

RELAÇÕES ENTRE AS ESTRUTURAS DE FUNDO E OS PADRÕES DA COBERTURA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO BANHADO DO TAIM - RS

GUASSELLI, L.A.¹

1 – UFRGS/CEPSRM e UNISC, laurindo.guaselli@ufrgs.br

MARQUES, D.M.M.²

2 – UFRGS/IPH

RESUMO

Este estudo dá ênfase à variação da estrutura de fundo do Banhado do Taim – RS, e dos diferentes extratos que o compõem, para caracterizar os padrões espaciais das macrófitas aquáticas. Avalia se a estrutura de fundo desempenha um papel mais importante do que lhe vem sendo atribuído. Utiliza imagens de satélite para espacialização dos estratos das macrófitas, pois sua ocorrência, características e distribuição espacial têm papel fundamental sobre seu comportamento hidrodinâmico. A metodologia adota duas escalas espaciais de análise: 1) janela central, denominada janela do DNOS (2.700ha); 2) área total do Banhado do Taim (17.882ha). Materiais utilizados: A) dados edafológicos, transectos A, B e C; B) carta Geomorfológica do Taim; C) série histórica de nível médio da água no banhado; D) série histórica de médias de precipitação; E) série temporal de imagens orbitais Landsat MSS, Landsat TM5 e 7 e Cbers CCD, entre 1973- 2005. A distribuição da vegetação está associada às características edáficas e hidrológicas e desempenha papel fundamental em vários processos de banhado. A topografia influi na hidrodinâmica do Taim indiretamente, na medida em que a ocorrência de macrófitas emergentes depende das profundidades de água de cada área. Os objetivos são: 1) Analisar as relações entre variação da estrutura de fundo e ocorrência de superfícies de água aparente, classes de macrófitas aquáticas e classes de NDVI, buscando compreender a dinâmica das macrófitas aquáticas, na janela do DNOS; 2) Espacializar essas relações, observadas na janela do DNOS, para toda a superfície do Banhado do Taim-RS. Os resultados mostraram a importância da avaliação da estrutura de fundo, além do hidroperíodo, para entender a dinâmica da paisagem do Banhado do Taim. Há uma série de formas associadas, locais de acumulação e padrões de distribuição das macrófitas aquáticas, relacionadas à oscilação do nível da água e as estruturas da estrutura de fundo do banhado. Observou-se principalmente uma recorrência da estrutura dos padrões de distribuição das macrófitas. Esta recorrência de padrões de distribuição das macrófitas se manifesta mesmo depois de prolongados períodos secos ou de pulsos de inundação. O tempo de permanência dos pulsos de inundação ou dos períodos de seca, mesmo sendo prolongado, o que poderia trazer grandes modificações ao padrão espacial desta distribuição das macrófitas, também não altera os padrões de distribuição.

Palavras-chave: Estrutura de fundo, Banhado do Taim, Macrófitas aquáticas, Sensoriamento Remoto

INTRODUÇÃO

Este estudo dá ênfase à variação da estrutura de fundo do Banhado do Taim - RS, e dos diferentes extratos que o compõem, para caracterizar os padrões espaciais das macrófitas aquáticas. Avalia se a estrutura de fundo desempenha um papel mais importante do que lhe vem sendo atribuído. Utiliza imagens de satélite para espacialização dos estratos das macrófitas, pois sua ocorrência, características e distribuição espacial têm papel fundamental sobre seu comportamento hidrodinâmico. A distribuição da vegetação está associada às características edáficas e hidrológicas e desempenha papel fundamental em vários processos de banhado (Nickerson *et al.*, 1989). Em terras úmidas o solo impermeável esta à escassa distância da superfície, ou dezenas de metros de profundidade, segundo sua posição podem dar-se diferentes fases: a) acumulação (ou saturação); b) inundação. Segundo Tsujimoto (1999) é importante no

gerenciamento dos processos fluviais relacionados com a vegetação: o escoamento é afetado pela estrutura de fundo, e pela vegetação, além de governar o transporte de sedimentos, que causa a deformação de fundo; este por sua vez, controla o crescimento da vegetação e, em eventos extremos de cheias, sofre mudanças bruscas que ocasionam o colapso das estruturas. A topografia influi na hidrodinâmica do Taim indiretamente, na medida em que a ocorrência de macrófitas emergentes depende das profundidades de água de cada área (Paz *et al.*, 2003 e Paz, 2003), relação também observada em Tsuyuzaki (2004). Do ponto de vista ecológico, padrão espacial é um arranjo de pontos (plantas ou organismos) ou manchas no espaço no qual exibem certa quantidade de predição (Dale, 1999), na forma de periodicidade de classes ou espécies. A identificação dos padrões em primeira abordagem serve, não para a inferência dos processos, mas para a geração de hipóteses. Certo é que, não cabe separar este fator do propriamente fisiográfico, responsável pela permanência de água superficial, mais em função da topografia local, do que do regime de chuvas em si, que somente é um auxiliar para o encharcamento, embora importante quantitativamente, com um total de 1.100mm anuais. Os objetivos são: 1) Analisar as relações entre variação da estrutura de fundo e ocorrência de superfícies de água aparente, classes de macrófitas aquáticas e classes de NDVI, buscando compreender a dinâmica das macrófitas aquáticas, na janela do DNOS; 2) Espacializar essas relações, observadas na janela do DNOS, para toda a superfície do Banhado do Taim-RS.

ÁREA DE ESTUDO

O Banhado do Taim situa-se no sul do litoral do RS, entre a lagoa Mirim e o oceano Atlântico, nas coordenadas geográficas S32°31'-S32°47' e O52°40'-O52°29', na feição geológica/ geomorfológica Planície Costeira, resultante de sucessivas variações glacioeustáticas do nível oceânico. Estudos citados em Gomes *et al.* (1987) evidenciaram através de perfuração e geofísica a espessura dos depósitos em torno de 200m. A formação do Quaternário mais antiga é a Formação Chuí (platô do Taim) definida por Delaney (1965) como depósitos arenosos de mar pouco profundo, funcionando como ilha barreira, para sucessivas linhas de praia. Em todo conjunto, restos dos níveis lacustres, mais elevados que o atual são freqüentes (Gomes *et al.*, 1987). Essa autora considera três unidades geomorfológicas: 1) a planície marinho-eólica; 2) os banhados; 3) o litoral da lagoa Mirim. Tratando-se de solos permanentemente inundados, só nas zonas marginais, sobretudo no norte, e algumas áreas da porção central, a água não cobre de modo habitual a superfície. Precipitações abundantes e distribuição regular contribuem para que estas áreas, secas estacionalmente, não difiram do conjunto das zonas inundáveis. A vegetação

mostra estas diferenças, não de modo como ocorreria no caso de prolongadas secas, nas quais o lençol freático desce muito. Segundo DNOS (1968) o banhado apresenta uma estrutura com três níveis: 1) fundo arenoso; 2) camada de argila; 3) camada de restos orgânicos. O fundo arenoso tem profundidades entre 2,0 e 3,50m é de caráter marinho recente, formado por praias. A camada de argila tem origem sedimentar mais recente procedente das águas turvas da lagoa Mirim, que em épocas de crescente extraordinárias penetram no banhado, abrindo caminho através da lagoa Mangueira até romper o cordão de dunas que isola esta do oceano Atlântico. Segundo Gomes *et al.* (1987) os depósitos de argila iniciaram quando a desembocadura da Mirim estava aberta para o Atlântico, não existindo ainda a Barreira IV, fechando essa comunicação com o oceano. O nível mais recente e superficial são depósitos de restos orgânicos vegetais em parte decompostos e depositados no banhado. A topografia geral da superfície ela é muito plana.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adota duas escalas espaciais de análise: 1) janela central, denominada janela do DNOS (2.700ha); 2) área total do Banhado do Taim (superfície de 17.882ha), Figura 1. Materiais utilizados: A) dados edafológicos DNOS (1968), transectos A, B e C; B) carta Geomorfológica do Taim de Gomes *et al.* (1987); C) série histórica de nível médio da água no banhado, régua do Veado; D) série histórica de médias de precipitação, Estação Meteorológica de Santa Vitória do Palmar-RS; E) série temporal de imagens orbitais Landsat MSS, Landsat TM5 e 7 e Cbers CCD, entre 1973- 2005. Com base nos dados edafológicos transectos A, B e C foram gerados perfis da estrutura de fundo para areia, argila e matéria orgânica, janela do DNOS. Da série temporal de imagens orbitais, foram elaboradas: 1) superfície de água aparente; 2) classes de macrófitas aquáticas, classificação digital não supervisionada Isodata da banda do infravermelho próximo ou médio; 3) classes de NDVI, fatiamento das imagens de NDVI; 4) áreas mais suscetíveis de ocorrência de água aparente, soma algébrica das 21 imagens de água aparente. Pré-processamentos nas imagens: 1) georeferenciamento, coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum Horizontal Córrego Alegre, meridiano central 51W; 2) correção atmosférica, método “dark pixel” do Idrisi 32; 3) mosaico de imagens Cbers CCD; e 4) geração de polígonos limite, utilizados como máscara para a janela do DNOS e área total do banhado.

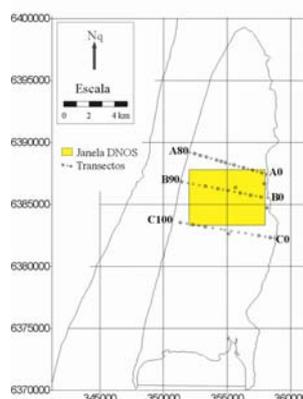


Figura 1 – Localização das duas escalas de análise: Banhado do Taim e janela do DNOS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relações entre estrutura de fundo e padrões das macrófitas aquáticas, janela do DNOS

A análise das relações entre estrutura de fundo e ocorrência de água aparente, mostra comportamentos distintos nos perfis A, B e C (Figura 2). No perfil A, o fundo de areia evidencia dois paleocanais de circulação da água A70 e A10, sendo que A10 encontrava-se abaixo do atual nível zero do mar. Em A55 e A40 há dois canais mais rasos associados aos meandros de circulação das águas. O intervalo entre a profundidade da camada de areia e o topo da camada de argila, define a espessura dos depósitos de argila, se destacam A70 e A10 com maior espessura, em A60 e A30 praticamente não existe, e em A70, A45 e A25 ocorrem três picos mais elevados.

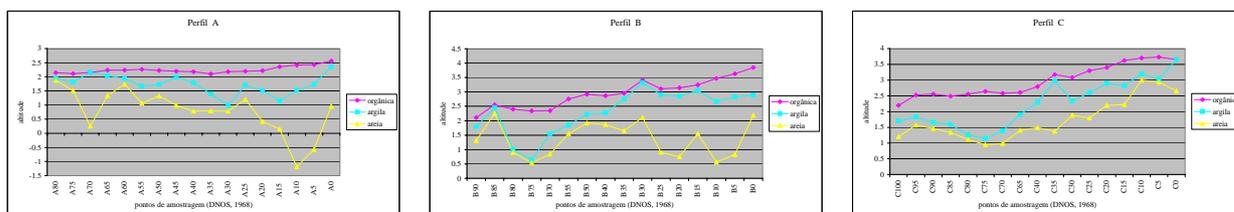


Figura 2 – Perfil A, B e C, areia, argila e matéria orgânica Banhado do Taim - RS (DNOS, 1968).

