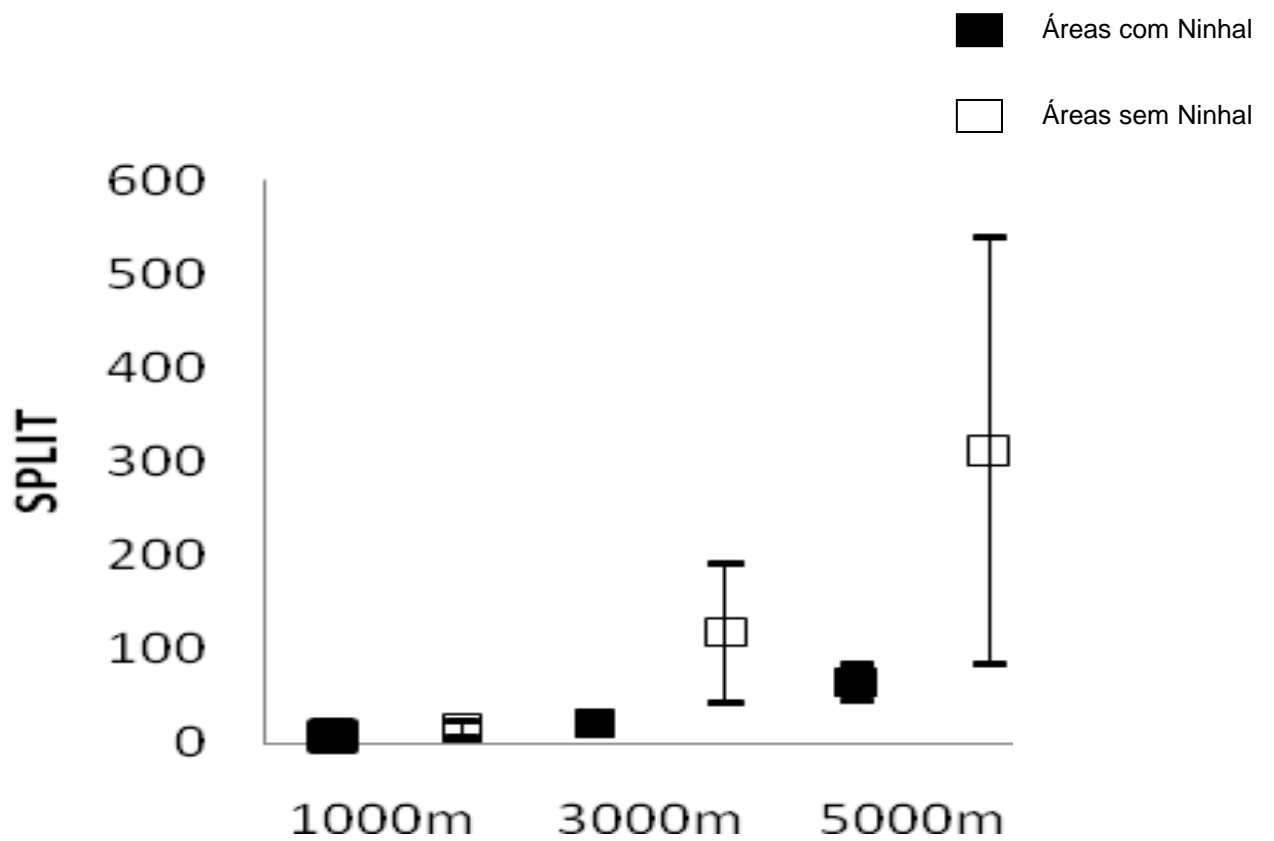


Figura 8: Índice de fragmentação das manchas de áreas úmidas em paisagens com e sem presença de ninhais coloniais de aves aquáticas na zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, em três escalas de análise.

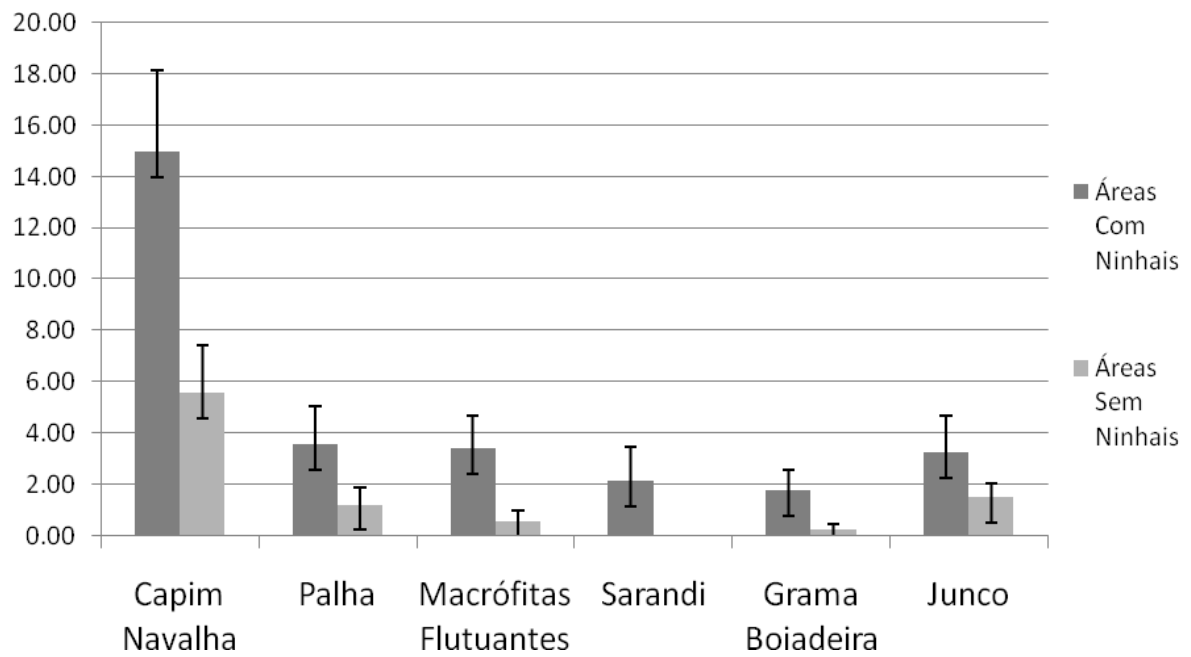


Figura 9: Cobertura vegetal em áreas úmidas com e sem presença de ninhais coloniais de aves aquáticas na zona costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil.