



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PULSOS DE INUNDAÇÃO E CONECTIVIDADE EM ÁREAS
ÚMIDAS, ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO BANHADO
GRANDE-RS**

JOÃO PAULO DELAPASSE SIMIONI

ORIENTADOR: PROF. DR. LAURINDO ANTONIO GUASSELLI

PORTO ALEGRE, JANEIRO DE 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**PULSOS DE INUNDAÇÃO E CONECTIVIDADE EM ÁREAS ÚMIDAS,
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO BANHADO GRANDE-RS**

JOÃO PAULO DELAPASSE SIMIONI

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli (PósGea/ Orientador)

Prof. Dr. Ibraim Fantin da Cruz (PPGRH/UFMT)

Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann (PPGGeo/UFSM)

Prof. Dr. Rafael Cruz da Silva (IFRS/Campus Osório)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

PORTO ALEGRE, JANEIRO DE 2017

CIP - Catalogação na Publicação

Simioni, João Paulo Delapasse
Pulsos de inundação e conectividade em Áreas
Úmidas, Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande,
RS / João Paulo Delapasse Simioni. -- 2017.
143 f.

Orientador: Laurindo Antonio Guasselli.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre,
BR-RS, 2017.

1. Pulsos de Inundação. 2. Conectividade. 3.
Mosaico Móvel. 4. Áreas Úmidas. 5. Área de Proteção
Ambiental do Banhado Grande. I. Guasselli, Laurindo
Antonio, orient. II. Título.

*Para meus avós Brasil e Rita,
Meus pais Sérgio e Silvana, minha irmã Ana Clara
e minha namorada Paola.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Geografia, pelo ensino de qualidade, auxílio nos trabalhos de campo e, principalmente, pela estrutura disponibilizada, sem a qual não seria possível a realização desta dissertação.

Ao meu orientador e amigo Laurindo Antonio Guasselli, pela recepção na UFRGS, por acreditar na minha proposta de trabalho e também, pelos ensinamentos e dedicação nas orientações. Seu profissionalismo é um exemplo a ser seguido.

Aos Professores Fernando Becker e Roberto Verdum, pelas valorosas contribuições em minha defesa de projeto de qualificação.

Aos Professores Cássio, Ibrain e Rafael, pelo aceite em fazer parte da banca examinadora desta dissertação.

Às técnicas ambientais da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (Cecília, Denise e Letícia) por todo o apoio prestado, e pela importante companhia nas discussões do conselho de bacia.

À Planageo, especialmente aos diretores Adriano, Guilherme e Ramiro, pela oportunidade de trabalhar nesta grandiosa empresa.

Aos queridos amigos do LAGAM, Cecília, Viviane, Tássia, Renata, Daniela Bittencourt, Daniela Rocha, Letícia, João Paulo, Darwin, Luis, Camilo e Carlos Renato, pelo convívio, amizade e troca de conhecimentos.

Aos queridos colegas do Laboratório de Climatologia Subtropical da UFSM.

Aos meus amados afilhados, Rafaella, Ricardo e Natália.

Aos meus amigos, especialmente, Rodrigo Pontes, Bernardo, Renata e Jefferson.

À família da Paola, a qual posso chamar de minha também. Obrigado por me acolherem como um filho e vibrarem junto comigo em minhas conquistas. Vocês são pessoas especiais, cuja gratidão pelo acolhimento e carinho serão lembrados pra sempre.

Aos meus avós, por todo o carinho a mim dedicados. Pelas velas acesas em momentos importantes, pelas orações, pelas sempre sabias palavras e pelas tantas histórias de vida, as quais, levarei sempre em minha memória.

Aos meus pais, Sérgio e Silvana, pessoas que vivenciaram e apoiaram todas as etapas da minha vida. Palavras não seriam suficientes para expressar todo amor e gratidão. Pode

parecer clichê, mas é sincero, vocês são os melhores pais do mundo! De coração, muito obrigado.

À minha irmã, Ana Clara, pela amizade e carinho. Você é uma pessoa incrível.

À minha namorada, Paola Stuker, pessoa a qual tenho o mais profundo e sincero agradecimento. Você foi minha grande incentivadora, sempre ao meu lado, em tantos momentos, desde o final de 2008, meu ingresso na geografia, à aprovação no mestrado e agora à finalização deste sonho. Que Deus nos permita apreciarmos muitos pores do sol no Guaíba! A tí “muitos obrigados”!

Enfim, a todos os amigos e familiares, o meu mais sincero Muito Obrigado!

Epígrafe

*"O saber deve ser como um rio,
cujas águas doces, grossas, copiosas,
transbordem do indivíduo, e se espriem,
estancando a sede dos outros.
Sem um fim social,
o saber será a maior das futilidades."*

Gilberto Freyre

RESUMO

Os pulsos de inundação se constituem na força motriz responsável pela existência, produtividade e interações da maior parte da biota em sistemas lóticos de planícies de inundação. Na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), em períodos de grandes pulsos de inundação, se estabelece uma conectividade entre as Áreas Úmidas (AUs) formando uma extensa área inundável entre o Banhado Grande, o Banhado dos Pachecos e a planície de inundação do rio Gravataí. A conectividade refere-se às interações entre diferentes corpos d'água tais como áreas de várzea, de banhados e os sistemas aquáticos e ribeirinhos. Este trabalho teve como objetivo mapear e caracterizar os pulsos de inundação e a conectividade entre as Áreas Úmidas da APABG, a partir de dados de sensoriamento remoto. O trabalho está organizado em três artigos: 1) os efeitos da flutuação dos níveis da água sobre a dinâmica das Áreas Úmidas da APABG, através da análise das relações entre as variações das médias do nível da água no rio Gravataí, das médias de precipitação e as áreas com lâmina de água aparente a partir de imagens NDWI (Índice de Diferença Normalizada da Água); 2) a conectividade associada aos grandes pulsos de inundação nas Áreas Úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, através de dados de precipitação e imagens NDWI; e 3) a formação de um Mosaico Móvel associado aos pulsos de inundação e seca, na APABG, através de conceitos de ecologia da paisagem, dados de precipitação pluviométrica, cota de nível do rio Gravataí e imagens NDWI. Os resultados mostram: 1) a rápida resposta dos níveis de cota do rio Gravataí e da área com lâmina de água aparente, aos eventos de precipitação. As áreas mais susceptíveis a ocorrência de lâmina de água aparente, localizam-se principalmente na área compreendida pelo Banhado dos Pachecos e também nas áreas próximas à Lagoa da Anastácia onde, em grandes pulsos de inundação, se estabelece uma conectividade entre os diferentes compartimentos da APABG; 2) a conectividade entre as AUs da APABG está diretamente associada a cota altimétrica e aos grandes pulsos de inundação. Ocorrem dois tipos de conectividade: i) *conectividade rio - banhado*, quando os pulsos de inundação conectam o canal principal do rio Gravataí a apenas uma área de banhado; ii) *conectividade banhado - banhado*, quando os pulsos de inundação conectam o corredor que liga os banhados (Grande e dos Pachecos) à planície inundável do rio Gravataí. Esta conectividade é percebida, geralmente, quando a precipitação acumulada de 30 dias anteriores a obtenção da imagem de satélite é superior a 247 mm; 3) além da conectividade, os pulsos de inundação e seca criam um Mosaico Móvel totalmente regulado por estes pulsos. Em períodos de grandes precipitações, tem-se um mosaico predominantemente aquático, com a presença de peixes e uma vegetação adaptada às inundações. E na fase seca forma um mosaico predominantemente terrestre. Conclui-se que a conectividade entre as AUs da APABG está diretamente associada aos grandes pulsos de inundação. Por serem caracterizados como imprevisíveis e de curta duração, os pulsos de inundação na APABG ocorrem muitas vezes de forma inesperada. Entretanto, entre os meses de junho a novembro têm-se uma maior possibilidade de ocorrência dos pulsos. Recomenda-se a necessidade de criação de políticas públicas voltadas à preservação, delineamento e classificação das AUs, principalmente, no Rio Grande do Sul; e também a preservação da área do polígono referente à cota de 11 metros, juntamente com medidas de renaturalização dos antigos meandros do rio Gravataí. Entende-se que esta área é fundamental para a regularização das vazões do rio, o controle dos processos erosivos na APABG e para o estabelecimento do Plano de Manejo.

Palavras-chave: Pulsos de Inundação, Conectividade, Mosaico Móvel, Áreas Úmidas, Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande.

ABSTRACT

The Flood pulses are the impellent responsible for the existence, productivity, and interactions of most of the biota in lotic floodplain systems. In the Environmental Protection Area of the Banhado Grande (EPABG), in periods of large flood pulses, is established a connectivity among the Wetlands, forming an extensive flooded area between the Banhado Grande, the Banhado dos Pachecos and the floodplain of the Gravataí river. The Connectivity refers to interactions between different water bodies such as floodplain, marshes areas and aquatic and riparian systems. This work has as general aim to map and characterize the flood pulses and the connectivity among the wetlands of the EPABG, from remote sensing data. The work is organized in three articles: 1) the effects of the fluctuation of water levels on the dynamics of the wetlands of EPABG, through the analysis of the relationships between the variations of the water level mean in the Gravataí river, precipitation mean and areas with apparent water sheet by NDWI images (Normalized Water Difference Index); 2) the connectivity associated to large flood pulses in the wetlands of the Environmental Protection Area of Banhado Grande, through rainfall data and NDWI images; and 3) the formation of a Shifting Mosaic associated to the flood and dry pulses in the EPABG, through concepts of landscape ecology, rainfall data, Gravataí river level and NDWI images. The results show: 1) the rapid response of the Gravataí River and the area with apparent water sheet to rainfall events. The areas most susceptible to occurrence of apparent water sheet, are located mainly in the area comprised by the Banhado dos Pachecos and also in the areas near the Anastácia Lagoon where, in large flood pulses, a connectivity among the different compartments of the EPABG; 2) the connectivity among the wetlands of the EPABG is directly associated with the altimetric level and the large flood pulses. Two types of connectivity occur: i) stream-wetlands connectivity, when the flood pulses connect the main channel of the Gravataí river to only one marshes area; ii) wetlands-wetlands connectivity, when the flood pulses connect the corridor that connects the marshes (Grande and the Pachecos) to the floodplain of the river Gravataí. This connectivity is generally perceived when the total rainfall in the 30 days before to obtaining the satellite image is greater than 247 mm; 3) In addition to connectivity, the flood and dry pulses create a Shifting Mosaic fully regulated by these pulses. In periods of large rainfall, there is a predominantly aquatic mosaic, with the presence of fish and vegetation adapted to the floods. And in the dry phase it forms a predominantly terrestrial mosaic. It is concluded that the connectivity among the wetlands of the EPABG is directly associated to the large flood pulses. Because they are characterized as unpredictable and of brief duration, the flood pulses in the EPABG occur unexpectedly. However, between the months of June and November there is a greater possibility of occurrence of the flood pulses. It is recommended the creation of public policies aimed at the preservation, lineation and classification of wetlands, mainly in Rio Grande do Sul; and also the preservation of the area of the polygon referring to the quota of 11 meters, along with measures of renaturalization of the ancient meanders of the Gravataí river. It is understood that this area is fundamental for the regularization of discharge, the control of erosive processes in the EPABG and for the establishment of the Management Plan.

Keywords: Flood Pulses, Connectivity, Shifting Mosaic, Wetlands, Environmental Protection Area of Banhado Grande.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de corpos de água, com base em atributos estruturais e funcionais, associados com várzeas aluviais.	30
Figura 2 - Representação do sistema rio-planície de inundação.	38
Figura 3 - Localização da área da APABG	45
Figura 4 – Período pré e pós-retificação do rio Gravataí.	46
Figura 5 - Mapa Hipsométrico da APABG.	47
Figura 6 - Mapa de Solos da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande	48
Figura 7 - Mapa geomorfológico da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande.	49
Figura 8 - Sistemas Depositionais da planície costeira do Rio Grande do Sul.	50
Figura 9 – Mapa Geológico do Sistema Banhado Grande (SBG).	51
Figura 10 - Média mensal da precipitação e temperatura do ar na estação do INMET em Porto Alegre (1981-2010)	53
Figura 11 - Área inundada da lagoa da Anastácia, na planície de inundação do rio Gravataí (APABG).	54
Figura 12 - Preparação da terra para o cultivo do arroz na área da APABG.	55
Figura 13 - Mapeamento do cultivo de arroz dentro dos limites da APABG na safra 2015... ..	57
Figura 14 - Demanda hídrica da bacia do rio Gravataí.	58
Figura 15 - Localização dos postos pluviométricos e fluviométrico, utilizados no estudo. ...	78
Figura 16 - Variação temporal média do nível da água na régua Passo das Canoas, rio Gravataí.	80
Figura 17 - Espacialização da precipitação pluviométrica média mensal na APABG.	81
Figura 18 - Variação temporal e espacial da lâmina de água aparente	84
Figura 19 - Conectividade em grandes pulsos de inundação entre o rio Gravataí	86
Figura 20 - Probabilidade de ocorrência de lâmina de água aparente.	87
Figura 21 - Tipos de conectividade utilizados no estudo.	102
Figura 22 - Área inundada a partir de imagens de NDWI.	103
Figura 23 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha	105
Figura 24 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha	106
Figura 25 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha	107
Figura 26 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha	107
Figura 27 - Conectividade entre as Áreas Úmidas da APABG.	108
Figura 28 - Variação mensal da cota máxima na régua Passo das Canoas, rio Gravataí.	123

Figura 29 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí,	123
Figura 30 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí,	124
Figura 31 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí,	124
Figura 32 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí,	125
Figura 33 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí,	126
Figura 34 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí,	126
Figura 35 - Área inundada para as imagens estudadas	128
Figura 36 - Mosaico de Habitats Móvel em um trecho retificado do rio Gravataí, no município de Viamão, RS (a) fase seca, 30/04/2009; e (b) fase inundada, 11/08/2011.	129
Figura 37 - Banhado Grande em período seco.	129
Figura 38 - Banhado Grande em período de inundação.	130

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Caracterização dos pulsos de inundação	34
Tabela 1 - Área semeada e produção de arroz nos municípios que abrangem a APABG.	55
Tabela 2 - Evolução temporal do cultivo de arroz na APABG.	56
Tabela 3 - Demanda hídrica e volume total de água utilizados por município.	58
Tabela 4 - Imagens utilizadas para o estudo.....	60
Tabela 5 - Imagens utilizadas no estudo.	100
Tabela 6 - Imagens Landsat TM utilizadas	120

SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

APABG – Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande

APC – Área Prioritária para a Conservação

APP – Área de Preservação Permanente

ATTZ – Zona de Transição Aquática/Terreste

AU – Área Úmida

AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico

EPA - Environmental Protection Agency

EQM – Erro Médio Quadrático

ESRI - Environmental Systems Research Institute

ETM+ – Enhanced Thematic Mapper Plus

IAF – Índice de Área Foliar

INAU - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

IRGA – Instituto Rio-grandense do Arroz

IRS - Indian Remote Sensing

IV – Índice de Vegetação

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite

MG – Minas Gerais

MIR – Infravermelho Médio

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MST – Movimento Sem Terra

NDVI – Índice de Diferença Normalizada da Vegetação

NDWI - Índice de Diferença Normalizada da Água

NIR – Infravermelho Próximo

OMM – Organização Meteorológica Mundial

POA – Porto Alegre

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

RS – Rio Grande do Sul

SBG – Sistema Banhado Grande

SHM – Shifting Habit Mosaic

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNUC - Sistema Nacional de Unidades Conservação

SPOT - Satellite Pour l'Observation de la Terre

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

TM – Thematic Mapper

UC – Unidade de Conservação

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USGS - United States Geological Survey

UTM – Universal Transversa de Mercator

UNIDADES

Ha – Hectare

Km – Quilômetros

L/s – Litros por segundo

m - Metros

mm - Milímetros

m³ - Metros cúbicos

Ton - Toneladas

\$ - Dólar Americano

°C – Graus Celsius

SUMÁRIO

Estrutura da dissertação	19
1. JUSTIFICATIVA	20
2. OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo geral.....	23
2.2 Objetivos específicos.....	23
Artigo 1	23
Artigo 2	23
Artigo 3	24
3. REFERENCIAL TEÓRICO	24
3.1 Áreas Úmidas	24
3.1.1 Planície de Inundação.....	28
3.1.2 Banhados.....	31
3.2 Pulsos de inundação, Conectividade e Mosaico Móvel.....	33
3.3 Sensoriamento Remoto na identificação das áreas inundáveis.....	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	43
4.1.1 Hipsometria.....	47
4.1.2 Solos	48
4.1.3 Geologia e Geomorfologia.....	49
4.1.4 Clima	52
4.1.5 A “Lagoa” da Anastácia	53
4.1.6 Cultivo de arroz irrigado.....	54
4.2 Procedimentos Metodológicos.....	58
4.2.1 Levantamento de dados	59

4.2.2 Pré-processamento das imagens de satélite	60
5. REFERÊNCIAS.....	61
6. EFEITOS DA FLUTUAÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA NAS ÁREAS ÚMIDAS DA APA DO BANHADO GRANDE - RS	75
6.1 INTRODUÇÃO	75
6.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	77
6.2.1 Precipitação Pluviométrica	77
6.2.2 Variação do Nível da água.....	79
6.2.3 Identificação da lâmina de água aparente	79
6.3 RESULTADOS	80
6.4 DISCUSSÕES	88
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
6.6 REFERÊNCIAS.....	91
7. CONECTIVIDADE ENTRE AS ÁREAS ÚMIDAS DA APA DO BANHADO GRANDE, RS.....	96
7.1 INTRODUÇÃO	97
7.2 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	99
7.2.1 Escolha de imagens de satélites e identificação dos grandes pulsos de inundaçãõ ..	100
7.2.2 Mapeamento das áreas inundáveis nos grandes pulsos de inundaçãõ	100
7.2.3 Análise da conectividade entre as Áreas Úmidas da APABG	102
7.3 RESULTADOS.....	103
7.4 DISCUSSÕES.....	109
7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
7.6 REFERÊNCIAS.....	111
8. MOSAICO MÓVEL, APA DO BANHADO GRANDE, RS	117
8.1 INTRODUÇÃO	117
8.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	120

8.2.1 Obtenção das imagens de satélite	120
8.2.2 Precipitação Pluviométrica e cota do nível do rio	121
8.2.3 Identificação dos Pulsos de inundação e seca	121
8.2.4 Caracterização do Mosaico Móvel	122
8.3 RESULTADOS	122
8.4 DISCUSSÃO	130
8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
8.6 REFERÊNCIAS	133
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	142

Estrutura da dissertação

O texto desta dissertação foi organizado na forma de artigos enviados a revistas científicas qualificadas na área da Geografia. Para formatação do corpo da dissertação, inicialmente é apresentada a justificativa mostrando a importância da preservação das Áreas Úmidas (AUs), bem como, um histórico da ocupação agrícola na planície do rio Gravataí, mais precisamente no corredor que liga os banhados Grande e dos Pachecos. Posteriormente, define-se o objetivo geral e os objetivos específicos, que para este trabalho foram divididos em três capítulos.