A curva de matéria orgânica (MO), apresenta-se horizontalizada. O perfil B evidencia três paleocanais de circulação B75, B20 e B10. Os depósitos de argila quase inexistem no oeste, e no leste a espessura têm até dois metros, destaca-se B30 e B15. Ocorrem grandes depósitos de MO no oeste, não existindo na área central A30. O perfil C tem direção geral de mergulho das camadas de leste para oeste. A curva dos depósitos de areia evidencia um paleocanal C75, e está mais elevada do lado leste associadas às antigas migrações dos depósitos de dunas. Os depósitos de argila apenas contornam a camada inferior. Os depósitos de MO quase não existem em C35, mas a oeste encontram-se bastante espessas. Na análise da variação da água aparente, destacam-

se: maior superfície ocupada pela água, 04/12/84, 14/08/84, 17/10/03 e 29/04/79, respectivamente 79%, 72%, 45% e 44% dos 2700 ha do total desta janela. Já 30/07/96, 03/03/97 e 06/03/05, destacam-se pela ausência total de água aparente. Para entender a distribuição dessas áreas em relação às estruturas de fundo foi elaborada a Figura 3, produto da soma das 21 imagens. Para 126,18 ha, (4,67%), nunca ocorreu água aparente, ou seja, a resposta espectral sempre foi da cobertura de macrófitas. Em função dos pulsos de inundação, em 277,56 ha (10,28%) apenas uma vez (17/10/03), e em 498,51 ha (18,46%), até 3 ocorrências (14/08/84 e 04/12/84). Na maior parte da janela, 1680,93 ha (62,25%) em seis imagens, e entre 6 e 21 ocorrência apenas 116,82 ha (4,32%) dos 2700 ha. Foram elaborados os seguintes cruzamentos entre água aparente e tipos de fundo: 1) espessura de argila: principal ocorrência de água é nas menores espessuras de argila, classe 2 (54,35%), e menor na maior espessura de argila, que pode estar relacionada aos picos de argila que funcionam com divisor de escoamento no banhado. Relação mais evidente, quando são eliminadas imagens de cheias extremas (4,40, 4,39 e 4,40m, de 14/08/84, 04/12/84 e 17/10/03 respectivamente) com 73,66% (1989,0 ha) da água na classe 2; 2) espessura de matéria orgânica: principal ocorrência de água é na classe 3. As classes 3 e 4 são as maiores espessuras (69,5%), na margem oeste do banhado, relacionados ao canal de circulação da água entre as lagoas Mangueira e Mirim. Os 30,5% restantes, representam as menores espessuras, relacionados aos picos de argila, com menor ocorrência de lâmina de água. Eliminando as cheias extremas, as classes 3 e 4 relativas às maiores espessuras da camada, representam 67,96% da ocorrência de água; 3) profundidades de argila: distribuição homogênea de água nas 5 classes. Os resultados parecem mostrar uma incoerência em relação ao dito até agora, mas ao analisar as ocorrências de água aparente (Figura 4), entretanto, esta homogeneidade só acontece devido as cheias extremas. Em relação ao nível médio da água de 3,01m (média da régua Veado montante entre 1960-2001 é 3,15m), 40,33% (1089,0 ha) da água estão sobre as maiores profundidades de argila, e somente 22% ocorrem nas menores profundidades (classes 4 e 5); 4) matéria orgânica: a principal ocorrência de água é na classe 3 (42,47%), profundidades médias da camada (1,80 e 2,59 m). Novamente a homogeneidade só acontece nas cheias extremas. Já em relação ao nível médio da água 42,85% (1157,0 ha) estava sobre as maiores profundidades. Como dito antes está relacionada à maior facilidade de circulação da água entre Mangueira e a Mirim. Aonde a argila se encontra mais espessa e próxima da superfície, menor a ocorrência de água aparente. O entendimento destas relações é importante já que os padrões do nível da água e da topografia de fundo interferem na ocorrência e distribuição da vegetação ou sua ausência (Shaw *et al.*, 1999; David, 1996). A análise das relações entre estrutura de fundo e padrões de macrófitas, tomou

como base profundidade e espessura dos depósitos com os padrões de macrófitas e classes de NDVI, com base nas imagens de 04/12/84, 09/05/95 e 28/01/02, Figuras 4-(a), (c) e (d), utilizadas como padrão, janela do DNOS. O critério para a escolha, foi três níveis de água (4,39; 2,04; e 3,14 m). A Figura 4 apresenta: (a) imagem Landsat TM de 04/12/84; (b) classes de macrófitas aquáticas, janela do DNOS. Na Figura 4-(a), na área norte, as macrófitas têm sua resposta espectral mascarada pela água. Ocorre nesses períodos, uma reorganização temporária das macrófitas no banhado, faz com que apareça no sudoeste da janela uma grande mancha de *Z.bonariensis*, que não aparece nas imagens seguintes. A imagem 4-(b) mostra esta predominância 65,5% da superfície total foi classificada como água aparente, destacam-se duas áreas, uma em formato de “meia-lua”, correspondente à união dos picos de argila (B30 e C35), os altos topográficos. E a segunda, onde a vegetação também se mantém permanentemente acima da água, referente à A70, que se caracteriza por uma espessa camada de argila. A Figura 4-(c), de 09/05/95 nível baixo da água, têm maior contraste na imagem, entre padrões das macrófitas e estruturas de fundo. Este período corresponde à estação de crescimento vegetativo e, portanto, aumento de biomassa das macrófitas. As áreas entre tons de laranja claro e vermelho, correspondem às áreas em que as macrófitas cobrem com maior eficiência a lâmina de água, correspondem às classes 1, 2 e 3 da *Z.bonariensis*, Figura 4-(d). Apesar de maio corresponder a um dos períodos de máximo crescimento vegetativo das macrófitas no banhado, baixo nível da água, faz com que regiões mais dependentes da circulação da água, por exemplo, as áreas mais escuras nesta figura, tenham uma maior influência da MO em decomposição na resposta espectral. Este contraste fica mais acentuado, pois algumas plantas não cobrem de forma eficiente a superfície de fundo como o *S.californicus*. A Figura 4-(e) do nível médio da água. As diferenças entre os padrões de resposta espectral, ainda são acentuadas. No verão, ocorre um predomínio de vegetação senescente. As áreas em tons de laranja, são predominantemente de *Z.bonariensis*, com resposta espectral mascaradas pela senescência sazonal. No cruzamento das espessuras de argila e as três imagens de classes de macrófitas. A classe *Z.bonariensis* 3, predomina na janela do DNOS, com em média 33,56%, sendo que 52,86% ocorrem na classe 3 de argila com maiores espessuras; a água aparente ocupa grande superfície da janela (24,45%), entretanto, este percentual corresponde somente a 04/12/84, nível da água estava alto; o restante da área se distribui entre as demais classes.