Após é feita uma revisão teórica metodológica sobre os conceitos abordados nesta dissertação, onde são discutidos os conceitos de Áreas Úmidas e Banhados. Após discorre-se sobre as planícies inundáveis, bem como, os pulsos de inundação, a conectividade e o mosaico móvel formados pela alternância entre períodos de inundação e seca. Encerra-se a revisão bibliográfica abordando a importância da utilização dos dados de sensoriamento remoto na abordagem e identificação das AUs.

Em seguida é apresentada a metodologia para o processamento digital de imagens de satélite, que será utilizada, em comum, para toda a dissertação. Ainda neste tópico é realizada a caracterização da área de estudo, abordando a geologia, geomorfologia, o clima e o histórico de ocupação das AUs da APABG pelas atividades agrícolas.

A partir daqui o texto passa a ser estruturado na forma de três artigos complementares, sob diferentes abordagens envolvendo temas associados aos pulsos de inundação e conectividade, por meio de sensoriamento remoto. Os temas abordados pelos artigos são os seguintes:

O primeiro artigo trata dos “Efeitos da flutuação dos níveis da água sobre a dinâmica das Áreas Úmidas da APABG”, onde se estabelecem relações entre as variações das médias do nível da água no rio Gravataí, das médias de precipitação e as áreas com lâmina de água aparente. Como produto final é gerado um mapa das áreas mais susceptíveis a ocorrência de lâmina de água aparente. Neste primeiro artigo a escala de abordagem abrange toda a área da APABG.

A partir deste primeiro artigo é adotada então como área de abordagem as Áreas Úmidas localizadas entre a planície inundável do rio Gravataí e o corredor que liga os banhados Grande e dos Pachecos.

O segundo texto aborda a “Conectividade entre as Áreas Úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande”, pois percebe-se que em grandes pulsos de inundação uma área delimitada por um polígono associado cota de 11 metros inunda, estabelecendo uma conectividade entre os diferentes compartimentos da APABG. Esta conectividade é responsável por diversas interações entre as AUs, como troca de nutrientes, sedimentos e organismos. Definiu-se para as AUs da APABG a ocorrência de dois tipos de conectividade, o primeiro, *conectividade rio - banhado*, que interliga o Banhado Grande (ambiente paludial) ao rio Gravataí; e o segundo (*conectividade banhado - banhado*, responsável por ligar as duas áreas com a presença de depósitos paludiais (Banhado Grande e Banhado dos Pachecos) com a planície inundável do rio Gravataí.

O terceiro texto trata sobre o “Mosaico Móvel na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande”, onde foi abordada através do conceito de Shifting Mosaic Habitat a importância da preservação do mosaico formado pelas AUs da APABG. Em períodos de grandes pulsos de inundação forma-se um mosaico predominantemente aquático com a presença de anfíbios, répteis, peixes e aves que se alimentam destes seres. Por outro lado, na fase seca predomina um mosaico terrestre, com aumento da área com vegetação ciliar e animais, principalmente anfíbios e mamíferos, como o Cervo-do-Pantanal (*Blastocerus dichotomus*).

1. JUSTIFICATIVA

As Áreas Úmidas (AUs) estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (US-EPA, 2013), apresentando altos níveis de diversidade biológica e de produtividade primária e secundária (HOLLAND et al., 1991). Entretanto, historicamente estas áreas vêm sofrendo com intensas transformações, principalmente ligadas à sua drenagem para a ocupação urbana, industrial e agrícola (JUNK; PIEDADE, 2015).

Convenções e tratados internacionais apontam para a necessidade do estabelecimento de inventários e medidas de proteção destas áreas de importante valor ecológico, social, econômico e científico (DARWALL et al., 2008; CUNHA et al., 2015). A convenção sobre Áreas Úmidas de importância internacional mais conhecida é a Convenção de RAMSAR (BRASIL, 2010) realizada em 1971 na cidade de Ramsar - Irã (GARNDNER et al., 2015).

Idealizando uma política nacional para a gestão e proteção das AUs e sua biodiversidade, o Brasil assinou a convenção de Ramsar no ano de 1993, ratificando-a três

anos depois, através do Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996 (BRASIL, 1996; JUNK; PIEDADE 2015). Entretanto, passados vinte anos da assinatura da convenção, pouca coisa evoluiu em âmbito nacional (DIEGUES, 2002), não existindo ainda um levantamento minucioso das AUs para todas as regiões brasileiras (CUNHA et al., 2015).

Conforme salientam Junk; Piedade (2015), apesar da pouca atenção dada às AUs por parte do governo brasileiro, diversos pesquisadores têm-se dedicado aos estudos de caracterização, entendimento e delineamento destas áreas. Neste sentido, destaca-se o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU) que propôs a definição de vários conceitos que por ora não estavam claros na legislação brasileira, como Recursos Hídricos e Áreas Úmidas, por exemplo.

O Rio Grande do Sul carece de estudos voltados ao delineamento e proteção de suas AUs (BURGUER, 2000). Embora Maltchik et al. (2004) tenham classificado mais de 146 AUs para o Estado, apenas o Parque Nacional da Lagoa do Peixe, localizado em Mostardas-RS é um Sítio Ramsar, e a Estação Ecológica do Taim, localizada no extremo sul do Estado, entre os municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, está em processo de inclusão (BRASIL, 2015).

Salienta-se a importância da inclusão das AUs no Sítio Ramsar, pois sob este *status* a área passa a ter benefícios financeiros e relacionados à assessoria técnica voltada à sua proteção. Ainda, o título de Sítio Ramsar confere às AUs prioridade na implementação de políticas governamentais e reconhecimento público (RAMSAR, 2016).

A área de estudo desta dissertação, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), está inserida na bacia hidrográfica do rio Gravataí. A APABG compreende em seus limites três áreas de banhados, o Banhado Grande, o Banhado Chico Lomã e o Banhado dos Pachecos, os quais desempenham importante função na hidrodinâmica dessa AU que apresenta grande diversidade biológica (MELLO, 1998; ACCORDI; HARTZ, 2006).

Meneghetti (1998) denomina essa composição de AUs da APABG como Sistema Banhado Grande (SBG). O SBG compreende um polígono delimitado pela cota altimétrica de 20 metros e é composto por uma área contínua de brejos ou pântanos, terrenos inundáveis e arrozais (ACCORDI; HARTZ, 2006).

Ainda, entre as décadas de 1960/70 o extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) realizou obras de retificação em um trecho do rio Gravataí, com o objetivo de drenar as AUs e ampliar as áreas de cultivo de arroz, transformando o canal meandrante em retilíneo (BRENNER, 2016; SILVA, 2016).

Além das obras de retificação do canal, que produziram impactos ambientais substanciais ao ambiente (SILVA, 2016), o rio Gravataí sofre anualmente com uma intensa demanda hídrica por parte da rizicultura. Segundo o Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA), o mês de novembro é o de maior demanda de água pelo cultivo do arroz, quando cerca de 30% do consumo da bacia é destinado a este cultivo.

Estudos sob diferentes abordagens atentam para a necessidade de preservação das AUs da APABG. Na década de 1980, um grupo de pesquisadores da Alemanha recomendou a paralização das obras de retificação do canal do rio Gravataí, devido aos impactos negativos principalmente nas áreas de banhados. O grupo ressaltou que os riscos de inundação seriam potencializados devido à drenagem dos banhados, que não mais reteriam a vazão do rio Gravataí, e pelo próprio escoamento das águas do Banhado Grande (BRENNER, 2016).

Frantz et al. (1990) realizaram a caracterização dos ambientes paludiais na planície costeira do Rio Grande do Sul; Rubbo (2004) analisou o potencial hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio Gravataí; Mello (1998) abordou a percepção da paisagem e a conservação ambiental do Banhado Grande, em um dos primeiros trabalhos sobre o tema no Rio Grande do Sul; e IPH/UFRGS (2002) abordou alternativas para a regularização das vazões do rio Gravataí.

Malthick et al. (2004) classificaram as Áreas Úmidas do Rio Grande do Sul a partir da estrutura da comunidade de plantas; Accordi; Hartz (2006) e Accordi; Barcellos (2006) analisaram e quantificaram a distribuição espacial e sazonal da avifauna; Carvalho; Ozório (2007) alertaram para as rápidas modificações e a redução significativa das áreas de banhados no Rio Grande do Sul.

Leite (2011) analisou a dinâmica da vegetação no Banhado Grande; Guasselli et al. (2013) quantificaram as áreas de cultivo de arroz na APABG; Etchelar (2013) abordou o processo erosivo; Brenner (2016) propôs a aplicação de metodologias para renaturalização de um trecho retificado do canal do rio Gravataí, através de técnicas de bioengenharia; e Silva (2016) analisou a dinâmica dos processos morfodinâmicos na bacia do rio Gravataí, RS, no contexto dos modelos de fragilidade ambiental.

Ainda, entre os anos de 1998 e 2000 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) realizou a primeira “Avaliação e Identificação das Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação dos Biomas Brasileiros”, visando à consagração de prioridades que conduzam à conservação, à utilização sustentável e à repartição de benefícios da diversidade biológica brasileira. Na ocasião foi elaborado um mapa onde foram definidas e delimitadas 900 Áreas

Prioritárias para Conservação Biológica (APC's), que foram regulamentadas pelo Decreto nº 5.092, de 24 de maio de 2004 (VERONA et al., 2013).

No ano de 2007, o Ministério do Meio Ambiente atualizou o mapeamento das áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira. O mapa trata o corredor entre o banhado Grande e o banhado dos Pachecos como uma área prioritária para a conservação, no entanto, a escala do mapeamento (1:6.000.000) impossibilita identificar os limites precisos da área a ser preservada (BRASIL, 2007).

Assim, este trabalho busca preencher esta lacuna, ao definir padrões de inundação da planície fluvial do rio Gravataí, na área compreendida entre os banhados Grande e dos Pachecos, caracterizando os pulsos de inundação e a conectividade entre as AUs, a partir de dados de sensoriamento remoto, pluviometria e dados fluviométricos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Esta dissertação tem como objetivo geral mapear e caracterizar os pulsos de inundação e a conectividade entre as Áreas Úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, a partir de dados de sensoriamento remoto.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos a serem alcançados foram organizados com base na proposta dos três artigos.

Artigo 1

- a) Caracterizar a precipitação na APABG;
- b) Mapear as áreas com ocorrência de lâmina de água aparente;
- c) Mapear as áreas mais susceptíveis à cobertura de lâmina de água aparente.

Artigo 2

- d) Mapear as áreas inundáveis em grandes pulsos de inundação;
- e) Mapear a conectividade entre as AUs da APABG;
- f) Caracterizar os tipos de conectividade existentes e sua relação com a precipitação pluviométrica.

Artigo 3

- g) Caracterizar os pulsos de inundação e seca na APABG;
- h) Analisar a dinâmica temporal das cotas do rio Gravataí e sua relação com a precipitação pluviométrica;
- i) Mapear a dinâmica de um Mosaico Móvel formado nas AUs da APABG.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Foram abordadas no referencial teórico as definições, os conceitos e os diferentes enfoques dos principais temas ligados a esta dissertação. Primeiramente foi abordado o conceito de Áreas Úmidas. Salienta-se que foram abordados dois tipos de AUs, as planícies de inundação e os Banhados. O termo Banhado foi utilizado para caracterizar um tipo de AU, sendo empregado para os compartimentos geológicos com depósitos paludiais, onde ocorrem e a presença de macrófitas aquáticas.

Posteriormente, foram apresentados os conceitos chaves desta dissertação, abordando as definições de pulsos de inundação e de conectividade. O conceito de conectividade foi apresentado sob diferentes enfoques com os quais o tema aparece na literatura.

Por fim, abordou-se a aplicação do sensoriamento remoto em estudos envolvendo Áreas Úmidas. Foram discutidos neste tópico os diferentes índices desenvolvidos para o mapeamento das Áreas Úmidas, as metodologias utilizadas, bem como a importância da análise temporal na dinâmica das AUs da APABG.

3.1 Áreas Úmidas

As definições e os termos relacionados às Áreas Úmidas são muitos e, em sua maioria, confusos. A mais aceita é a proposta pela convenção de RAMSAR (1971), segundo a qual

Terras úmidas são áreas de banhados, pântanos, turfeiras ou água, sejam naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água parada ou fluindo, salobra ou salgada, incluindo áreas de águas marinhas nas quais a profundidade na maré baixa não exceda seis metros (SCOTT; JONES, 1995).

Contudo, Guasselli (2005) salienta que essa definição é bastante ampla, pois estende os limites das AUs até a profundidade de seis metros. Nesta linha, Cowardin et al. (1976, 1979)

afirmam que devido a grande diversidade e a existência de um contínuo entre ambientes secos, úmidos e aquáticos, não existe uma única definição para AUs. Entretanto, os próprios autores salientam que a particularidade dominante das AUs são os solos saturados por água, onde comunidades de plantas e animais vivem sobre sua superfície.

A partir disto, Cowardin et al. (1976, 1979) definem, de uma forma geral, as Áreas Úmidas como sendo “áreas de transição entre ambientes terrestres e aquáticos onde o lençol freático está geralmente próximo a superfície ou a terra é coberta por água superficial” (COWARDIM et al., 1976, 1979).

Assim como Cowardin et al. (1976, 1979), Brinson (2002) também afirma que não há consenso sobre uma definição universal de AUs. Para este autor, o termo é usualmente empregado para denominar sistemas em condições de inundação, ou com solos saturados por água durante períodos prolongados (KANDUS et al., 2008).

Já Keddy (2000) salienta que uma AU é um “ecossistema onde a inundação produz solos dominados por processos anaeróbicos, que forçam a biota, principalmente as plantas enraizadas, a exibirem adaptações para tolerar a inundação”.

Para Kandus et al. (2008) as AUs abrangem uma grande variedade de ambientes, incluindo florestas fluviais, pântanos, banhados, planícies inundáveis, entre outros. E, para Mitsch; Gosselink (2000), o regime hidrológico é o principal fator condicionante para determinar as propriedades funcionais das AUs.

Cunha et al. (2015) abordam a importância da definição e classificação das AUs como base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. Diante disto, baseando-se nos pulsos de inundação, Cunha et al. (2015); Junk; Piedade (2015) propuseram uma definição para as AUs brasileiras, onde, segundo os autores, AUs são

ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica. (CUNHA et al., 2015; JUNK; PIEDADE, 2015)

Junk; Piedade (2015) salientam ainda que a extensão de AUs é

determinada pelo limite da inundação rasa ou do encharcamento permanente ou periódico, ou no caso de áreas sujeitas aos pulsos de inundação, pelo limite da influência das inundações médias máximas, incluindo-se aí, se existentes, áreas permanentemente secas em seu interior, habitats vitais para a manutenção da

integridade funcional e da biodiversidade das mesmas. Os limites externos são indicados pelo solo hidromórfico, e/ou pela presença permanente ou periódica de hidrófitas e/ou de espécies lenhosas adaptadas a solos periodicamente encharcados (JUNK; PIEDADE, 2015).

A convenção da Ramsar (1971) estabelece diversas funções desempenhadas pelas terras úmidas, destacando-se principalmente: controle de cheias; recarga de aquíferos; mitigação de alterações climáticas; reserva da biodiversidade; produção de bens; recreação e turismo sustentável; e purificação das águas.

Junk et al. (1989) denominaram as áreas de transição como de Zona de Transição Aquática/Terrestre (ATTZ). Esta linha de pensamento aborda as AUs como ecótonos (zona de transição entre ambientes aquáticos e terrestres) (CLEMENTS, 1905). Mas Neiff (2002) indaga se as AUs (banhados, planícies de inundação, brejos, pântanos) podem ser consideradas ambientes de transição entre aquático e terrestre.

Conforme analisa Neiff (1990, 1996, 1999, 2003), constitui-se em erro conceitual denominar as AUs de ecótonos (transição ecológica), pois, estes ambientes são macroecossistemas que não têm características de transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos. Entretanto, dentro das AUs podem existir localmente ecótonos e também contínuos, dependendo dos graus de interações ambientais, especialmente, do regime hidrológico.

A partir disto, Neiff (1999), aborda as AUs como sendo sistemas complexos que abrangem vários ecossistemas, sujeitos a inundações periódicas. Dentre estes macroecossistemas, Neiff (1996, 1999) classifica as AUs da América do Sul em duas categorias: i) grandes AUs, que incluem os pantanais e AUs aluviais; e ii) AUs marginais que dividem-se em fluviais, lacustres e litorais (DUARTE, 2013).

Sob diferentes perspectivas, pesquisadores têm buscado classificar e delinear as AUs. Maltchik (2003) estabelece três critérios fundamentais para a identificação de AUs: i) hidrologia – áreas permanente ou periodicamente inundadas e que apresentam condições de solos saturados; ii) solo hídrico – solo que está saturado ou inundado durante um período de tempo suficiente para desenvolver condições anaeróbicas e plantas aquáticas; e iii) vegetação – presença de espécies vegetais que respondem eficientemente à variação do nível da água. Maltick et al. (2004) propuseram uma classificação hierárquica, com base nas comunidades de plantas para as AUs do Rio Grande do Sul, em quatro níveis baseados em fatores hidrogeomorfológicos e biológicos (subsistema, tipos, classes e subclasses). E, baseando-se

nessas classificações Rolom; Maltichik (2006) definiram as AUs como “ecossistemas que permanecem inundados por tempo longo o bastante, que permita o estabelecimento de solos encharcados e plantas aquáticas”.

Cunha et al. (2015) destacaram que a nível mundial, mais de 50% das AUs foram extinguidas ou tiveram sua integridade comprometida. O mesmo ocorre com as AUs brasileiras, onde o aumento da ocupação urbana e a acelerada transformação do uso da terra apresentam-se como os principais mecanismos de degradação e perda das AUs brasileiras (CUNHA et al., 2015).

Neste mesmo viés, Junk et al. (2013, 2015) enumeraram uma série de degradações, as quais, as AUs brasileiras estão submetidas. Destaca-se nesta lista, a drenagem para agricultura, construção de habitações, lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas e, principalmente, “falta de uma legislação específica, baseada no conhecimento científico, que regule a proteção dessas áreas, e a falta de uma estrutura hierárquica clara e coerente dos diferentes órgãos executores para implementação e gestão voltada à sustentabilidade” (JUNK et al., 2015).

Mitsch; Gosselink (2000) ao discorrer sobre o valor das AUs, afirmam que estas áreas executam muitos processos simultaneamente e, portanto, fornecem um conjunto de valores para os seres humanos. Costanza et al., (1997) estima que a valor do hectare de uma AUs seja de aproximadamente US\$ 14.785,00 por ano.

Cunha et al. (2015) salientam que já existem dados da extensão das grandes AUs brasileiras, principalmente as localizadas na Amazônia, Pantanal e Araguaia, que foram mapeadas através de técnicas de geoprocessamento. Entretanto, percebe-se uma grande lacuna, no que tange o conhecimento e mapeamento das pequenas AUs, que estão espalhadas pela paisagem.

Além do geoprocessamento, pode-se usar para o mapeamento das AUs, o inventário e análise dos mapas de solo já existentes, nos quais os solos hidromórficos são indicados (CUNHA et al., 2015). Ainda, conforme Cunha et al. (2015) essa abordagem foi aplicada com sucesso na Argentina, por Kandus et al. (2008).

3.1.1 Planície de Inundação

Baseando-se em Bayley (1995) e Gren (1995), Sanches et al. (2012) abordam as planícies de inundação como sendo “áreas inundadas sazonalmente pelo transbordamento lateral de rios ou lagos, pelas águas das chuvas ou subterrâneas, sendo consideradas de alta produtividade e valor ecológico” (BAYLEY, 1995; GREN, 1995; SANCHES et al., 2012).

A Enciclopédia Britânica (2016) define as planícies inundáveis como sendo áreas planas de terras adjacentes aos rios, compostas de depósitos sedimentares não consolidados (aluviais), sujeitas a inundações periódicas. Guerra; Guerra (1997) tratam as planícies de inundação como “banquetas pouco elevadas acima do nível médio das águas, sendo frequentemente inundadas por ocasião das cheias”. Suertegaray et al. (2008) abordam as planícies inundáveis como “áreas de sedimentação fluvial representada por uma porção de terrenos predominantemente plano localizada às margens de um rio. Constitui em área sujeita a inundações periódicas”.

No relatório (TASK FORCE ON THE NATURAL AND BENEFICIAL FUNCTIONS OF THE FLOODPLAIN, 2002) proposto por pesquisadores voltados a conservação de planícies de inundação no ano de 2002, foi definido um conceito comum para as planícies inundáveis. Conforme o documento, as planícies de inundação “são terrenos baixos adjacentes a rios, lagos e oceanos, que são inundados periodicamente em intervalos de frequência variáveis”.

Além disto, Bayley (1995) considera as planícies inundáveis como hidrológicamente importantes e ambientalmente sensíveis. Para o autor, a conservação destas áreas é responsável pela preservação da biodiversidade, criando uma variedade de habitats, incluindo áreas de criação e alimentação de peixes e outros organismos.

Ainda neste viés, Christofolletti (1980) aborda as planícies inundáveis como sendo áreas predominantemente planas, de drenagem heterogênea, contígua à faixa do vale fluvial, inundável por cheias em magnitudes e frequências variáveis (CHRISTOFOLETTI, 1980). A partir disto, o autor considera que as

planícies de inundação conhecidas como várzeas na toponímia popular do Brasil, constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial, encontrada nos rios de todas as grandezas. A designação é apropriada porque nas enchentes toda essa área é inundada, tornando-se o leito do rio (CHRISTOFOLETTI, 1999. p.60).

Scheren (2014) complementa argumentando que as planícies de inundação compreendem diversos ambientes, em sua área de abrangência, formando áreas de transição entre ambientes terrestres e aquáticos. Entre esses ambientes destacam-se a bacia de inundação, os depósitos da planície de inundação e as Áreas Úmidas.

Em relação à importância das planícies de inundação, baseando-se em Junk et al. (1989), Fantin-Cruz et al. (2009) consideram que “a alta complexidade estrutural destas áreas inundáveis é refletida por um mosaico paisagístico e funcional decorrente das drásticas modificações sazonais as quais o sistema é submetido periodicamente”. Junk et al. (1989) propõem uma definição abordando as planícies de inundação como áreas

episodicamente ou periodicamente inundadas pelo transbordamento lateral de rios ou lagos e/ou pela precipitação direta ou pelo afloramento do lençol freático, de forma que a biota responde ao ambiente físico-químico com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e etológicas, gerando estruturas específicas e características dessas comunidades (JUNK et al., 1989).

Desta forma, entende-se que a planície de inundação pode ser considerada uma faixa lateral ao leito do rio, constituída por seus depósitos do canal e da inundação, permanente ou temporalmente inundada pelo aporte fluvial. As áreas de formações mais antigas e os depósitos de tributários, que são periodicamente alagados pelas águas não são considerados como parte da várzea (NEIFF, 1999, 2003; FANTIN-CRUZ et al., 2009).

Essas planícies inundáveis desempenham uma grande variedade de funções essenciais, incluindo transporte e armazenamento das águas subterrâneas, recarga de aquíferos, controle da erosão dos rios, controle de cheias, redução das taxas de sedimentação, manutenção da qualidade da água e o apoio a ecossistemas altamente produtivos (TASK FORCE ON THE NATURAL AND BENEFICIAL FUNCTIONS OF THE FLOODPLAIN, 2002).

Ward; Stanford (1995) e posteriormente Rocha (2011) salientam que as planícies aluviais apresentam uma variedade de ambientes lóticos e lênticos, incluindo o rio principal, seus canais secundários, os olhos d'água emergentes (*springbrooks*), os afluentes e os segmentos de canal abandonados. Neste contexto, conforme os autores, o rio principal e seus canais secundários são chamados 'Eupotamon'; os braços “mortos” que mantêm uma conexão com o canal ativo em sua extremidade à jusante é chamado de 'Parapotamon'; "Plesiopotamon" são os segmentos de formato entrelaçado que se tornaram desconectados do

canal principal e o "Paleopotamon" são formados de curvas de meandros que tornaram-se desconectados (Figura 1).

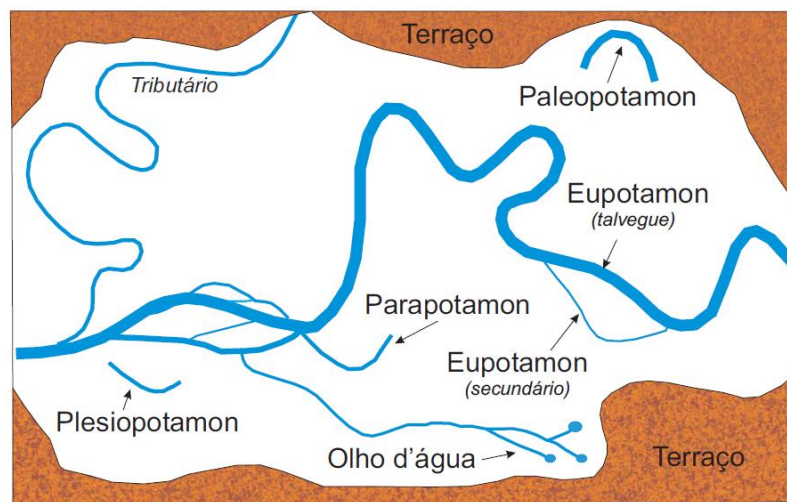


Figura 1 - Tipos de corpos de água, com base em atributos estruturais e funcionais, associados com várzeas aluviais.

Fonte: Adaptado de Ward; Stanford (1995).

Essa terminologia foi utilizada inicialmente para caracterizar o rio Ródano (em francês Rhône¹), a fim de reconhecer as diferenças ecológicas entre os organismos aquáticos da planície de inundação, com base em atributos como a conectividade, a trajetória de sucessão e da comunidade estrutural (WARD; STANFORD, 1995).

Melton (1936) utilizou a forma de sedimentação como parâmetro, para identificar os tipos de planícies de inundação, sendo:

1. Planícies formadas por cursos meândricos, com eventuais inundações, sem acumulação vertical de sedimentos;
2. Planícies cobertas, com sedimentos suspensos devido aos frequentes transbordamentos dos rios;
3. Planícies de rios entrelaçados, formados por sedimentos de fundo, arrastados pela força da água.

Fantin-Cruz et al. (2010), ao tratarem especificamente do conceito de inundação, afirmam que este é associado ao regime hidrológico, que gera a expansão, contração e fragmentação dos sistemas aquáticos, além de interferir no grau de conectividade entre as partes do sistema. Esta expansão das águas durante o período de cheias, caracterizada pelo transbordamento da seção da calha, gera mudanças biogeoquímicas que alteram todos os seus

¹ O rio Ródano é um importante rio europeu. Com um comprimento total de 812 km, tem sua nascente

ecossistemas, afetando desde os nutrientes até componentes da biota (HAMILTON, 2002; FANTIN-CRUZ, 2010).

Ainda, sobre o conceito de inundação, Oliveira (2010) caracteriza este evento como sendo o extravasamento das águas do leito menor de um corpo hídrico para o leito maior (planície de inundação), em virtude do excesso de volume de água não drenado pela falta de capacidade fluvial. Neste contexto, pondera-se que devido às características fitossociológicas e dos substratos, essas planícies são constituídas por uma diversidade de ecossistemas, como as florestas inundáveis, as veredas, os campos úmidos, entre outros (RIZZINI, 1992; MARTINS et al., 2008).

Em relação à extensão da inundação, Paz (2010) argumenta que durante um evento de cheia esta é influenciada por diversos fatores, como: características do evento de cheia; condutância hidráulica do canal principal; características físicas da planície; condições antecedentes de água armazenada e umidade do solo na planície.

Tratando-se dos depósitos de planície de inundação, Pomerol et al. (2013) salientam que eles são constituídos de sedimentos finos (limos, argilas laminadas) depositados durante enchentes excepcionais, quando o curso d'água transborda seus diques marginais. Os autores afirmam ainda, que as taxas de sedimentação são muito baixas (1 a 2 cm por enchente).

Deste modo, a partir de uma abordagem conservacionista, Baptista (2014) afirma que para resguardar as funções das planícies de inundação, é necessário o controle das atividades, restringindo o seu uso particular em função do benefício público. Uma alternativa restritiva de uso que possibilite o manejo conservacionista é a criação de unidades de conservação (UC), instrumentos de planejamento que podem melhorar e/ou garantir oferta de serviços ecológicos e ambientais, aliando interesses socioeconômicos e protecionistas.

3.1.2 Banhados

O termo Banhado, utilizado no Rio Grande do Sul, é designado para caracterizar um tipo de Área Úmida. A palavra provém do espanhol *bañado*, devido à influência dos países vizinhos Argentina e Uruguai (BURGUER, 2000). Conforme Ringuelet (1962) os banhados correspondem à palavra *marshes* em inglês, e são definidos como “áreas de solo cobertas por uma fina lâmina de água, com vegetação palustre e sem o desenvolvimento de uma população limnética” (BURGUER, 2000).

Os banhados são caracterizados como uma unidade espacial da paisagem deprimida, que apresenta solo temporária ou permanentemente saturado de água, de modo que conduza a permanente colonização por plantas aquáticas (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984).

Irgang; Gastal Jr. (1996) considera que o

banhado é um ecossistema em que vivem predominantemente plantas aquáticas, zoneadas em faixas ou manchas chamadas comunidades, conforme e principalmente pela perenidade da água acima ou ao nível da superfície do solo. Em outras palavras, banhado pode ser definido como um conjunto complexo de comunidades vegetais aquáticas, caracterizado pelo relativamente baixo número de espécies, que porém ocorre com grande número de indivíduos, formando comunidades puras, e que são de grande distribuição geográfica (IRGANG; GASTAL JR., 1996).

Devido à importância destas áreas, os ecossistemas de banhados são considerados Áreas de Preservação Permanente (APP), no Estado do Rio Grande do Sul, sendo necessária a realização de um adendo na legislação federal para a inclusão do termo no Cadastro Ambiental Rural (BRASIL, 2012; RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Entretanto, apesar da declarada importância por parte do Estado, percebe-se ainda, pouca atenção dada aos aspectos conceituais do termo banhado. Sequer, o Estado do Rio Grande do Sul atribuiu uma definição para o termo, sendo abordado na legislação como ambientes caracterizados pela presença de “solos naturalmente alagados ou saturados de água por período não inferior a 150 dias no ano, excluídas as situações efêmeras, as quais se caracterizam pelo alagamento ou saturação do solo por água apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação” (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Ainda, além da presença de solos encharcados, a legislação prevê também que para o ambiente ser classificado como banhado possua a ocorrência simultânea de no mínimo uma das seguintes espécies de flora: Junco (*Schoenoplectus spp.*, *Juncus spp.*); Aguapé (*Eichhornia spp.*); Erva-de-Santa-Luzia ou marrequinha (*Pistia stratiotes*); Marrequinha-do-Banhado (*Salvinia sp.*); Gravata ou caraguatá-de-banhados (*Eryngium pandanifolium*); Tiririca ou palha-cortadeira (*Cyperus giganteus*); Papiro (*Cyperus papyrus*); Pinheirinho-da-água (*Myriophyllum brasiliensis*); Soldanela-da-água (*Nymphoides indica*); Taboa (*Typha domingensis*); Chapeu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*); e Rainha-das-lagoas (*Pontederia lanceolata*).

E também, a ocorrência regular de uma ou mais das espécies da fauna relacionadas: Jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*); Tachã (*Chauna torquata*); Garça-branca-

grande (*Ardea alba*); Frango-d'água (*Gallinula spp.*); Caramujo ou aruá-do-banhado (*Pomacea canaliculata*); Gavião-caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*); Jaçanã (*Jacana jacana*); Marreca-de-pé-vermelho (*Amazoneta brasiliensis*); Cardeal-do-banhado (*Amblyramphus holosericeus*); João-grande (*Ciconia maguari*); Nútria ou ratão-do-banhado (*Myocastor coypus*); e Capivara (*Hydrochoerus hydrocoerus*).

Apesar dos conceitos de AUs e banhados abordarem a presença de solos hidromórficos, a bibliografia brasileira não leva em consideração a geologia, para a classificação e delineamento dos ecossistemas de banhados. Entretanto, para este trabalho os banhados serão associados a ambientes de depósitos paludiais, com a presença de turfeira (FRANTZ et al. 1990)

Ao abordar a situação dos banhados, principalmente no Rio Grande do Sul, Burger (2000) atenta para a pouca importância dada a esses ambientes, refletindo-se diretamente na falta de estudos científicos sobre as suas características e dinâmicas.

Nesta mesma linha, Carvalho; Ozório (2007) salientam que as áreas de ocorrência de banhados vêm sofrendo rápida diminuição no Rio Grande do Sul, devido, principalmente, ao Programa Pró-Várzea do Governo Federal, que drenou as áreas de banhados para o cultivo agrícola.

Em relação à vegetação dos banhados, destacam-se duas formações variantes conforme o porte das espécies constituintes. A primeira formação com vegetações atingindo cerca de 50 cm de altura, onde as espécies herbáceas flutuantes formam extensos camalotes, como o aguapé (*Eichhornia crassipes*), a marrequinha (*Salvinia auriculata*), e o aguapé-branco (*Nymphaea alba*). O outro tipo de formação vegetal dos banhados é constituído por espécies com altura de aproximadamente dois metros, destacando-se a tiririca (*Scirpus californicus*), o junco (*Cyperus giganteus*) e a espadana (*Zizaniopsis bonariensis*) (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984).

3.2 Pulsos de inundação, Conectividade e Mosaico Móvel

A inundação sazonal, com seus ciclos de enchente, cheia, vazante e seca, é chamada de pulso de inundação. A alternância entre ambiente terrestre e aquático faz com que esse tipo de ambiente seja diferenciado em relação a outras Áreas Úmidas, que tem um nível de água relativamente constante (JUNK, 1997).