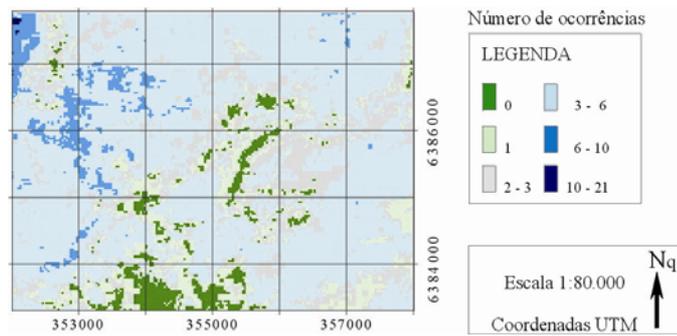


Figura 3 – Áreas mais suscetíveis à cobertura de água aparente, janela do DNOS

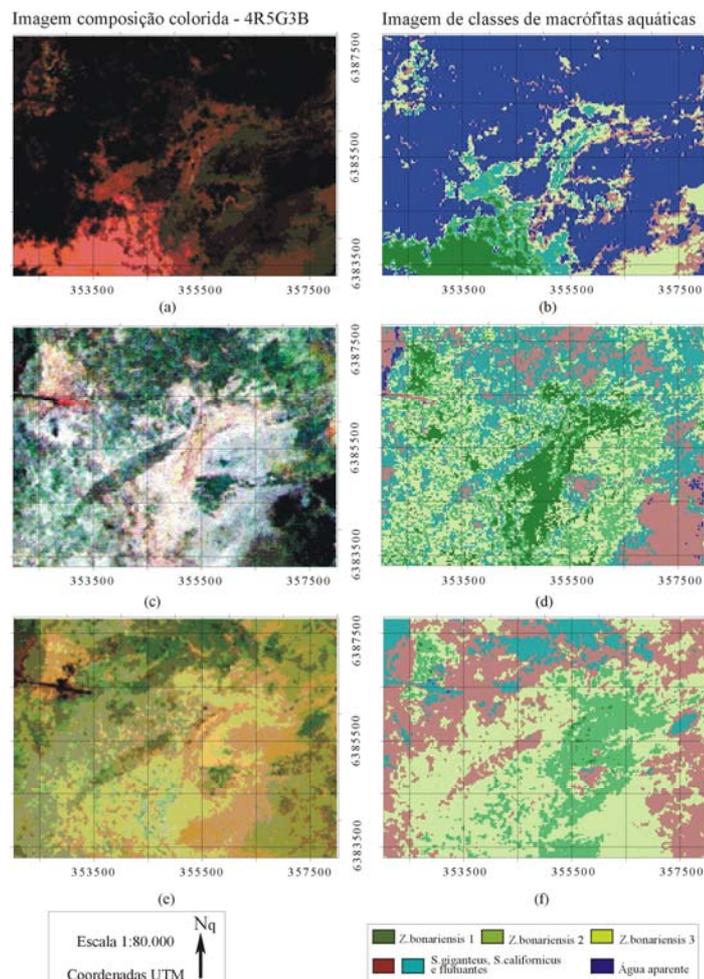


Figura 4 – Imagens Landsat TM (a) 04/12/84, (c) 09/05/95, (d) 28/01/02), composição colorida 4R5G3B; classes de macrófitas aquáticas (b, d, f), janela do DNOS, Banhado do Taim – RS.

Na Figura 5 de 09/05/95, de NDVI e classes de NDVI, destacam-se duas áreas em tons de verde escuro, associadas a maiores valores de NDVI, de *Z. bonariensis*. Para concluir, observamos que: As áreas em tons de marrom correspondem aos menores valores de NDVI, e associadas às áreas de água aparente, maior profundidade e espessura de MO. Baixo NDVI

também esta associado à senescência de algumas espécies, dependendo da época do ano; já as áreas em tons de verde escuro, são os maiores níveis de NDVI, correspondem as menores profundidades e maior espessura de argila; A ocorrência de determinadas espécies de macrófitas e os diferentes ambientes criados pelas estruturas, induzem que em áreas com determinadas características as macrófitas tenham desenvolvimento desigual. Diferente dos sistemas aquáticos e terrestres, as áreas úmidas constituem macro-sistemas de alta variabilidade espaço-tempo, mas não implica serem sistemas de baixa estabilidade. Sistemas pulsáteis, como as áreas úmidas, se comportam como em permanente desequilíbrio, a variabilidade temporal é uma complexa função dependente das entradas e saídas de energia e materiais em distintos sítios da bacia, e das oportunidades combinatórias das populações na mesma para ajustar sua distribuição e abundância. Então o desequilíbrio só pode ser percebido como a flutuação do sistema em uma série histórica de tempo (Neiff, 1999). A importância da variável tempo para o entendimento da dinâmica de áreas como o banhado, foi enfatizada na análise da hidrodinâmica e do hidroperíodo do Sistema Hidrológico do Taim (Villanueva, 1997; Villanueva e Tucci, 2001, Paz *et al.*, 2003), e da variação do regime hídrico do Taim (Tucci, 1996). A análise em terras úmidas é complexa tendo em vista que o movimento horizontal da água e os fluxos de energia e de materiais, não ocorrem na forma de ciclos e sim em pulsos com fases de inundação e seca. Esta variabilidade, quando analisada em séries históricas é evidenciada com certo grau de ordem em sua ocorrência e características, gerando tendências temporais e espaciais da distribuição da vegetação.

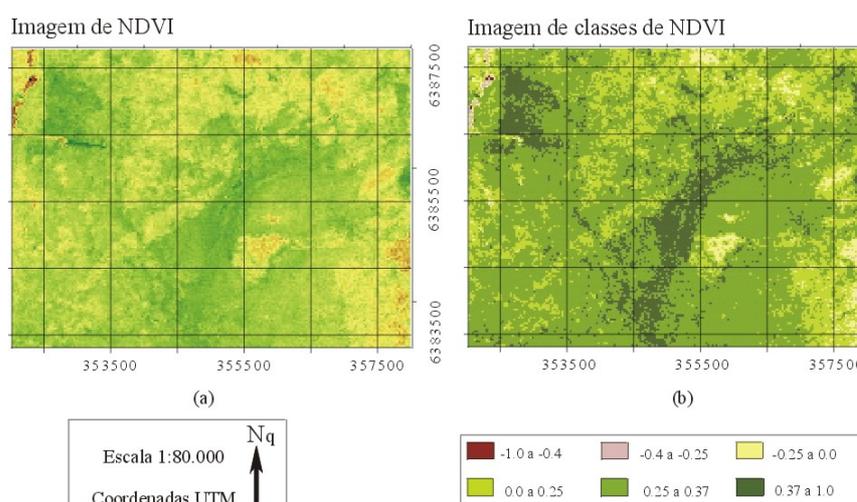


Figura 5 – Imagem de NDVI (a); classes de NDVI (b), janela do DNOS, Banhado do Taim - RS.

Relações entre estrutura de fundo e padrões de macrófitas aquáticas, Banhado do Taim, RS

Para espacializar o observado na janela do DNOS, para o total do Banhado do Taim, foi utilizado o esquema da Figura 6, um perfil da zonação das plantas hidrófilas, onde nas áreas de água livre a profundidade é maior se encontram as comunidades de plantas aquáticas, logo as áreas com solo flutuante, e próximo das áreas de terra firme, uma zona de transição, onde predominam as plantas palustres. As plantas de solos flutuantes são basicamente plantas palustres. Esses ambientes estão inundados permanentemente ou temporalmente, com adaptações tanto para resistir às inundações como para suportar secas. Áreas de transição e canais estão permanentemente inundados com pequena superfície de água livre, de circulação muito lenta. A complexidade das terras úmidas se relaciona com o número de compartimentos resultantes dos pulsos ao longo de uma série de tempo. A complexidade interna de cada mosaico depende da amplitude que tenha em sua capacidade de carga (Neiff, 1999). A análise permitiu algumas conclusões: Existem elementos importantes na estrutura de fundo que influenciam nos padrões das macrófitas. Nos perfis destacamos pontos em que a argila encontra-se mais espessa e próxima da superfície, e MO é delgada, provavelmente, pelo menor desenvolvimento de macrófitas e consequente menor deposição e acúmulo no fundo.

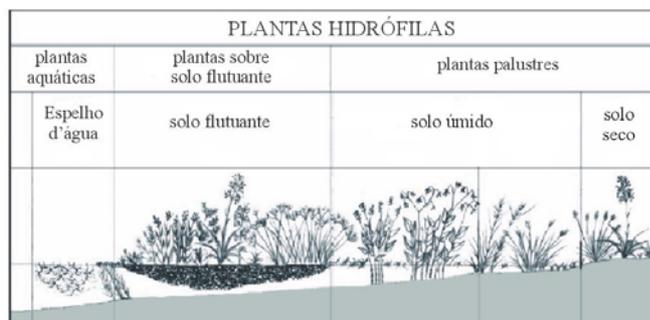


Figura 6 - Perfil esquemático da zonação das plantas hidrófilas (modificado de Arbo *et al.*, 2001).

A estrutura que forma a união dos picos de argila, mais altos e salientes, funcionaria como um divisor do escoamento das águas no banhado, sentido norte-sul, dividindo a área em dois compartimentos com comportamentos distintos, com uma estrutura de forma sinuosa, formando picos mais salientes (A45 e A25, B30 e B15, C35 e C10), Figura 7. A heterogeneidade ambiental influencia a dinâmica e estrutura de comunidades ecológicas (Vivian-Smith, 1997), a heterogeneidade topográfica cria mosaico do substrato, variam estrutura, hidrologia e a química (Bledsoe e Shear, 2000). Em terras úmidas, feições de heterogeneidade topográfica, em macroescala, como as marés associadas a riachos e padrões correspondentes como bancos de canais e variações de níveis, saliências e rugosidades (Morzaria-Luna *et al.*, 2004), afetam o

padrão da vegetação pelos contrastes ambientais no desenvolvimento das plantas (Mendelssohn *et al.* 1981). Em micro escala pequenas elevações (áreas mais secas) ou pequenas depressões poços e canais de águas rasos (Morzaria-Luna, 2004). Essa variação é correlacionada com a distribuição e vigor dos indivíduos e comunidades de plantas em terras úmidas (Schelesinger, 1978). Estudos sobre vegetação em terras úmidas (Mahall e Roderic, 1976; Snow e Vince, 1984; Armstrong *et al.*, 1985; Zedler *et al.*, 1999, Sanderson *et al.*, 2000; Morzaria-Luna, 2004) relacionam distribuição de espécies com gradientes físicos associados às máres e pequenas oscilações na topografia de fundo. Segundo DNOS (1968) “a topografia do banhado está sulcada por uma série de lombadas e depressões que, embora muito suaves e de orientação norte-sul, tendem a conduzir a água da Mirim para a Mangueira nas cheias. Esses picos de argila correspondem às áreas de pontos considerados mais secos no interior do banhado. O excesso de argila (entre 70 e 80%) é, um inconveniente quando se trata de drenar estes solos, tal camada será praticamente impermeável e toda espessura abaixo dela resulta completamente inutilizável”.