Assim, o pulso de inundação (JUNK et al., 1989) é a principal dinâmica ecológica da planície de inundação, e seu conceito é fundamentado nas características hidrológicas do rio, sua bacia de drenagem e sua planície de inundação. Junk et al. (1989) salientam que

Pulsos de inundação são a força motriz que modula as mudanças anuais das variáveis bióticas e abióticas que ocorrem no canal principal e em todos os corpos d'água associados à planície inundável. A alta complexidade geomorfológica nestes sistemas (que por sua vez, origina uma alta heterogeneidade de habitats), a alta produtividade biológica e a importante biodiversidade são mantidos ao longo do tempo graças à ação das inundações periódicas. Estas ideias foram desenvolvidas e montadas no que se conhece como conceito de pulso de inundação. (JUNK et al., 1989).

Cunha et al. (2015) salientam que o pulso de inundação pode ser classificado como monomodal, polimodal, previsível ou imprevisível e com amplitude alta ou baixa, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização dos pulsos de inundação

Previsibilidade	Frequência	Amplitude	Tipo de AU afetada
Previsível	monomodal	alta/baixa	Aus ao longo de grandes rios
Previsível	polimodal	variável	Aus costeiras com marés
Imprevisível	polimodal	variável	AUs ao longo de pequenos rios e em pequenas depressões
Imprevisível	multianual	baixa	AUs no Nordeste semiárido

Fonte: Adaptado de Junk et al. (1989); Cunha et al. (2015).

Conforme Resende (2014) nos pulsos de inundação, os períodos de cheias favorecem o desenvolvimento de grandes massas de vegetação aquática e, associadas a elas, ricas comunidades de insetos aquáticos que servem de alimento aos peixes. Assim, a inundação propicia ricas fontes alimentares para peixes detritívoros, herbívoros, insetívoros e onívoros que são a base da cadeia alimentar dos peixes carnívoros e de outras espécies animais que as consomem como aves aquáticas, jacarés, lontras e ariranhas.

Já na fase seca, ocorre novamente o crescimento da vegetação terrestre nas áreas anteriormente alagadas, fertilizadas parcialmente no processo de inundação e também pela decomposição da vegetação aquática da fase anterior. Dessa forma, o sistema consegue incorporar e aproveitar matéria orgânica de forma muito eficiente, explicando a riqueza e diversidade dos rios com planícies inundáveis (RESENDE, 2014).

Conforme mencionado anteriormente, o conceito de pulso de inundação refere-se à superfície de várzea como Zona de Transição Aquático/Terrestre (ATTZ) (JUNK et al. 1989). Esta alternância entre zona aquática e terrestre aumenta a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, além de reduzir os períodos de estagnação, em comparação com as condições em habitats permanentemente inundados (WARD; STANFORD, 1995).

A ATTZ é coberta pela água somente durante a inundação. Estas inundações, por sua vez, criam habitats únicos que são essenciais para a sobrevivência de diferentes espécies (ROCHA, 2011; CUNHA et al., 2015). As ATTZs são utilizadas por animais terrestres durante a fase seca e por animais aquáticos durante a fase de inundação.

Conforme Ward; Stanford (1995), durante a fase seca alguns animais terrestres migram para terras altas, enquanto outros permanecem na planície de inundação. Aqueles que permanecem são adaptados para tolerar longos períodos de inundação ou movem-se para o dossel da floresta aluvial para escapar da água. Por exemplo, em várzeas amazônicas centrais, que são inundadas por um período de cinco a sete meses do ano, animais invertebrados terrestres evoluíram estratégias migratórias e não migratórias de sobrevivência (ADIS, 1992).

Os animais aquáticos colonizam as ATTZs durante a fase de inundação para aproveitarem a alta produtividade e as diversas condições de habitat. Conforme Ward; Stanford (1995) a maioria das espécies de peixes estão em uma das três categorias principais, com base em padrões de movimento: (1) os que completam todas as fases da vida dentro do canal do rio; (2) aqueles que residem no canal do rio durante a estação seca e na superfície de várzea durante a fase úmida (peixes dependentes de inundação); e (3) aqueles que residem nos corpos d'água da planície de inundação durante a fase seca e na ATTZ durante a fase úmida.

Resende (2008) ressalta que o rio e sua planície de inundação formam uma unidade que não deve ser analisada separadamente, pois a troca de matéria orgânica entre a planície de inundação e o rio durante os pulsos de inundação contribuem para sustentar a alta produtividade biológica das áreas inundáveis.

Assim, Fantin-Cruz et al. (2010) salientam que durante a inundação, os sistemas aquáticos ampliam suas áreas inundando porções da planície, estabelecendo uma conectividade entre os diferentes tipos de compartimentos. Os diferentes níveis de conectividade determinam a transferência de matéria e nutrientes, como também a troca de organismos entre os compartimentos. Desta forma, “dependendo da dinâmica espacial e temporal da extensão e da profundidade da água na planície, esta pode alterar entre sistema de

estocagem de água para sistema de transporte de água produzido por fluxos horizontais” (FANTIN-CRUZ et al., 2010).

A conectividade tem sido um princípio central para o estudo dos ecossistemas aquáticos. Diversas teorias ecológicas têm sido desenvolvidas para o manejo dos rios e bacias hidrográficas. O Conceito de Rio Contínuo (VANNOTE et al., 1980), por exemplo, considera todo o comprimento do rio, da nascente a foz, como um gradiente hidrológico contínuo de condições ambientais e funções ecológicas (US-EPA, 2015). A Descontinuidade Serial (WARD; STANFORD, 1983) baseou-se no conceito de Rio Contínuo para abordar como barragens e represamentos perturbam os padrões longitudinais dos fluxos d’água provocando mudanças tanto à montante, quanto à jusante, nos processos bióticos e abióticos, sendo que a direção e extensão do deslocamento dependem da variável de interesse em relação à posição do represamento ao longo do Contínuo Fluvial (SILVA, 2012).

Os conceitos de Rio Contínuo e Descontinuidade Serial referem-se à dinâmica longitudinal do rio. Já os pulsos de inundação (JUNK et al., 1989) enfatizam a ligação entre o canal do rio e sua planície de inundação. Silva (2012) salienta que os pulsos de inundação são responsáveis pela existência, produtividade e interações da biota em sistemas lóticos de planícies de inundação, sendo o fator-chave que origina e determina a produtividade e o fluxo de energia desses sistemas (VIANA, 2007).

Já, segundo a Teoria das Quatro Dimensões em Ecossistemas Lóticos (WARD, 1989), os ecossistemas lóticos possuem as dimensões: longitudinais, laterais e verticais, os quais se modificam ao longo do tempo (quarta dimensão) (SILVA, 2012). A Teoria do Espiralamento de Nutrientes (ELWOOD et al., 1983), aborda que os materiais em movimento nos ecossistemas lóticos são absorvidos, utilizados, decompostos e reutilizados, numa contínua transformação entre componentes orgânicos e inorgânicos (FERREIRA, 2001).

O conceito de conectividade foi modulado a partir dos conceitos apresentados anteriormente. Ward; Stanford (1995) definem conectividade ecológica, abordando-a como “uma série de interações entre diferentes corpos de água e entre sistemas aquáticos e riparianos. Tais interações incluem o movimento da água, dos sedimentos, nutrientes, detritos e organismos vivos” (ROCHA, 2011b). Ao proporem o conceito de conectividade ecológica, Ward; Stanford (1995) sugerem que a conectividade, a heterogeneidade de habitats e a alta presença da biodiversidade nos ecossistemas fluviais, são mantidas pela perturbação natural (ou seja, o regime de inundações).

Entretanto, as alterações antropogênicas dos rios de planícies de inundação tendem a interromper a intensidade, frequência e tempo do regime de perturbação natural, responsável pela manutenção da integridade ecológica desses sistemas dinâmicos (WARD; STANFORD, 1995).

Em outra perspectiva, Pringle (2001) aborda a conectividade como hidrológica, definindo-a como

transferência de matéria, energia e organismos mediada pela água dentro ou entre os elementos do ciclo hidrológico. Esta conexão é a principal forma de ligação entre o rio e ambientes marginais, como os lagos. Neste período são possíveis trocas como a entrada de peixes para a desova e a saída de cortes mais maduras, a possibilidade de desenvolvimento de espécies que dependem de umidade, entre outros (PRINGLE, 2001).

Samizava (2009) entende que os graus de conectividade, portanto, são influenciados pelas interações hidrodinâmicas, controlados principalmente pelos processos de inundação e de subsuperfície (freático). Weiss (2011) salienta que, em períodos de inundação os sistemas aquáticos aumentam suas áreas, formando ligações entre diferentes tipos de compartimentos do sistema. Nesses ecossistemas aquáticos continentais, a transferência de matéria e nutrientes, o deslocamento de organismos entre os compartimentos, e as características de um habitat (físicas e químicas), depende dos padrões de conectividade hidrológica em várias escalas temporais e espaciais (PRINGLE, 2001; SOARES et al., 2010; WEISS, 2011).

Conforme Rocha (2011b) o sistema rio-planície de inundação consiste de um complexo de ecossistemas, incluindo o rio(s), brejos (pântanos), canais, lagos, ilhas e zonas de transição (Figura 2). Estes ecossistemas são conectados, notavelmente durante as fases de inundação, permanecendo mais ou menos individualizados quando a água recua. Assim, a conectividade descreve a relação entre a água e a sua envolvente, incluindo o leito e subleito (conectividade vertical), a galeria ripária (conectividade lateral) e as seções a montante e a jusante (conectividade longitudinal), tendo um papel importante na ecologia fluvial (WARD; STANFORD, 1995; ROCHA, 2011b).

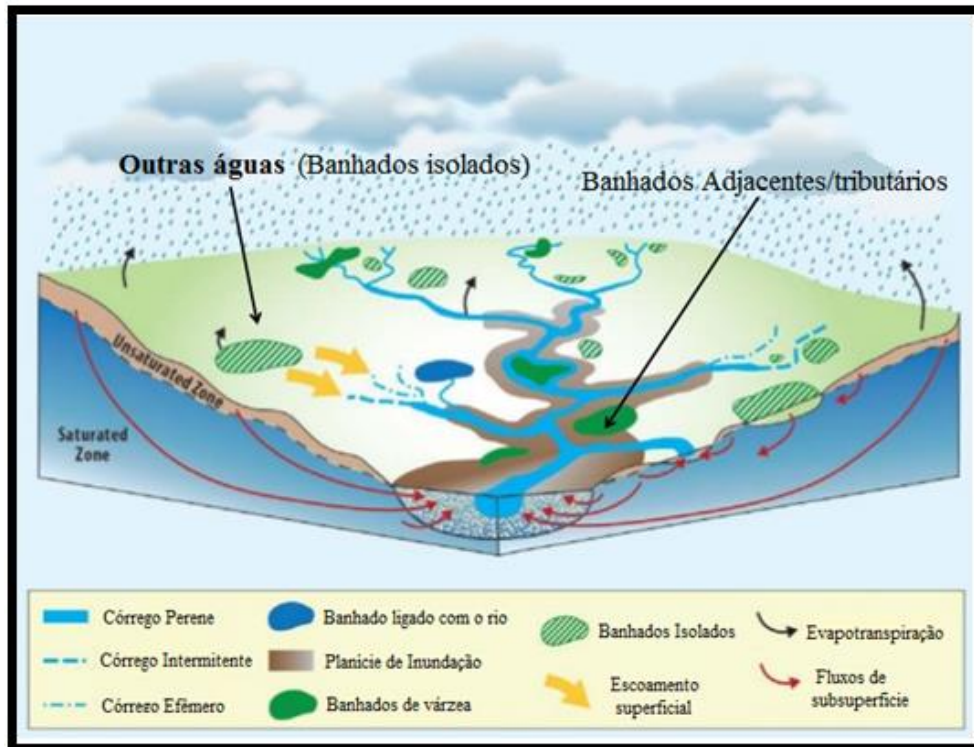


Figura 2 - Representação do sistema rio-planície de inundação.

Fonte: Adaptado de EPA, 2013.

Conforme Wood et al. (1997) a manutenção dos padrões naturais de conectividade entre habitats ao longo de um rio e entre um rio e sua zona ribeirinha e a planície de inundação, é essencial para a viabilidade das populações de muitas espécies ribeirinhas. Nos rios, a conectividade ecológica atinge seu apogeu nos locais de maior sinuosidade, onde os caminhos ligam o canal do rio e as diversas comunidades aquáticas e ribeirinhas localizadas na planície de inundação (WARD; STANFORD, 1995).

A conectividade lateral, que se altera sazonalmente, origina uma variabilidade espaço-temporal importante, refletida pela presença de habitats que se inter-relacionam em diferentes graus, seguindo o conceito de "Mosaico de Habitats Móveis" (*Shifting Habitat Mosaic - SHM*), proposto por Stanford et al. (2005).

O conceito de SHM refere-se às alterações sazonais nos fragmentos de paisagem. Stanfod et al. (2005) ressaltam que nas planícies inundáveis, o SHM é regulado pelos pulsos de inundação. Latterell et al. (2006) salientam que o SHM ocorre por processos naturais como inundações, movimentos de massa, depósitos fluviais, degelo, entre outros, como também por atividades antrópicas como as queimadas, os desmatamentos e as barragens (WIMBERLY, 2006)

As pesquisas envolvendo pulsos de inundação e conectividade são caracterizadas pela diversidade com que abordam os temas. Dentre as pesquisas, destacam-se os trabalhos de Galat et al., (1998) que utilizaram imagens históricas dos limites de inundação para restaurar a conectividade lateral em um trecho retificado do rio Missouri; Bornette et al. (1998) que analisaram o papel da conectividade na diversidade de plantas aquáticas em uma Área Úmida; e, Amoros; Bornette (2002) que abordaram a conectividade e a biocomplexidade em planícies de inundação.

Rains et al. (2006) analisou o papel de um aquífero na conectividade hidrológica e nos processos biogeoquímicos em um lago vernal no Vale Central (Califórnia); Arenas-Ibará (2008) analisou a influência de reservatórios na conectividade hidrológica do macrossistema fluvial do alto rio Paraná; Guimarães (2009) analisou as relações entre conectividade e comunidade de peixes, utilizando SIG e conceitos de ecologia da paisagem em 39 lagoas na planície costeira do Rio Grande do Sul. Rocha (2010) realizou um estudo sobre as interações entre as características geomorfológicas e a conectividade de ambientes aquáticos e outras feições do sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná; Philips et al. (2011) estimaram a conectividade e a dinâmica de escoamento superficial em bacias heterogêneas; Santos (2011) avaliou a aplicação de conectividade para mensuração de impactos cumulativos de fragmentação de bacia hidrográficas através de índices de conectividade dendrítica.

Rocha (2011b) e Rocha; Rocha (2007) abordaram os processos hidrodinâmicos atuantes nos sistemas rio-planície de inundação, visando uma interpretação associativa entre as diversas feições geradas pelos processos geomórficos e as principais dimensões de conectividade hidrodinâmica entre os ambientes de canal e planície de inundação. Goerl (2014) analisou a evolução da paisagem e conectividade hidrogeomorfológica na bacia do rio Cunha, SC.; Souza; Santos (2015) abordaram a hidrossedimentologia e a conectividade do rio Macaé, RJ.; Rocha (2015) analisou a conectividade estrutural e funcional hidrosedimentológica, a partir do relacionamento da intensidade do escoamento superficial, produção hídrica e da concentração de sedimentos em diferentes trechos na bacia hidrográfica; e Reis (2016) elaborou uma metodologia para avaliação dos padrões e de conservação da conectividade dos habitats na bacia hidrográfica do rio Araguari, MG.

3.3 Sensoriamento Remoto na identificação das áreas inundáveis

Sensoriamento remoto pode ser entendido como a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos, sem que haja contato direto entre eles (JENSEN, 2009). Esta tecnologia vem sendo aplicada em diversas áreas do conhecimento (JOHNSTON; BARSON, 1993). Isto se deve à possibilidade de se obter uma grande quantidade de informações a respeito de uma área ou ecossistema, em tempos diversos, apresentando baixo custo (se comparado aos métodos de amostragem de dados em campo), assim como uma boa qualidade, permitindo a visualização integrada do ambiente, entre outras vantagens (NOVO, 2010; CAMARA et al., 2004; JENSEN, 2009; MOREIRA, 2011).

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são cada vez mais valorizadas como ferramentas úteis para fornecer informações básicas de grande escala sobre as características da paisagem (DE ROECK et al., 2008). Elas são usadas para mapeamento de habitats e espécies, determinação da biodiversidade, detecção de mudanças no uso da terra e monitoramento de áreas de conservação. Em muitos casos, os dados de sensoriamento remoto podem substituir parcialmente os levantamentos de campo, muitas vezes demorados, caros, ou por localizar-se em difícil acesso (JENSEN, 2009).

Ortega (2011) complementa salientando que as imagens de satélite oferecem informações valiosas da superfície a partir dos canais do espectro eletromagnético, obtendo-se dados das características superficiais (umidade, temperatura, presença de matéria orgânica, entre outros), muitas vezes não perceptíveis em fotografias aéreas convencionais (GARCÍA et al., 2006; ORTEGA, 2011). Assim, as imagens de satélite permitem a obtenção de dados que possibilitam a caracterização e o delineamento das AUs em diferentes períodos. (DE ROECK, et al., 2008).

Com a recomendação da Convenção de Ramsar para o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento na classificação, mapeamento, delineamento e inventário das AUs (VEGA, 2006), a utilização destas técnicas vêm sendo largamente empregada dentro da seara geográfica. As melhores resoluções radiométricas, espectrais e temporais do Landsat TM possibilitaram estudos mais precisos na identificação de diversos tipos de Áreas Úmidas (JENSEN et al., 1984; JENSEN et al., 1993; JOHNSTON; BARSON, 1993; OZESMI; BAUER, 2002). Jensen et al. (1993) salientam que a banda do infravermelho médio do Landsat TM é capaz de mapear grande parte da separabilidade entre Áreas Úmidas.

De Roeck et al. (2008) entende que não existe um método padrão para a classificação de Áreas Úmidas por computador. Os sensores de satélites Landsat, SPOT, AVHRR, IRS e radar são os mais usados para a detecção de Áreas Úmidas (OZESMI; BAUER, 2002; BACKER et al., 2006).

Conforme salienta Allan (2016), o uso de satélite de observação da Terra fornece uma fonte confiável e padronizada de dados ambientais. O sensoriamento remoto tem uma longa história de aplicações bem sucedidas no campo da delimitação de Áreas Úmidas (OZESMI; BAUER, 2002), utilizando uma multiplicidade de plataformas e sensores. Historicamente, os dados de observação da Terra fizeram uso de faixas visíveis e do infravermelho próximo para classificações, como as encontradas nos satélites Landsat. Os dados Landsat 4, 5 e 8 TM e Landsat 7 ETM+, por exemplo, são gratuitos e têm resolução espacial considerada média (30 m) (JENSEN, 2009), e resolução temporal de 16 dias (FROHN et al., 2011).

Dentre as técnicas de processamento de imagens de sensoriamento remoto, os Índices de Vegetação (IVs) apresentam diversas relações matemáticas entre bandas com o objetivo de explorar o comportamento espectral típico da vegetação, do solo e da água na faixa do visível e do infravermelho refletido (NOVO, 2010).

Conforme Jensen (2009) os IVs são medidas radiométricas adimensionais obtidas por diferentes relações matemáticas entre as diversas bandas espectrais dos sensores. Estas medidas guardam estreita relação com vários parâmetros biofísicos da vegetação, tais como: índice de área foliar (IAF), teor de clorofila da vegetação, quantidade de biomassa, % de cobertura do solo, entre outros (BASTOS, 2014).

Bastos (2014) salienta que um dos índices mais utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), proposto inicialmente por Rouse et al. (1974) a partir da normalização da razão simples, situando-a no intervalo de variação entre -1 e +1, onde valores abaixo de 0 (referem-se a vegetação sem folha, submetida a condição de estresse hídrico por déficit de água no solo), e acima de 0 (relativo a vegetação com folhas, sem restrições hídricas e na plenitude de suas funções metabólicas e fisiológicas).

O NDVI tem sido amplamente utilizado no sensoriamento remoto da vegetação. Este índice utiliza irradiações ou remissões da banda do vermelho (em torno de 0,66 μm) e a banda do infravermelho próximo (NIR), em torno de 0,86 μm . A banda do vermelho (Red) está localizada na região de absorção da clorofila forte, enquanto o canal de infravermelho possui sua alta reflectância na copa de vegetação. O NDVI é calculado pela Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$$

Onde: *NIR* - é a reflectância no infravermelho próximo; e *Red* - é a reflectância na banda do vermelho (JENSEN, 2009).

Seguindo a mesma linha de discussão, na obtenção de uma diferença normalizada para fins de diminuição de influências externas resultante do processo de aquisição das imagens de sensoriamento remoto, Gao (1996) propôs o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI), para identificar a água presente na vegetação. Para isto, substituiu a reflectância na banda do vermelho pela banda do infravermelho médio (MIR), em torno de 1,24 μm (BASTOS, 2014). Ambas as bandas (0,86 μm e 1,24 μm) têm alta refletância no platô na cobertura da vegetação. McFeeters (1996) definiu o NDWI para identificar águas abertas, substituindo a banda do vermelho pela banda do verde (Green). O valor de NDWI varia de -1 para 1. McFeeters (1996) definiu zero como o limiar. Isto é, o tipo de cobertura é a água se $NDWI \geq 0$ e é não água se $NDWI \leq 0$ (BRENNER; GUASSELLI, 2015). O NDWI (MCFEETERS, 1996) é calculado pela Equação 2:

$$NDWI = \frac{NIR-Green}{NIR+Green} \quad (2)$$

Conforme Bastos (2014) o NDWI é mais sensível a alterações no conteúdo de água dos dosséis vegetais e menos sensível aos efeitos atmosféricos quando comparado ao NDVI em virtude da menor dispersão da radiação solar devido aos aerossóis atmosféricos na faixa do espectro do infravermelho médio.

Verifica-se na bibliografia um crescente avanço de estudos e mapeamentos de AUs a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Jensen et al. (1986) realizaram uma abordagem multiespectral do uso do sensoriamento em Áreas Úmidas; Morais et al. (2005) utilizaram o sensoriamento remoto para identificar e classificar sistemas lacustres de uma planície aluvial; Fantin-Cruz et al. (2009) mapearam a inundação e a conectividade nos processos ecológicos do sítio de amostragem de longa duração-Pantanal; Melack; Hess (2010) utilizaram o sensoriamento remoto para analisar a distribuição e a extensão das Áreas Úmidas da bacia Amazônica; Oliveira (2010) mapeou a distribuição das áreas inundáveis, através da obtenção de dados pluviométricos, imagens de satélite e dados SRTM; Davranche et al. (2010) utilizou a série temporal de imagens do satélite SPOT-5 para o monitoramento de Áreas Úmidas e,

Lima (2010) utilizou imagens NDWI para mapear as planícies de inundação dos rios Grande e Aiuruoca, MG;

Rocha (2011a) apresenta uma proposta de mapeamento geomorfológico das áreas inundáveis em um trecho da planície fluvial do alto rio Paraná, a partir de imagens de sensoriamento remoto; Meller (2011) mapeou as AUs e banhados da bacia do rio Amandaú-RS, através de imagens orbitais; Zhu et al. (2011) mapearam as zonas úmidas na bacia do lago Balcache (Cazaquistão) através de dados de sensoriamento remoto e características topográficas; Ray et al. (2012) utilizaram imagens Landsat TM para caracterizar e mapear Áreas Úmidas interiores; Leite; Guasselli (2013) utilizaram técnicas de sensoriamento remoto para identificar a dinâmica da vegetação no Banhado Grande; Singh et al. (2013) utilizaram o sensoriamento remoto para o desenvolvimento de um inventário das Áreas Úmidas em Gurdaspur, Índia; Dias (2014) delimitou as AUs da planície de inundação do médio Araguaia, através de imagens NDWI; e Mondal; Bandyopadhyay (2014) utilizaram o sensoriamento remoto para modelagem de Áreas Úmidas costeira, na Índia.

Scheren (2014) aplicou o NDWI para identificar e mapear o limite máximo de inundação na porção mais urbanizada da bacia do rio Gravataí; Brenner; Guasselli (2015) utilizaram o NDWI para identificar meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí com potencial de renaturalização; Garcia; Otto (2015) aplicaram o NDWI para caracterização ecohidrológica de áreas de banhados, demonstrando a sua utilidade para produzir informações sobre HAA (Humedales dos Altos Andinos), de modo a contribuir para a sua conservação e proteção; Gilmore et al. (2015) avaliaram a eficácia do método DOS (Dark Object Subtraction) e do NDWI para mapear zonas úmidas a partir de imagens Landsat 8 TM; Vanderhoof et al. (2016) desenvolveram um índice para caracterizar a conectividade entre o rio e as AUs adjacentes; Kavyashree; Ramesh (2016) utilizaram o sensoriamento remoto para mapearem as mudanças temporais em uma Área Úmida do sul da Índia.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

A Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) localiza-se na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul, Figura 3. Foi instituída pelo Decreto Estadual nº 38.971/1998, e segundo o Art. 15º do Sistema Nacional de Unidades de Conservação

(BRASIL, 2000) “é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas”, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

A APABG localiza-se na bacia hidrográfica do rio Gravataí, com uma área de 136.935 ha, abrangendo os municípios de Santo Antônio da Patrulha, Gravataí, Viamão e Glorinha. A bacia apresenta duas zonas com características de ocupação distintas, a primeira, no curso superior do rio, com intensa atividade agrícola, onde se tem uma alta demanda hídrica por parte do arroz, e a segunda, na parte inferior do rio, com uma intensa ocupação urbana e industrial, onde a demanda hídrica se dá basicamente para o abastecimento doméstico (SCHERER, 2014).

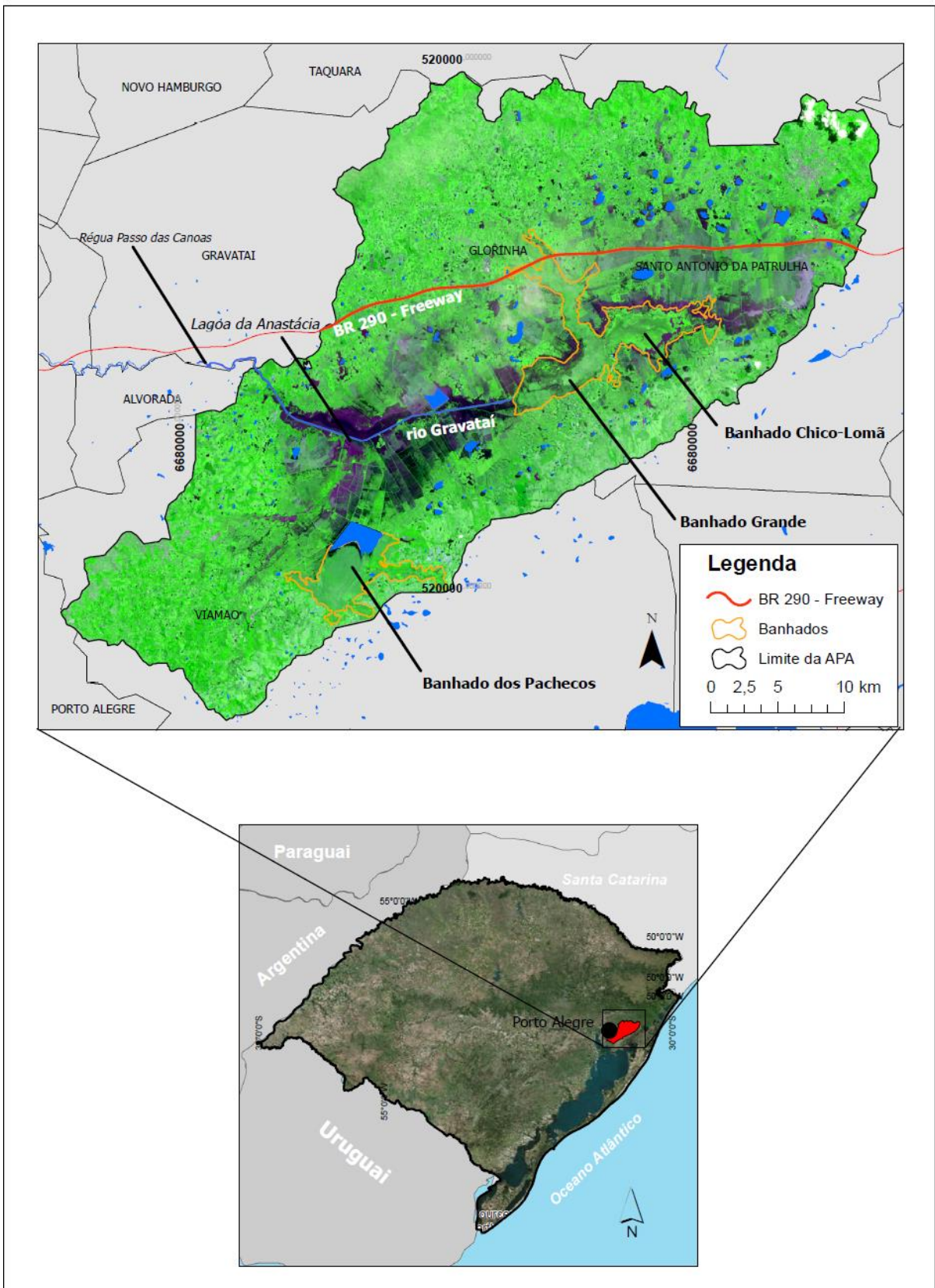


Figura 3 - Localização da área da APABG, bacia hidrográfica do rio Gravataí, região metropolitana de Porto Alegre - RS

Figura 4(a) mostra uma fotografia aérea obtida em meados dos anos 1960. Vê-se a área da planície do rio Gravataí num grande pulso de inundação característico do período pré-retificação do DNOS. É possível perceber os meandros anastomosados com múltiplos canais com alta intensidade de interações (conectividade lateral) (WARD; STANFORD, 1995; ROCHA, 2011b), e também a extensão da inundação, que mostra os limites naturais da planície inundável do rio Gravataí. Na Fig. 4(a) ainda não existiam lavouras de arroz na planície de inundação do rio Gravataí.

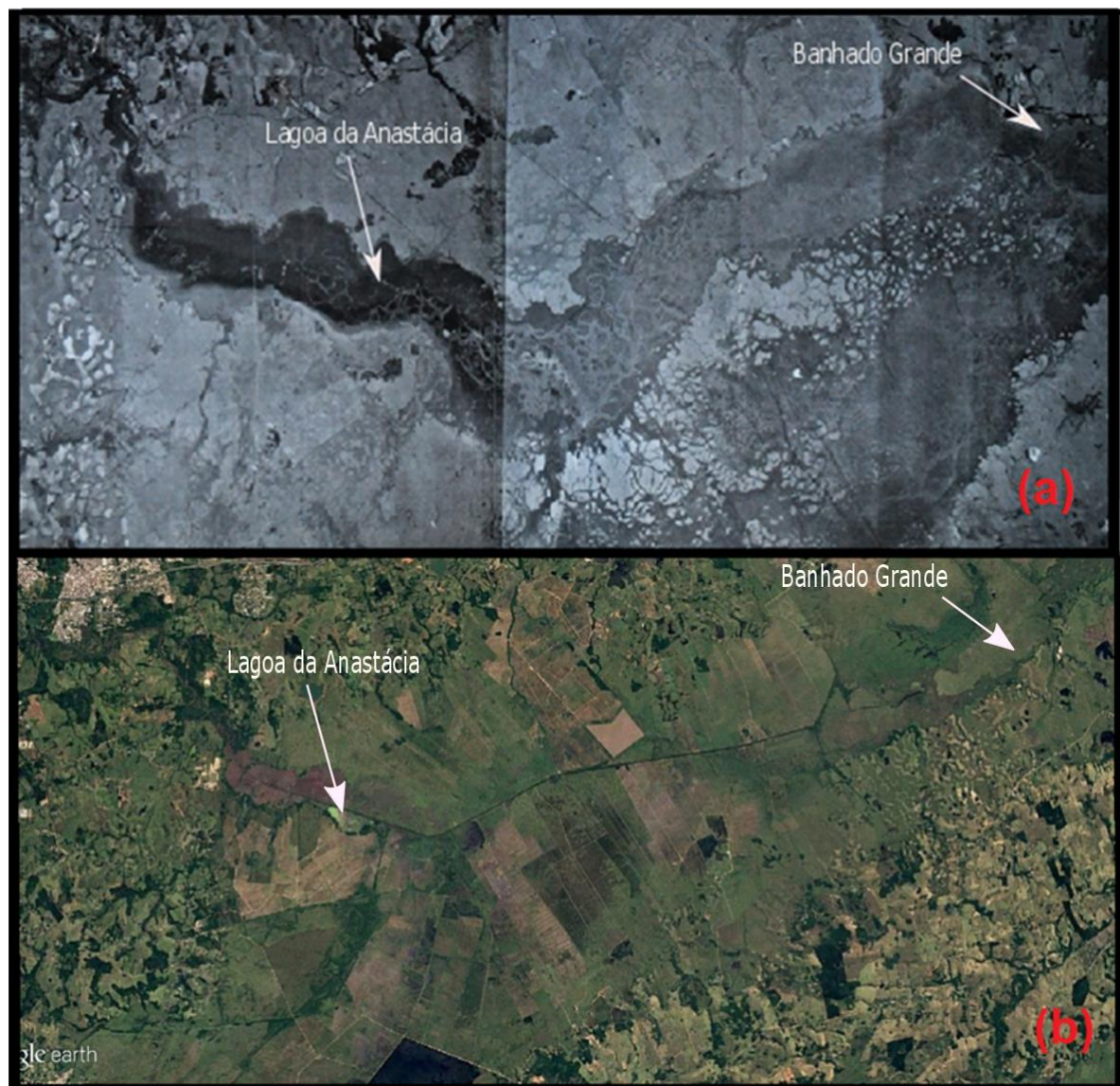


Figura 4 – Período pré e pós-retificação do rio Gravataí. (a) Fotografia aérea da planície de inundação do rio Gravataí no período pré-retificação; (b) Imagem de satélite da planície do rio Gravataí, pós-retificação.

Fonte: (a) METROPLAN; (b) Google Earth Pro.

A Figura 4 (b) mostra uma imagem de satélite de dezembro de 2016. Atualmente, grande parte da planície inundável do rio Gravataí encontra-se ocupada pela atividade

rizícula. Inclusive, parte das áreas de banhados, principalmente, do Banhado Grande foram perdidas para o cultivo do arroz (GUASSELLI et al., 2013). Os meandros entrelaçados caracterizados pelos múltiplos canais (Figura 4a) atualmente são percebidos apenas próximos à Lagoa da Anastácia.

Ainda, em relação à Figura 4(a), destaca-se a importância da área compreendida pelo corredor que liga os Banhados Grande e dos Pachecos no controle de cheias, pois, enquanto este corredor fica completamente inundado, o trecho à jusante do rio Gravataí apresenta pouco extravasamento lateral do canal do rio. Essa área à jusante, inclusive, atualmente apresenta uma intensa ocupação urbana (Figura 4b) (SCHEREN, 2014).