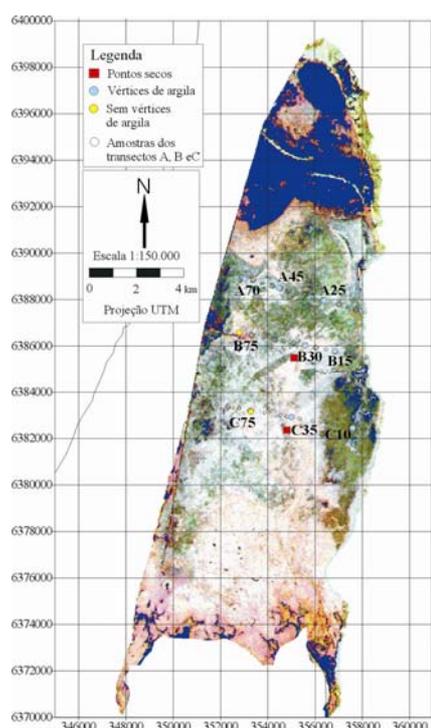
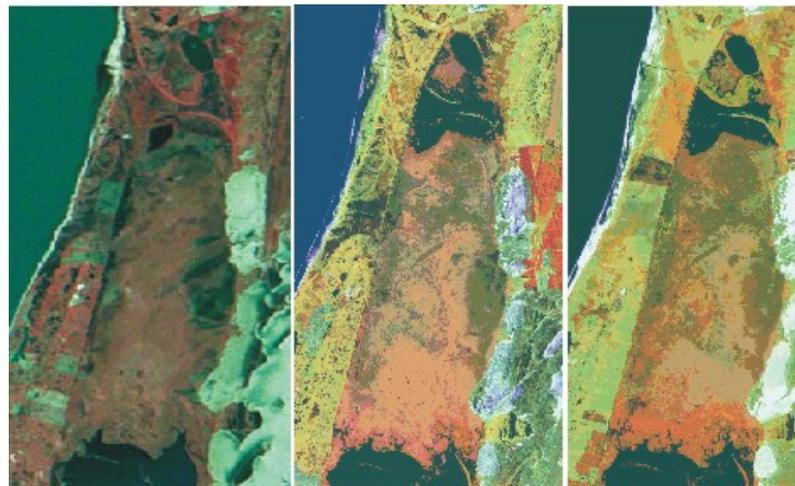


Figura 7 – Transectos A, B e C do DNOS, Banhado do Taim - RS, destaque para pontos mais secos e vértices de argila, imagem Landsat TM em composição colorida 4R5G3B, de 09/05/95.

O leste do banhado tem menor profundidade com maior espessura de argila, e o oeste é mais profundo, a camada de argila é mais estreita, e se caracteriza pelo atual padrão de circulação das águas, onde foi aberto um canal artificial, que permite a navegação desde as comportas de escoamento do banhado para a Mirim, ao lado da sede da Estação Ecológica do Taim, até a

Mangueira. Ambientes habitados por plantas palustres, inundados permanentemente ou sazonalmente, apresentam adaptações para resistir às inundações como para secas. As áreas de transição e os canais estão permanentemente inundados e apresentam pequena superfície de água livre, onde a circulação é muito lenta. Segundo Neiff (1997) terras úmidas estão caracterizadas pela dominância de formas atuais e antigas: paleocanais e meandros. O escoamento pode ser mais ou menos organizado (ainda que muito lento), as correntes de água se dividem em vias anastomosadas que tendem a se reagrupar águas abaixo. Nas áreas úmidas há maior capacidade dinamogênica da paisagem, é possível apreciar diferenças espaciais em relação à posição da área de inundação e o escoamento. A Figura 8 mostra três períodos mais secos, nível da água mais baixo: 25/11/75 do Landsat MSS, 09/05/95 e 04/03/97 Landsat TM, nível do banhado em 2,75; 2,04 e 1,86 m, respectivamente, abaixo da média (3,01 m). As imagens de seca mostram melhor a estratificação das classes de cobertura vegetal, sendo possível estabelecer sua relação com o relevo de fundo e teor de umidade. Tratando-se de solos, permanentemente inundados somente nas zonas marginais, sobretudo na porção norte, e algumas áreas da porção central, a água não cobre de modo habitual a superfície do solo. Por isso, a ocorrência de precipitações abundantes e de distribuição regular, contribui para que estas áreas, secas estacionalmente, não difiram das zonas inundáveis. A vegetação mostra estas diferenças e as indica claramente, mas, não como em prolongadas secas, nas quais o lençol freático desce muito. Nas Figuras 9-(a), (b) e (c), imagens de 29/04/79 Landsat MSS, 14/08/84 e 17/10/03 Landsat TM, quando o nível do banhado estava em 4,49; 4,40 e 4,40 m, acima da média, extensas áreas de macrófitas estão emersas. No extremo sul do banhado, contato com a lagoa Mangueira, destacado com uma seta, a cobertura de macrófitas se deslocou para o norte, em função da elevação do nível da Mangueira, na cheia e do escoamento através do banhado para a Mirim, ação reforçada pelos ventos predominantes SE/W. Esta é a direção atual de escoamento segundo Buchmann (1997) e Gomes *et al.* (1987). Provavelmente a movimentação nesta região ocorra, e seja facilitada, pois a área apresenta características semelhantes à de solos flutuantes Figura 6. Outra feição importante, que caracteriza esse deslocamento, é a ocorrência de acumulação de macrófitas no ponto central, destacadas com círculo (Figuras 9-(a) e (c)). Mesmo nas grandes cheias, este não é coberto para os três níveis de água: a) nível baixo (2,40m); b) nível médio (2,90m); c) nível alto (3,40m).