4.1.1 Hipsometria

Com base no mapa altimétrico, Figura 5, gerado a partir de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (FARR et al., 2007), a área da APABG possui uma amplitude altimétrica entre 3 e 389 metros. As áreas ao norte são mais elevadas com as maiores altitudes (389 metros), e a porção leste apresenta altitudes variando entre 100 a 200 metros e é caracterizada pela presença da Coxilha das Lombas (Barreira I).

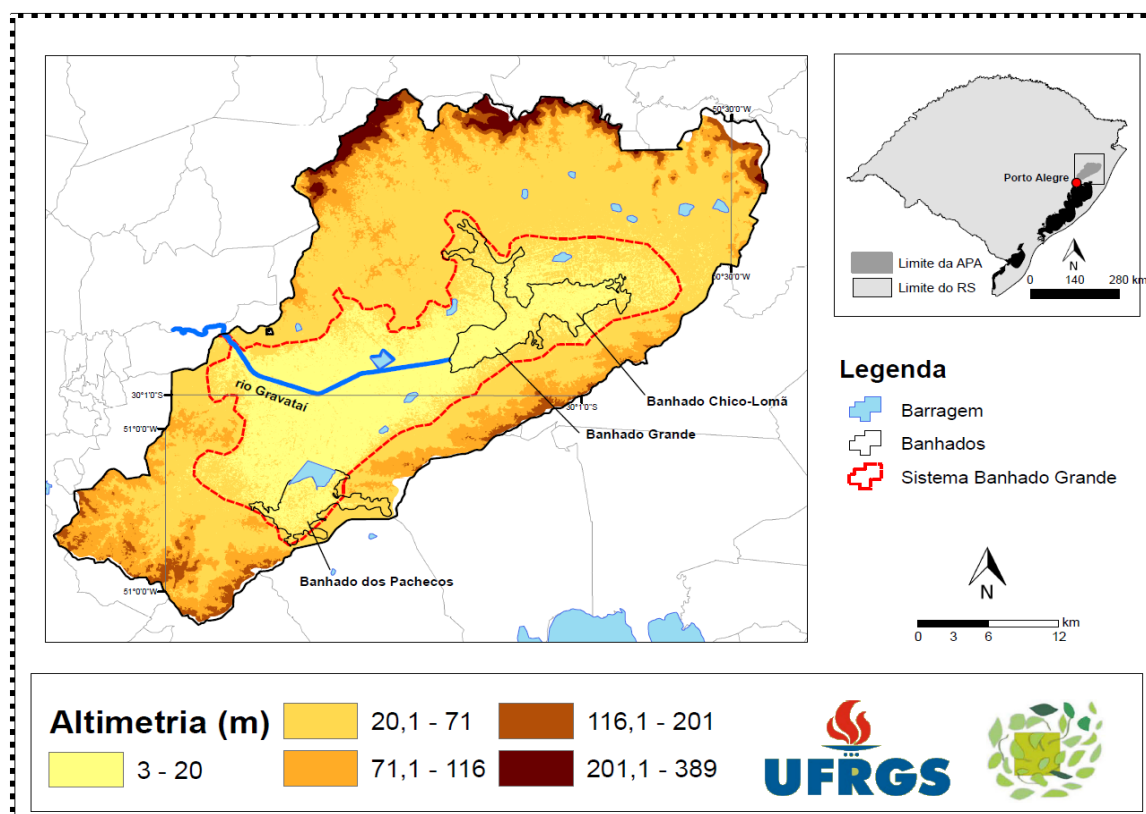


Figura 5 - Mapa Hipsométrico da APABG.
Fonte: SRTM (FARR et al., 2007)

Merece destaque a área central da APABG, segundo Guasselli et al. (2013) essa área é delimitada pela cota altimétrica de 20m e que compreende a planície inundável do rio Gravataí e o corredor que conecta os banhado Grande e dos Pachecos. Meneghetti (1998) define essa área como Sistema Banhado Grande (SBG).

4.1.2 Solos

O mapa pedológico mostra que a APABG possui 08 tipos de solos. Destacam-se as áreas de Banhados, com a presença de Gleissolo (Figura 6). Este tipo de solo possui textura argilosa a muito argilosa, e tem ocorrência em relevos planos e em substratos fluvio lagunares. Estão associadas ao Gleissolo as áreas mal drenadas, com lençol freático aflorante na maior parte do ano. Os Gleissolos são solos que passam pelo processo de gleização, pelo excesso de matéria orgânica (NIELSEN, 1994).

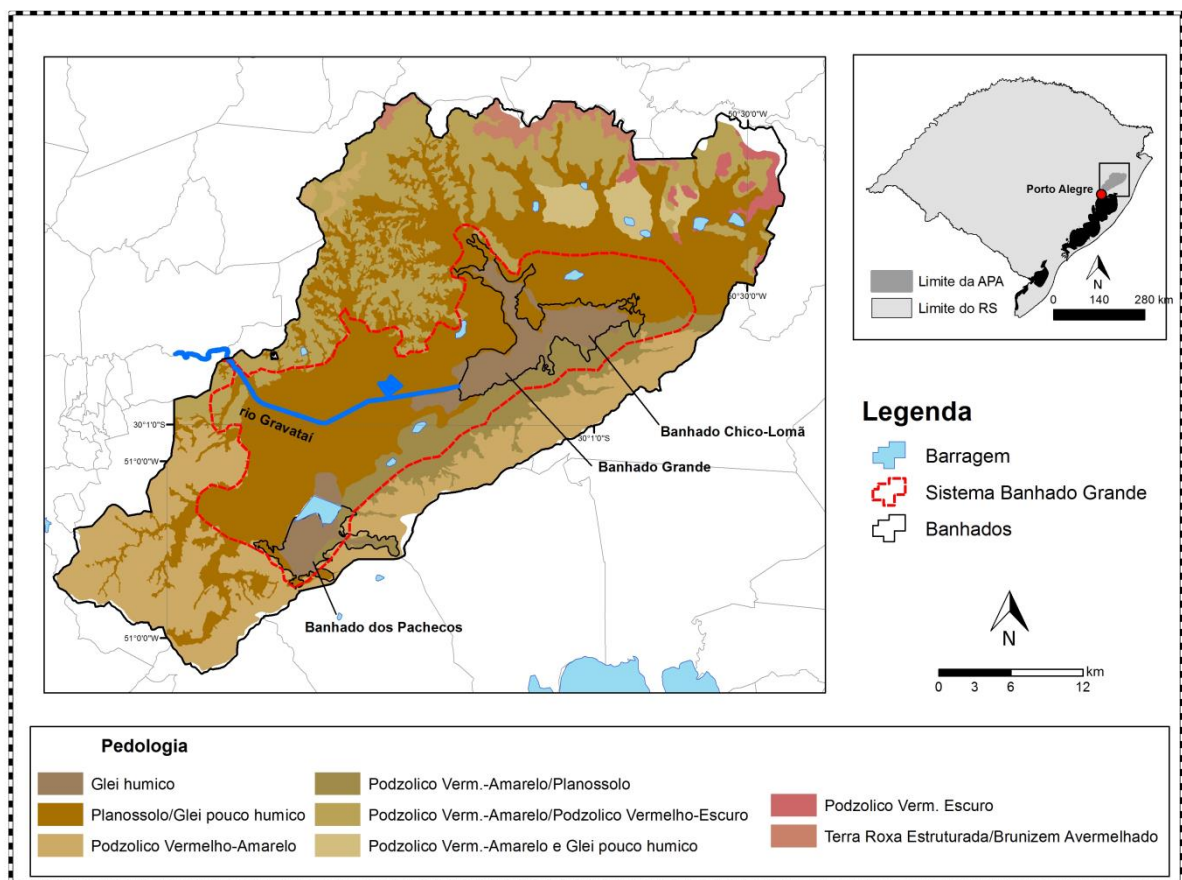


Figura 6 - Mapa de Solos da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande
Fonte: Adaptado de Nielsen (1994)

Merece destaque também a planície de inundação do rio Gravataí e a parte norte DA apabg, onde têm-se a presença de Planossolos. Este tipo de solo possui textura média a argilosa, e ocorre em áreas com relevo plano e com substrato de depósitos flúvio lagunares. Os Planossolos são associados a áreas que apresentam má drenagem, favorecendo os processos de hidromorfismo. Na APABG os Planossolos circundam as áreas de Banhados, compreendendo as AUs com ocupação agrícola (NIELSEN, 1994).

4.1.3 Geologia e Geomorfologia

Segundo Nielsen (1994), a APABG compreende 07 unidades geomorfológicas (Figura 7). Destaca-se a presença de Planícies e Terraços Lagunares (Ptl) na porção central da APABG, entre os banhados Grande, dos Pachecos e a planície inundável do rio Gravataí. A Unidade Ptl está relacionada a sistemas deposicionais que se desenvolveram na planície costeira (sistema lagunar e sistema de leques aluviais). Esses sistemas originam-se em relevos de acumulação flúvio-lacustres, apresentando as seguintes formas: leitos de canais de arroios anastomados passando a meandrantas, terraços lagunares e banhados.

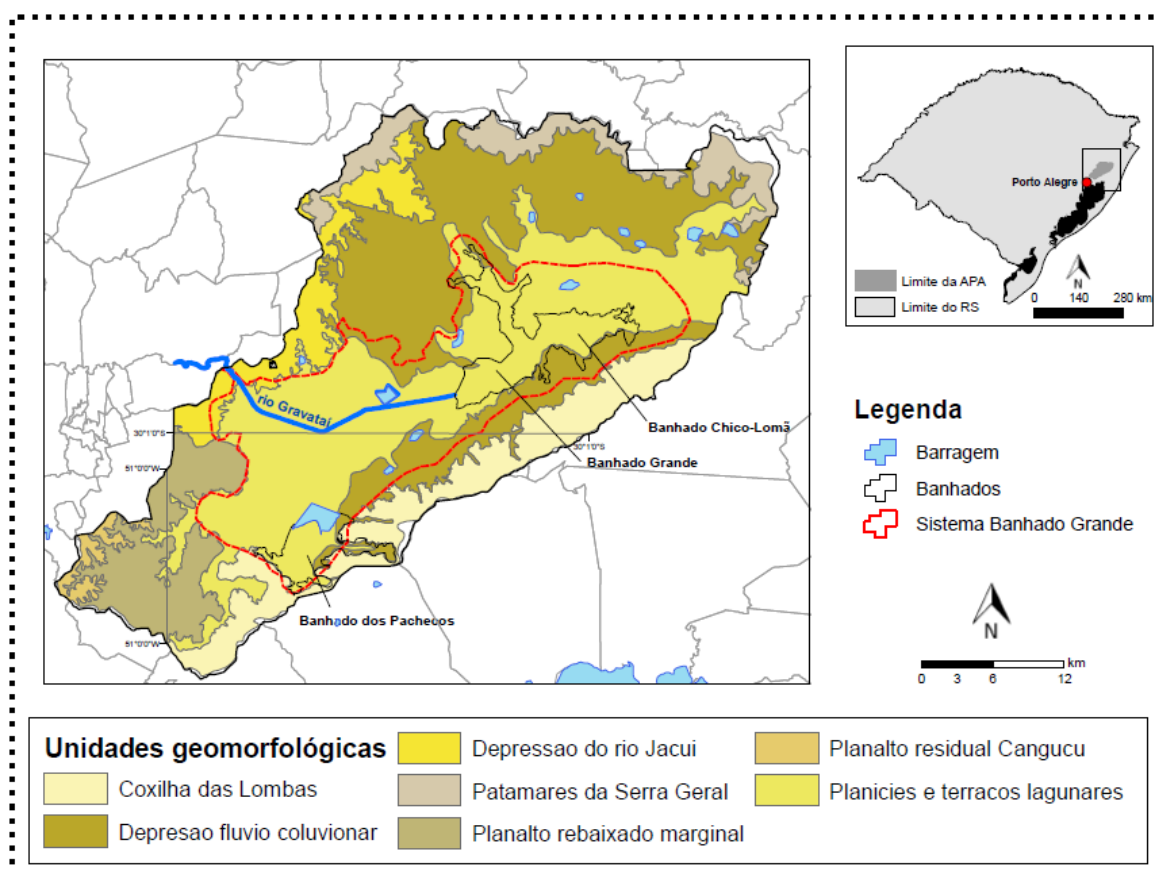


Figura 7 - Mapa geomorfológico da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande.

Fonte: Adaptado de Nielsen (1994).

A APABG encontra-se sobre o Sistema Depositional Laguna-Barreira I, também denominado de barreira das Lombas (RUBBO, 2004). Este é o mais antigo sistema deposicional do tipo “laguna-barreira”, desenvolvendo-se no primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico. A formação da Barreira I, Figura 8, deu-se, principalmente, a partir da acumulação de sedimentos eólicos que se aportaram sobre altos do embasamento cristalino (RODRIGUES et al., 2000; RUBBO, 2004).

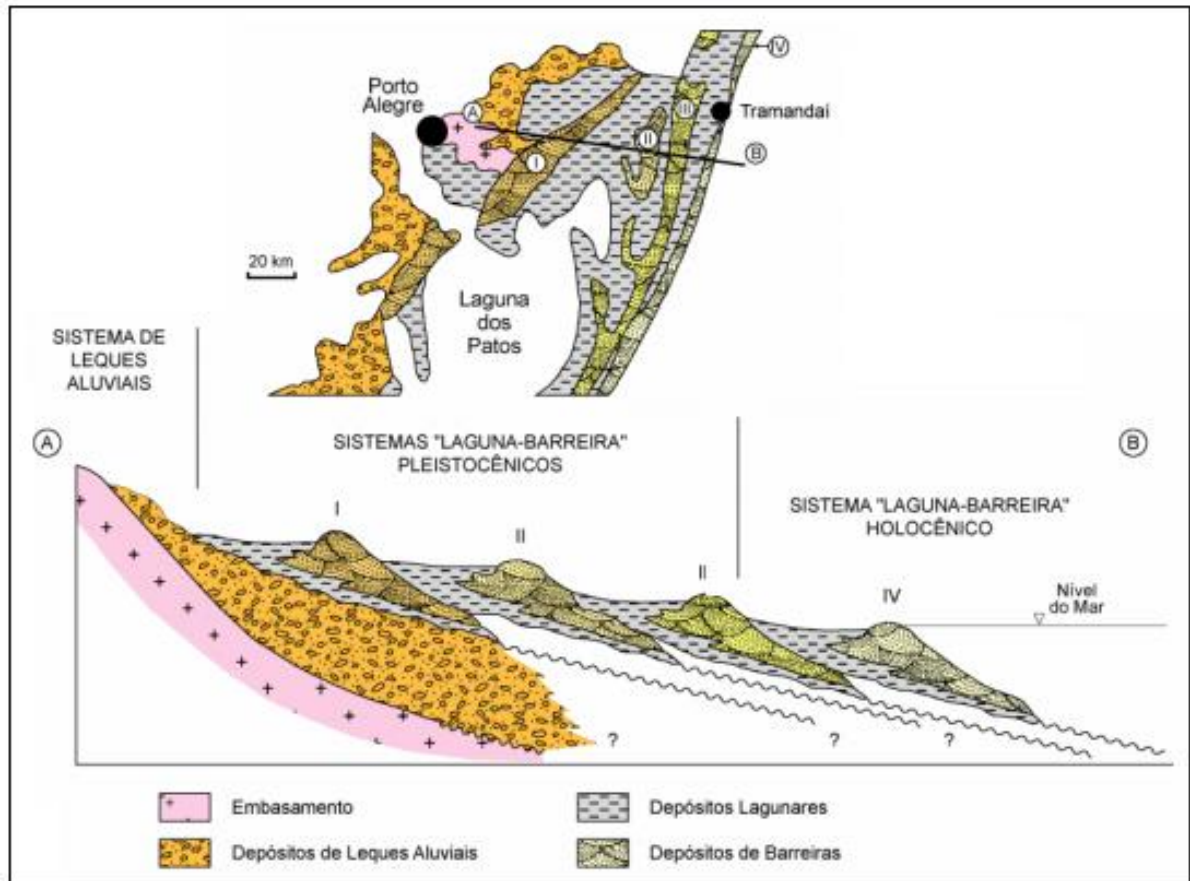


Figura 8 - Ilustração dos Sistemas Depositionais da planície costeira do Rio Grande do Sul.
Fonte: Adaptado de Tomazelli; Villwock (1995),

Com base em trabalhos anteriores de Tomazelli; Villwock (1995), Rubbo (2004) salienta que

a carga sedimentar trazida pelos rios que drenam as terras altas adjacentes se acumulou, dentro do Sistema Lagunar I, em ambientes de sedimentação lagunar, fluvial e paludial. O Sistema Lagunar I sofreu a influência de vários eventos transgressivo-regressivos durante o Quaternário. Assim, o pacote sedimentar que se acumulou no espaço geomorfológico do sistema Lagunar I (Sistema Lagunar Guaíba- Gravataí) reflete estes diferentes eventos envolvendo depósitos aluviais, lagunares, lacustres e paludiais de diversas idades (RUBBO, 2004).

O mapa geológico da APABG, Figura 9, mostra os ambientes de sedimentação lagunar, fluvial e paludial. Optou-se por apresentar o mapa delimitado pelo polígono que representa o Sistema Banhado Grande, pois, para Meneghetti (1998) esta área toda já foi área de banhado.

Entretanto, ao analisar o mapa geológico, percebe-se que as áreas de banhados (ambientes paludiais) localizam-se próximas aos banhados Grande e dos Pachecos. Grande parte das áreas de banhados foram perdidas, principalmente, nos limites sul do Banhado Grande e norte do Banhado dos Pachecos, onde inclusive, existe uma barragem com 574 ha, construída no início da década de 1990, para irrigar o arroz produzido no assentamento Filhos de Sepé, do Movimento Sem Terra (MST), sobre o depósitos paludiais.