(a) 25/22/75 (b) 09/05/95 (c) 04/03/97
 Figura 8 - Nível de água baixo, imagens Landsat (a) 2,89; (b) 2,09; (c) 1,86 Banhado do Taim-RS

Esse ponto coincide com um dos picos mais altos do fundo de argila. Esses picos funcionariam como um redutor da velocidade de escoamento em direção a Mirim. Segundo DNOS (1968), a partir do transecto C e indo até o contato com a Mangueira, os depósitos de argila diminuem até sua ausência completa. As macrófitas nesta região estão basicamente sobre solos flutuantes, o que faz com que a Mangueira ao escoar para a Mirim encontrem somente no meio do banhado, uma barreira física de argila que dificultaria o escoamento, que possibilita a acumulação de macrófitas. O papel de redução da velocidade das águas da Mangueira, entretanto, é atribuído apenas à densidade da vegetação em Paz (2003). Em certos períodos, o nível das águas é maior na Mirim, imagem de 14/08/84 Figura 9-(b), assim as água da lagoa e do banhado se comunicam. Não se vê parte da “barreira arenosa” que separa a Mirim do banhado. A terceira feição é a formação de uma espécie de “cone” de macrófitas Figura 9-(b), que se evidencia sobre o restante da área inundada e totalmente submersa, nas imagens de 14/08/84, 24/09/79 e 17/10/03, destacada com uma linha pontilhada. Em algumas áreas, entretanto, somente com base nessas informações, não se consegue explicar alguns padrões que aparecem repetitivamente nas imagens de satélite. Uma destas áreas corresponde a B75 e C75, e se repetem ao longo da série temporal de imagens analisadas. Entretanto, em B75 e C75, de acordo com os perfis não ocorrem picos de argila. Ao contrário a camada de argila é profunda e com pequena espessura. Em A70, A45 e A25 a argila tem até dois metros de espessura. Entretanto, estes pontos formam picos de argila menores, se comparados com os dos transectos B e C, que estão mais próximo da superfície, e apresentam o mesmo padrão das áreas com níveis mais altos de argila, cobertura

vegetal mais densa, maior NDVI e normalmente se sobrepõem à lâmina de água, quando da elevação do nível no banhado.

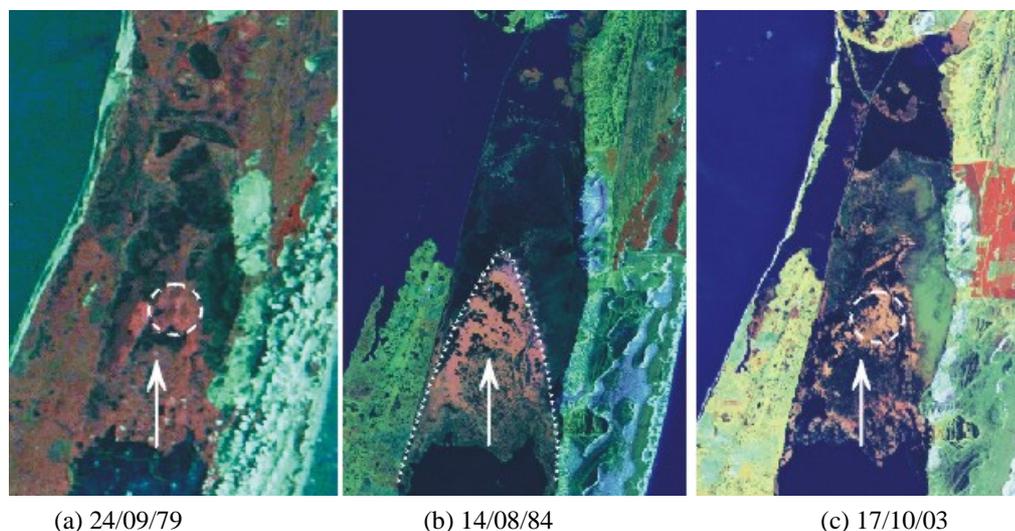


Figura 9 – Nível de água alto, Banhado do Taim - RS, (a) 4,49; (b) 4,40; (c) 4,40 de nível de água, as setas indicam setores de acumulação de macrófitas aquáticas.

A análise de 21 imagens entre 1973-2005, e seus produtos derivados, permitiu entender alguns padrões na estrutura da paisagem no Banhado do Taim. Este estudo mostra uma recorrência da estrutura dos padrões das macrófitas no banhado, que se manifesta mesmo depois de prolongadas secas ou pulsos de inundação. O tempo de permanência dos pulsos de inundação ou períodos de seca, mesmo prolongado, o que poderia trazer grandes modificações aos padrões espaciais, também não altera os padrões de distribuição. O que acontece, entretanto, depois é que as estruturas que definem a paisagem (padrão espacial das macrófitas) no banhado retornam ao padrão típico da distribuição das macrófitas anteriormente existente.

CONCLUSÕES

Este estudo mostrou através de análise temporal de imagens de satélite a importância da avaliação da estrutura de fundo, além do hidroperíodo, para entender a dinâmica da paisagem do Banhado do Taim. Há uma série de formas associadas, locais de acumulação e padrões de distribuição das macrófitas aquáticas, relacionadas à oscilação do nível da água e as estruturas da estrutura de fundo do banhado. Observou-se principalmente uma recorrência da estrutura dos padrões de distribuição das macrófitas. Esta recorrência de padrões de distribuição das macrófitas se manifesta mesmo depois de prolongados períodos secos ou de pulsos de inundação. O tempo de permanência dos pulsos de inundação ou dos períodos de seca, mesmo sendo prolongado, o

que poderia trazer grandes modificações ao padrão espacial desta distribuição das macrófitas, também não altera os padrões de distribuição.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, W.; WRIGHT, E.J.; LYTHER, S.; GAYNARD, T.J. (1985) Plant zonation and the effects of the spring-neap tidal cycle on soil aeration in a humber salt marsh. *J.Ecol.*, v.73, p.323-340
- BLEDSON, B.P.; SHEAR, T.H. (2000) Vegetation along hydrologic and edaphic gradients in a North Carolina coastal plain creek bottom and implications for restoration. *Wetlands*, v.20, p.126-147.
- DAVID, P.G. (1996) Changes in plant communities relative to hydrologic conditions in the Florida Everglades. *Wetlands*. vol.16, n^o1, p.15-23.
- DELANEY, P.J.V. (1965) Fisiologia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. Escola de Geologia, UFRGS, Porto Alegre, (publicação especial n^o 6).
- DILLON, W.R.; GOLDSTEIN, M. (1984) *Multivariate analysis – Methods and applications*. New York: John Wiley & Sons, 587p.
- DNOS (DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO) (1969). Estudo edafológico complementar da viabilidade técnica econômica de transformação em irrigação da região do Taim (RS) – Tomo II Zona Sul, 100p.
- GOMES, A.; TRICART, J.L.F.; TRAUTMANN J. (1987) Estudo ecodinâmico da Estação Ecológica do Taim e seus arredores. Porto Alegre. Ed. da Universidade, UFRGS, 84p.
- MAHALL, B.E.; RODERIC, B.P. (1976) The ecotone between *Spartina foliosa* Trin. And *Salicornia virginica* L. in salt marshes of northern São Francisco Bay. *J. Ecology*, v. 64, p.811-819.
- MENDELSSONHN, I.A.; MCKEE, K.L.; PATRICK, W.H.J. (1981) Oxygen deficiency in *spartina alterniflora* roots: metabolic adaptation to anoxia. *Science*, v.214, p.439-441.
- MORZARIA-LUNA, H.; CALLAWAY, J.C.; SULLIVAN, G.; ZEDLER, J.B. (2004) Relationship between topographic heterogeneity and vegetation patterns in a Californian salt marsh. *Journal of Vegetation Science*, Opulus Press Uppsala, 14, p.523-530.
- NEIFF, J.J. (1990) Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, 15(6), p.424-441.
- NEIFF, J.J. (1997) El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. En: *Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos* Pp. 1-49, Malvarez, A.I. y P. Kandus (eds.), 1997. ORCYT-MAB (UNESCO), Montevideo, Uruguay, 106 p.
- NEIFF, J.J.; IRONDO, M.H.; CARGNAN, R. (1994) Large tropical South American wetlands: an overview. pp.156-165. In: LINK, G.L.; NAVAN, R.J. *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. Proceedings book, Univ. of Washington.
- PAZ, A.R. (2003) Análise dos principais fatores intervenientes no comportamento hidrodinâmico do Banhado do Taim. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 134p.
- PAZ, A.R.; CAMAÑO, E.B.; VILLANUEVA, A. (2003) Hidrodinâmica do Sistema do Taim. In: *Relatório 2002/2003 - Sistema Hidrológico do Taim PELD – SITE 7*. Coord. MOTTA MARQUES, D.M.L. IPH/UFRGS, FURG e FZB. Porto Alegre, p.4-13.
- SANDERSON, E.W.; USTIN, S.L.; FOIN, T.C. (2000) The influence of tidal channels on the distribution of salt marsh plant species in Petaluma Marsh, CA, USA. *Plant Ecol.*, v.146, p.29-41.

- SCHLESINGER, W.H. (1978) On the relative dominance of shrubs in Okefenokee Swamp. *American Naturalist*, v.21, p.112-124.
- SNOW, A. A.; VINCE, S.W. (1984) Plant zonation in Alaskan salt marsh: 2 an experiment study of the role of edaphic conditions. *J. Ecology*, v.72, p.669-684.
- TSUYUZAKI, S.; HARAGUCHI, A.; KANDA, F. (2004) Effects of scale-dependent factors on herbaceous vegetation patterns in a wetland, northern Japan. *Ecological Research*, V.19, Issue3, May 2004, pp.349. <http://www.blackwell-synergy.com/servlet/useragent>
- TUCCI, C.E.M. org. (1996) Comportamento hidrológico do Taim. IPH/UFRGS. Porto Alegre. v.1 e 2.
- VILLANUEVA, A.O.N. (1997) Simulação de áreas de inundação dinâmicas: canais compostos e wetlands. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 125p.
- VILLANUEVA, A. O.; TUCCI, C.E.M. (2001) Hidrodinâmica e hidroperíodo do sistema hidrológico do Taim. Relatório 2000/2001 - Sistema Hidrológico do Taim PELD – SITE 7. Coord. MOTTA MARQUES, D.M.L. IPH/UFRGS, FURG e FZB. Porto Alegre, 174p.
- VIVIAN-SMITH, G. (1987) Microtopographic heterogeneity and floristic diversity in experimental wetland communities. *J. Ecol.*, v.85, p.71-82.
- ZEDLER, J.B.; CALLAWAY, J.C.; DESMOND, J.S.; VIVAN, S.G.; WILLIAMS G.D.; SULLIVAN, G.; BREWSTER, A.E.; BRADSHAW, B.K. (1999) Californian salt-marsh vegetation: an improved model of spatial pattern. *Ecosystems*, v.2, p.19-35.