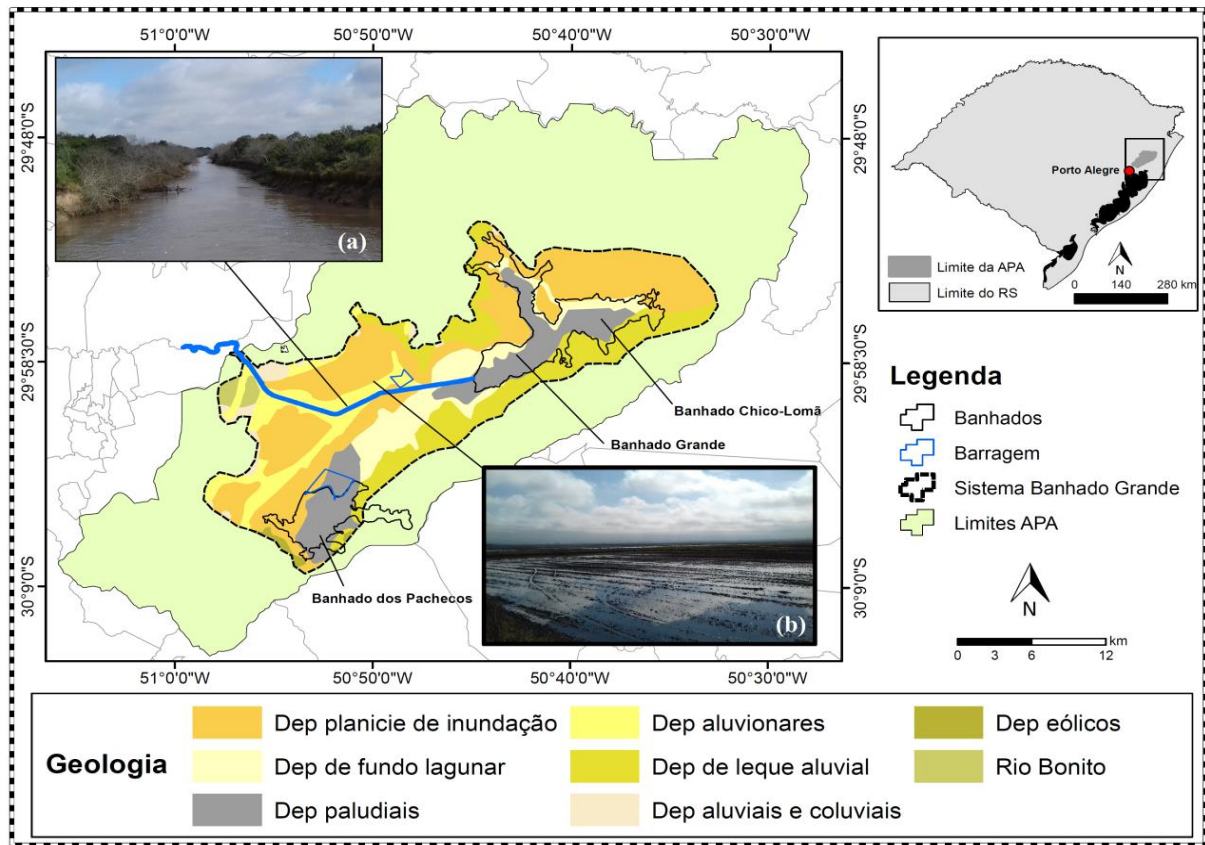


Figura 9 – Mapa Geológico do Sistema Banhado Grande (SBG). (a) foto do canal do rio Gravataí; (b) cultivo de arroz dentro do SBG.

Fonte: Adaptado de BRASIL/CPRM (2004).

Destacam-se também no mapa geológico, os depósitos de fundo lagunares, que formam uma espécie de corredor, conectando os banhados Grande e dos Pachecos. Este depósito indica um antigo nível lagunar isolado pela barreira das Lombas, constituídos por

solos arenosos (fino e muito fino) silte e argila, com sedimentos mal selecionados (FRANTZ et al., 1990).

4.1.4 Clima

A caracterização climática da APABG torna-se fundamental, pois, a partir de dados de precipitação pluviométrica, podem-se definir os pulsos de inundação e seca. A planície costeira do Rio Grande do Sul está sob a influência de ambientes climáticos típicos. Os fatores dinâmicos e estáticos do clima na área interagem na composição das condições particulares que se expressão na variação térmico-pluviométrica.

Assim, há de se considerar três grandes fatores estáticos: a latitude, a geomorfologia e a maritimidade. Enquanto que os fatores dinâmicos, que impõem considerável energia sobre o clima no litoral do Rio Grande do Sul são o campo energético oceânico, o anticiclone atlântico e as correntes marinhas (WOLLMANN; SARTORI, 2009; WOLLMANN, 2011).

Precipitação Pluviométrica e Temperatura

A caracterização climática de determinada área pode ser inicialmente feita através da análise da precipitação pluviométrica, pois pode refletir as condições de circulação atmosférica regional, tanto sazonal quanto anual (WOLLMANN; GALVANI, 2014).

O clima mesotérmico superúmido sem estação seca, de ocorrência em todo território do Rio Grande do Sul, é caracterizado pela grande uniformidade termo pluviométrica. No entanto, na planície costeira a função climato-oceânica define a condição térmico-pluviométrica da área, enquanto que, a altitude é o fator de ordem na manifestação das temperaturas e precipitações nas regiões de maiores cotas altimétricas do Estado (PANCOTTO, 2007; ROSSATO, 2011).

A análise das ocorrências climáticas para o período de 1961-1990 põe em destaque as relações sistêmicas no ambiente da planície costeira do Rio Grande do Sul. Para a normal climatológica da Estação Meteorológica de Porto Alegre, localizada em linha reta a aproximadamente 29 km da área da APABG (Figura 10), no primeiro trimestre (janeiro, fevereiro e março) vê-se uma estabilidade pluviométrica, com valores entre 100 mm e 105 mm, onde a pluviosidade média varia apenas 05 milímetros. A temperatura média para o

primeiro trimestre apresenta-se com pouca variação, sendo semelhantes para os meses de janeiro e fevereiro, entre 24,6 °C e 23,1°C para março.

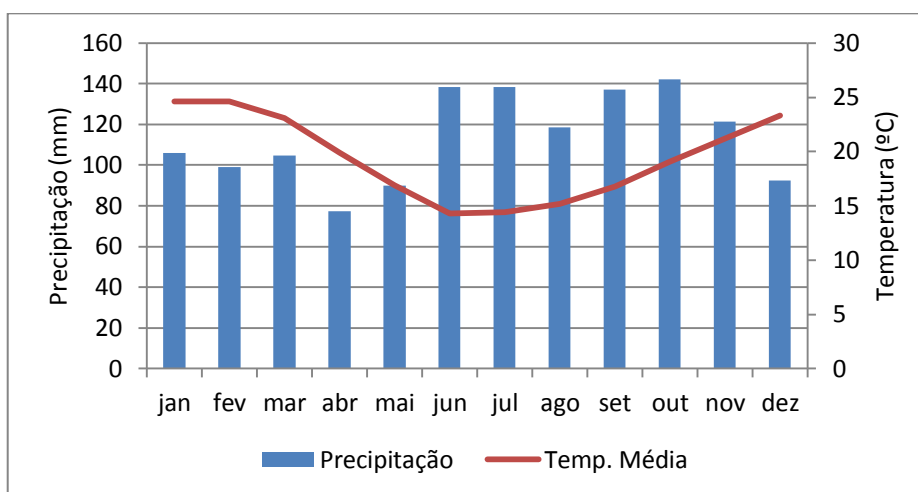


Figura 10 - Média mensal da precipitação e temperatura do ar na estação do INMET em Porto Alegre (1981-2010)
Fonte: INMET, 2017.

Abril é o mês menos chuvoso da série histórica com aproximados 76 mm médios, enquanto que no mês de maio a pluviosidade volta a aumentar significativamente até o mês de junho, que assim como julho apresenta 148 milímetros de precipitação. Os meses de junho e julho apresentam as menores temperaturas médias para a série histórica, 14,3°C e 14,4°C, respectivamente.

Outubro, no último trimestre da série histórica, apresenta os maiores valores de pluviometria para a série histórica. Chove em média neste mês 142 mm na Estação Meteorológica de Porto Alegre. Em novembro e dezembro, os valores de precipitação voltam a diminuir, sendo que em novembro a média é 121 mm e dezembro 92 mm.

Conforme Rossato (2011), a APABG insere-se no clima Subtropical III, com a temperatura média anual variando entre 17 e 20°C, e um regime pluviométrico entre 1700 a 1800 mm anuais. A média mensal da precipitação pluviométrica, entre 1981-2010, na Estação Meteorológica do INMET em Porto Alegre foi de 112,6 mm (Figura 9) (ALVARES et al., 2013).

4.1.5 A “Lagoa” da Anastácia

Conhecida popularmente como lagoa da Anastácia, esta área não pode ser considerada como tal, pois, são antigos meandros desativados pelo trecho canalizado do rio Gravataí, que

foram fechados por agricultores locais, com o intuito de barrar a água. Esta área permanece quase que continuamente inundada e, segundo Brenner (2016) isto favoreceu a preservação deste ambiente, pois, impossibilitou a expansão do cultivo do arroz irrigado sob a planície.

A Figura 11 mostra a área de planície inundável que permanece quase que ininterruptamente inundada. Vê-se em primeiro plano o leito retificado do rio Gravataí e sua planície adjacente. Nota-se que a inundação ultrapassa a cerca de divisa de propriedades conectando o rio e sua planície, permitindo interações entre os diferentes ambientes.



Figura 11 -  rea inundada da lagoa da Anastácia, na planície de inundação do rio Gravataí (APABG).

Fonte: Arquivo do autor.

Brenner (2016) realizou nesta área um estudo propondo a renaturalização em alguns trechos do canal do rio Gravataí, a partir de técnicas de bioengenharia. Conforme a autora, a reativação dos meandros do rio   de fundamental importância, impactando na diminuição da vazão do rio, aumentada consideravelmente após a retificação (BRENNER, 2016).

4.1.6 Cultivo de arroz irrigado

Conforme Oliveira et al. (2005), desde a década de 1960, uma das principais formas de uso do solo na bacia do rio Gravataí é o cultivo do arroz irrigado. A porção central da APABG, entre o corredor que liga os banhados Grande e dos Pachecos, segundo Rio Grande do Sul (2011)   a mais densa, na localização das lavouras, dentro da bacia do Gravataí.

A Tabela 1 mostra a área semeada e a produção (em toneladas) do cultivo de arroz irrigado, na safra 2015/16 nos municípios que abrangem a APABG.

Tabela 1- Área semeada e produção de arroz nos municípios que abrangem a APABG.

Município	Safra 2015/16			
	Viamão	Sto Antônio da Patrulha	Gravataí	Glorinha
Área Semeada (ha)	23.437	13.950	240	1.950
Produção (ton)	154.379	103.928	1.572	13.845

Fonte: IRGA (2016).

O município de Viamão apresenta a maior área semeada e também a maior produção. Conforme o IRGA (2016) foi semeado na safra 2015/16 em Viamão, um total de 23.437 hectares e o município obteve uma produção de 154.379 toneladas.

O segundo maior produtor é Santo Antônio da Patrulha, com 13.950 hectares de área semeada e um total de 103.928 toneladas de arroz (IRGA, 2016). Em seguida aparecem os municípios de Glorinha, com 1.950 hectares de área semeada e uma produção total de 13.845 toneladas de arroz, e Gravataí com 1.950 hectares de arroz semeados em 2015, obtendo no ano de 2016 uma produção de 13.845 toneladas.

A Figura 12 mostra a preparação da terra para o cultivo do arroz irrigado, na planície de inundação do rio Gravataí. É possível identificar na Figura uma área com lâmina de água aparente sobre o solo exposto.



Figura 12 - Preparação da terra para o cultivo do arroz na área da APA do Banhado Grande.
Data da imagem: 22/06/2016. Foto do autor.

A Tabela 2 mostra a evolução tempoeral do cultivo de arroz na área da APABG. No primeiro ano de análise (1985) o cultivo de arroz dentro dos limites da APABG foi de 5.536 hectares. Em 1994, nove anos depois da primeira análise, a área cultivada dentro da APABG foi 70% maior que em 1985. Em 1996 a área cultivada apresentou uma queda, se comparada a 1994. Foram cultivados em 1996, 6.793 ha de arroz irrigado, enquanto em 1994 o cultivo foi de 9.359 ha. Esta redução pode estar atribuída à rotação de cultura, quando ocorre a substituição do produto cultivado, ou ao pousio das áreas cultivadas. No ano de 2005 o cultivo de arroz dentro da APABG foi de 11.053 ha e em 2009, 10.577 ha. O último ano de análise (2015) foi o que apresentou maior área plantada dentre os anos estudados (12.615 ha).

Tabela 2 - Evolução temporal do cultivo de arroz na APABG.

Ano	Cultivo de arroz irrigado Área plantada (ha)
1985	5.536,1
1994	9.359,3
1996	6.793,5
2005	11.053,4
2009	10.577,5
2015	12.615,0

Fonte: Belolli (2016).

Belloli (2016) mapeou as áreas de cultivo de arroz irrigado na APABG no ano de 2015 (Figura 13). Neste ano, a produção de arroz na área da APABG foi de 12.615 ha. Na figura os limites ao norte do Banhado Grande e a porção central da APABG, são as áreas que apresentam maior área plantada.

Existe um projeto para criação de uma barragem no rio Gravataí, com o intuito, segundo Rio Grande do Sul (2014), de minimizar as enchentes à jusante do rio na área mais urbanizada. Fragoso Júnior; Neves (2015) realizaram uma modelagem para identificar a área a ser inundada com a barragem. Conforme o mapeamento dos autores, se a barragem inundar uma área referente à cota altimétrica de 11 metros, a planície de inundação do rio Gravataí e também o corredor que liga o Banhado Grande ao Banhado dos Pachecos ficariam completamente inundados pela barragem. A Figura 13 destaca as áreas cultivadas dentro do polígono, referente à cota de 11 metros, ou seja, área que seria inundada pela barragem. Nesta área foram cultivados 2.400 ha de arroz irrigado no ano de 2015.

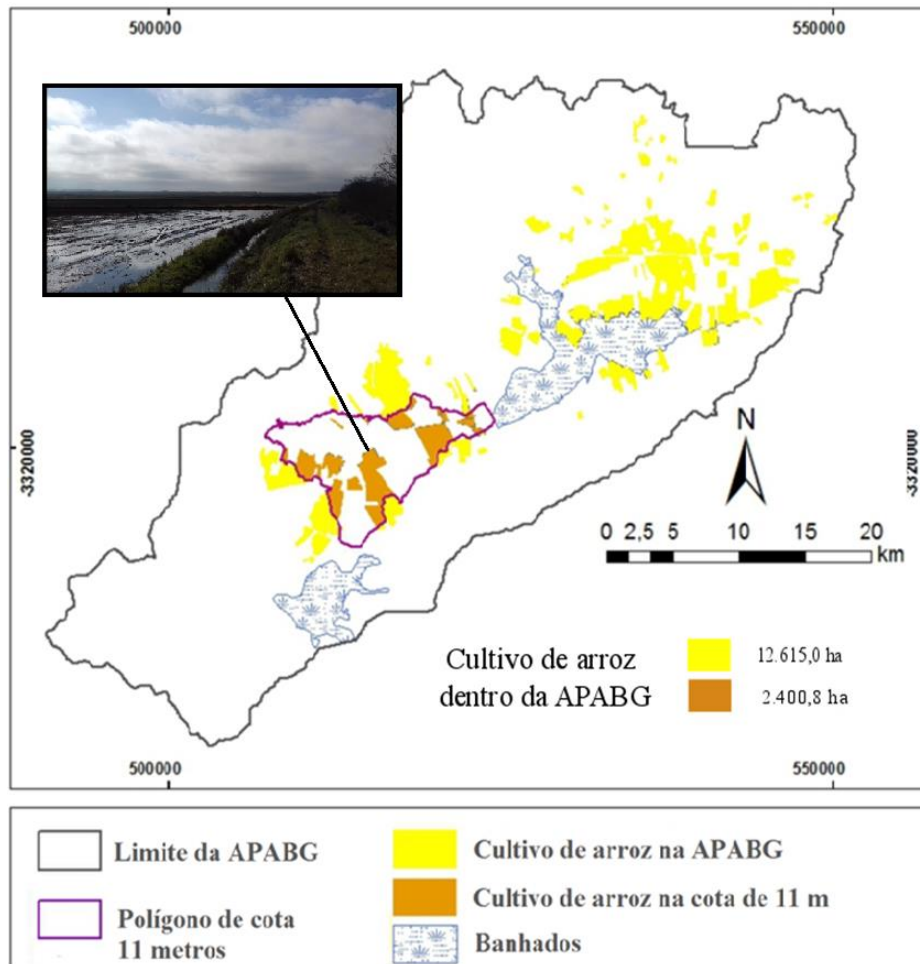


Figura 13 - Mapeamento do cultivo de arroz dentro dos limites da APABG na safra 2015.

Fonte: Belloli (2016).

O abastecimento rural e a dessedentação animal não chegam a atingir 1% da demanda total da bacia (Figura 14). O demanda hídrica para o abastecimento industrial é de 3% enquanto que o abastecimento urbano é de 13%. O cultivo de arroz é o grande demandador de água na bacia. Esta atividade agrícola é responsável por 84% da demanda hídrica de toda a bacia do rio Gravataí (RIO GRANDE DO SUL, 2011).



Figura 14 - Demanda hídrica da bacia do rio Gravataí.
Fonte: Rio Grande do Sul (2011).

Destaca-se na Tabela 3, a demanda hídrica em L/s dos municípios que abrangem a APABG. Santo Antônio da Patrulha aparece como o maior demandador de água, com uma demanda de 5.767,40 L/s, o município capta um volume de 49.830.000 m³/ano. O segundo é Viamão, com 4.504,6 L/s, com um volume total de 38.920.000 m³/ano. Os municípios de Glorinha e Gravataí demandam, respectivamente, 1.996,50 L/s e 740,70 L/s com um volume total de 17.250.000 m³/ano e 6.400.000 m³/ano.

Tabela 3 - Demanda hídrica e volume total de água utilizados por município.

Município	Demanda (L/s)	Volume total (m ³ /ano)
Sto Antônio da Patrulha	5.767,40	49.830.000
Viamão	4.504,60	38.920.000
Glorinha	1.996,50	17.250.000
Gravataí	740,70	6.400.000

Fonte: Rio Grande do Sul (2011).

4.2 Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada nesta pesquisa adotou duas escalas espaciais para análise dos pulsos de inundação e conectividade na APABG. As duas escalas são:

- a) Inicialmente trabalhou com toda a área da APABG ao abordar as áreas susceptíveis a inundações; e

- b) Posteriormente apenas com a área delimitada pelo polígono com cota de 11 metros, ao analisar a conectividade e a formação de um mosaico móvel.

Foram gerados produtos derivados de imagens de satélites, de dados de precipitação e de cota do nível do rio Gravataí, na régua Passo das Canoas. Para tanto, o software utilizado para a execução das atividades de processamento digital de imagens foi o ArcGis 10.3 (ESRI). Para atingir os objetivos propostos foram executadas as seguintes etapas:

4.2.1 Levantamento de dados

- a) Revisão bibliográfica, em periódicos e livros abordando temas relacionados às Áreas Úmidas, sensoriamento remoto, pulsos de inundação, conectividade e mosaicos móveis;
- b) Levantamento de dados físicos da APABG: série histórica dos níveis do rio Gravataí com base na régua Passo das Canoas; série histórica de precipitação com base na estação meteorológica de Porto Alegre e pluviômetros da Agência Nacional das Águas (ANA);
- c) Trabalhos de campo: foram realizados dois trabalhos de campo na APABG, sendo o primeiro no dia 22/06/2016 e o segundo no dia 29/07/2016. Em ambos os trabalhos foram realizados levantamentos fotográficos, além também de conversas com moradores, agropecuaristas e a equipe gestora da APABG, para entender os impactos, principalmente, do cultivo de arroz e da retificação do canal do rio Gravataí.
- d) Levantamento de bases cartográficas: mapa altimétrico a partir de imagens SRTM (FARR et al., 2007); mapa pedológico (NIELSEN, 1994); mapa geológico (CPRM, 2004); mapa geomorfológico (NIELSEN, 1994);
- e) Levantamento de imagens de satélites: foram adquiridas e processadas as imagens dos seguintes sensores: 1) Landsat 4 TM; 2) Landsat 5 TM; 3) Landsat 7 ETM+, e 4) Landsat 8 (Tabela 4).

Tabela 4 - Imagens utilizadas para o estudo.

Landsat	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
4	-	-	-	24/4/09	-	-	-	-	21/9/92	21/10/00	24/11/83	-
	20/1/02	-	22/3/01	-	4/5/05	23/6/00	2/7/09	-	20/9/09	8/10/04	10/11/10	-
5	31/1/03	-	23/3/07	-	-	-	-	-	-	14/10/06	-	-
	-	-	9/3/08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21/10/00	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	31/8/13	-	21/10/14	-	-

Org: Autor

4.2.2 Pré-processamento das imagens de satélite

As etapas de pré-processamento, descritas a seguir, foram realizadas para todas as imagens:

- 1) Georreferenciamento com base nas coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), obtidas por meio de cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), com escala 1:50.000, e imagens disponíveis no Google Earth Pro;
- 2) Correção atmosférica pelo método “dark pixel”, da série temporal de imagens. Esta correção é utilizada para minimizar os efeitos atmosféricos presentes nas diferentes datas de aquisição das imagens. Este método sugere a seleção de um valor de contador digital correspondente a um objeto escuro representativo das condições atmosféricas durante a aquisição da imagem. Através deste método verifica-se que grande parte do espalhamento ocorre na porção visível do espectro eletromagnético, principalmente no comprimento de onda do azul, banda 1, no caso do sensor TM; Os dados fornecidos para este método de correção atmosférica são: dados de passagem do satélite (hora, dia, mês, ano), elevação solar, ângulo de visada do satélite, máximo contador digital e o “dark pixel”;
- 3) Aquisição dos polígonos referentes ao limite da APABG e aos banhados Grande e dos Pachecos.

5. REFERÊNCIAS

- ACCORDI, I. A.; HARTZ, S. M. Distribuição espacial e sazonal da avifauna em uma área úmida costeira do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 2, pp. 117-135, 2006.
- ACCORDI, I. A.; BARCELOS, A. Composição da avifauna em oito áreas úmidas da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 14, n. 2, p. 101-115, 2006
- ADIS, J. How to survive six months in a flooded soil: strategies in Chilopoda and Symphyla from central Amazonian floodplains. **Stud. Neotrop. Fauna Environ.**, 21, 117-129. 1992.
- ALLAN, M. **Remote sensing of Waikato wetlands: a literature review**. Environmental Research Institute, University of Waikato, Hamilton, 2016. Disponível em: <http://www.waikatoregion.govt.nz/PageFiles/46001/tr201621.pdf>. Acesso: 09/11/2016.
- AMOROS, C.; BORNETTE, G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 761–776, 2002.
- ARENAS-IBARRA, J. A. **Conectividade hidrológica no macrossistema fluvial do alto rio Paraná: influência dos reservatórios a montante**. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Universidade Estadual de Maringá, 2008
- BAKER, C.; LAWRENCE, R.; MONTAGNE, C.; PATTEN, D. Mapping wetlands and riparian areas using Landsat ETM+ imagery and decision-tree-based models. **Wetlands**, v. 26, p. 465-474, 2006.
- BAPTISTA, M N. **Crítérios Ambientais para Estabelecimento de Ações de Manejo em Planícies de Inundação do Rio Paraíba do Sul**. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.
- BASTOS, M. A.; **Índices de vegetação para o mapeamento de lavouras de arroz irrigado na bacia do rio Gravataí no Estado do Rio Grande do Sul**. (Dissertação) Mestrado em Sensoriamento Remoto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2014.
- BAYLEY, P. B. Understanding large river: floodplain ecosystems. **BioScience**, v.45, n.3, 1995. p.153-158.
- BELLOLI, T. F.; **Análise dos impactos ambientais decorrentes da produção orizícola na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS): Porto Alegre, 2016.
- BORNETTE, G.; AMOROS, C.; LAMOUREUX, N. Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. **Freshwater Biology**, v. 39, p. 267–283, 1998.

BRASIL. Constituição (1996). Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996. **Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como habitat de aves aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de Fevereiro de 1971.** Brasília, Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1905.htm. Acesso em: 13 mar. 2016.

BRASIL. Constituição (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

BRASIL. Constituição (2012). Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. **Dispõe Sobre O Sistema de Cadastro Ambiental Rural, O Cadastro Ambiental Rural.** Brasília, DF.

BRASIL. CPRM - Serviços Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** 2004. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf. Acesso: 19/06/2016.

BRASIL. Marcos Reis Rosa. Ministério do Meio Ambiente - MMA (Ed.). **Processo de Priorização das Áreas Úmidas Brasileiras.** 2009. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/205/arquivos/mma_apres_areas_umidas_26maio2009b.pdf. Acesso em: 01 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Úmidas - Convenção de Ramsar.** 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zonas-umidas-convencao-de-ramsar>. Acesso em: 12 dez. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sítios Ramsar.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protetidas/instrumentos-de-gestao/s%C3%ADtios-ramsar>. Acesso: 15/04/2016.

BRENNER, V. C. **Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do rio Gravataí-RS.** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em geografia-UFRGS. UFRGS: Porto Alegre, 2016.

BRENNER, V. C.; GUASSELLI, L. A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3693-3699. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0727.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

BRINSON, M. Conceptos y desafíos en la clasificación de humedales. **Environ. Conserv.**, v. 29, n. 2, p. 115-133, 2002.

BRINSON, M. M. Conceptos y desafíos de la clasificación de humedales. In: MALVÁREZ, Ana Inés (Comp.). **Documentos del curso-taller:** bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina. Buenos Aires: ESS, 2004. p. 25-36.

CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. de. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004.

CARVALHO, A. B. P.; OZORIO, C. P. Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 1, n. 2, p.83-97, 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/171/188>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CLEMENTS, F. E. **Research methods in ecology**. University Publishing Company, Lincoln, Nebraska, 1905.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DEGROOT, R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, pp. 253–260, 1997.

COWARDIN, L. M.; CARTER, F. C.; GOLET E.; LAROE, T. **Interim classification of wetlands and aquatic habitats of the United States**. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, DC, 1976.

COWARDIN, L. M.; CARTER, F. C. GOLET E.; LAROE, T. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-79/31. Washington, DC, 1979.

CUNHA, C. N. da; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats**. Cuiabá: EdUFMT, 2015. 165p.

DARWALL, W.; SMITH, K.; ALLEN, D.; SEDDON, M.; MCGREGOR REID, G.; CLAUSNITZER, V.; KALKMAN, V. Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: VIÉ, J-C.; HILTON-TYLOR, C.; STUARD, S.N. (Eds.): **The 2008 review of the IUCN Red List of threatened species**. IUCN, Gland, Switzerland, 2008.

DE ROECK, E. R.; VERHOEST, N. E. C.; MIYA, M. H.; LIEVENS, H.; BATELAAN, O.; THOMAS, A.; BRENDONCK, L. Remote Sensing and Wetland Ecology: a South African Case Study. **Sensors**, v. 8, p. 3542-3556, 2008.

DAVRANCHE, A.; LEFEBVRE, G.; POULIN, B. Wetland monitoring using classification trees and SPOT-5 seasonal time series. **Remote sensing of environment**, v. 114, n. 3, p. 552-562, 2010.

DIAS, A. P. **Análise espacial aplicada à delimitação de áreas úmidas da planície de inundação do médio Araguaia**. 2014. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2014.

DIEGUES, A. C. S. **Povos e Águas**. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras, 2a. ed., São Paulo, Brasil, 2002. 597 pp.

DUARTE, R. F. **Monitoramento das áreas úmidas e inundadas adjacentes ao Canal São Gonçalo com uma série de imagens ERS-1/2 SAR e Envisat ASAR adquiridas entre 1992 e 2007.** (Dissertação de Mestrado). Programa de pós-graduação em geografia. Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Rio Grande-RS, 2013.

ENCICLOPEDIA BRITANICA. Britannica Digital Learning. **Floodplain.** 2016. Disponível em: <http://www.britannica.com.br/>. Acesso: 03/03/2016.

ETCHELAR C. B. **Análise do processo erosivo no Banhado Grande, município de Glorinha, RS.** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; COLLISCHONN, W. Dinâmica de Inundação, p. 25-35. In: FERNANDES, I. M.; SIGNOR, C. A.; PENHA, J. **Biodiversidade no Pantanal de Poconé.** Cuiabá, 2010.

FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; MENEZES FILHO, F.; COLLISCHONN, W. Dinâmica da inundação e conectividade nos processos ecológicos do sítio de amostragem de longa duração-Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL. 2. 2009. **Anais...** Corumbá, 2009. p. 150-156.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. The Shuttle Radar Topography Mission, **Rev. Geophys.**, v.45, n.1, 2007.

FERREIRA, M. T. **Estudo estratégico para a gestão das pescas continentais.** PAMAF, estudos estratégicos: UNESP, 2001. Disponível em: www.dzb.ibilce.unesp.br/~orlando/ProgDiscPG.html. Acesso em: 09/11/2016.

FRAGOSO JUNIOR, C. R.; NEVES, M. G. F. P. das. **Regularização de vazões.** Ctec/UFAL, 2015. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/hidrologia-carlos-ruberto-fragoso-jr-httpwwwctecufalbrprofessorcrfj-marllus-gustavo-ferreira-passos-das-neves-httpwwwctecufalbrprofessormgn.html>. Acesso em: 20 mai. 2016.

FRANTZ, D. S.; CARRARO, C. C.; VERDUM, R.; GARCIA, M. A. T. Caracterização de ambientes paludais da planície costeira do Rio Grande do Sul em imagens orbitais TM/Landsat 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 6. 1990. Manaus. **Anais...** INPE: São José dos Campos, 1990. Disponível em: dpi.inpe.br/marte@80/2008/08.18.14.23>. Acesso: 07/12/2015.

FROHN, R. C.; AUTREY, B. C.; LANE, C. R.; REIF, M. Segmentation and object-oriented classification of wetlands in a karst Florida landscape using multi-season Landsat-7 ETM+ imagery. **Int. J. Remote Sens.**, v. 32, p. 1471-1489, 2011.

GALAT, D. L.; FREDRICKSON, L. H.; HUMBURG, D. D.; BATAILLE, K. J.; BODIE, J. R.; DOHRENWEND, J.; GELWICKS, G. T.; HAVEL, J. E.; HELMERS, D. L.; HOOKER, J. B.; JONES, J. R.; KNOWLTON, M. F.; KUBISIAK, J.; MAZOUREK, J.; MCCOLPIN, A.

C.; RENKEN, R. B.; SEMLITSCH, R. D. Flooding to Restore Connectivity of Regulated, Large-River Wetlands Natural and controlled flooding as complementary processes along the lower Missouri River. **BioScience**, v. 48, n. 9, p. 721-733, 1998.

GAO, B. C. NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. **Remote Sens. Environ**, v. 58, n. 1. 2007. p. 257-266.

GARCIA, E.; OTTO, M. Caracterización ecohidrológica de humedales alto andinos usando imágenes de satélite multitemporales en la cabecera de cuenca del río Santa, Ancash, Perú. **Ecología Aplicada**, v.14, n.2, 2015.

GARCÍA, M. P.; PÉREZ, M. E.; SANZ, J. J.; Variabilidad hídrica y edáfica de humedales peninsulares interiores a partir de imágenes Landsat (TM y ETM). **Estudios Geográficos**, n. 260, pp. 57-78, 2006.

GARDNER, R. C.; BARCHIESI, S.; BELTRAME, C.; FINLAYSON, C. M.; GALEWSKI, T.; HARRISON, I.; PAGANINI, M.; PERENNOU, C.; PRITCHARD, D. E.; ROSENQVIST, A.; WALPOLE, M. **State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses**. Ramsar Briefing. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat, 2015. Disponível em: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/cop12_doc23_bn7_sowws_e_0.pdf. Acesso em 07/12/2015.

GILMORE, S.; SALEEM, A.; DEWAN, A. Effectiveness of DOS (Dark-Object Subtraction) method and water index techniques to map wetlands in a rapidly urbanizing megacity with Landsat 8 data. In: **Proceedings of the Research@ Locate in Conjunction with the Annual Conference on Spatial Information in Australia and New Zealand, Brisbane, QLD, Australia**. 2015. p. 10-12.

GOERL, R. F. **Evolução da paisagem e conectividade hidrogeomorfológica na Bacia do Rio Cunha-SC**. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

GREN, I. The value of investing in wetlands for nitrogen abatement. **European Review of Agricultural Economics**, v.22, n.1, 1995. p.157-172.

GUASSELLI, L. A. **Dinâmica da vegetação no Banhado do Taim, RS**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6768>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

GUASSELLI, L. A.; ETCHELAR, C. B.; BELLOLI, T. F. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 447-452. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1428.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

GUERRA, A T.; GUERRA, A J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

GUIMARÃES, T. de. F. R. **Conectividade e padrões de riqueza e diversidade de espécies de peixes nas lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2009. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26172/000757342.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 jan. 2016.

HAMILTON, S. K. Hydrological controls of ecological structure and function in the Pantanal wetland (Brazil). In: McClain, M. (ed.). **The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands**. International Association of Hydrological Sciences, Special Publication 6., p. 133-158, 2002.

HOLLAND, M. M.; RISSER, P. G.; NAIMAN, R. J. **Ecotones: the role of landscape Boundaries in the Management and Restoration of Changing Environments**. Chapman and Hall: Nova Iorque, 1992.

IRGANG, B. E.; GASTAL JUNIOR, C. V. S. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. Porto Alegre: Botânica/UFRGS, 1996.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Identificação das alternativas possíveis e prováveis para regularização da vazão do rio Gravataí-RS**. CPRM, Porto Alegre, 2002.

JACOBSON, R. B.; JANKE, T. P.; SKOLD, J. J. Hydrologic and geomorphic considerations in restoration of river-floodplain connectivity in a highly altered river system, Lower Missouri River, USA. **Wetlands Ecol Manage**. v. 19, p. 295–316, 2011.

JENSEN, J. R.; CHRISTENSEN, E. J.; SHARITZ, R. Nontidal wetland mapping in South Carolina using airborne multi-spectral scanner data. **Remote Sensing of Environment**, v.16, p.1-12, 1984.

JENSEN, J. R.; HODGSON, M.; CHRISTENSEN, E.; MACKAY, H. E.; TINNEY, L.; SHARITZ, R. Remote Sensing of Inland Wetlands: A Multispectral Approach. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 52, p. 87-100, 1986.

JENSEN, J. R.; COWEN, D.; ALTHAUSEN, J.; NARUMALANI, S.; WEATHERBEE, O. An evaluation of the Coast Watch change detection protocol in South Carolina. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.59, p. 1039–1046, 1993.

JENSEN, R. J. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Trad. José Carlos Neves Epiphanyo (coord.) São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JOHNSTON, R. M; BARSON, M. M. Remote sensing of Australian wetlands: an evaluation of Landsat TM data for inventory and classification. **Australian Journal of Marine and Freshwater Resources**, v.44, p. 235–252, 1993.

JUNK, W. J. (ed). The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System. **Ecological Studies**, v. 126, 1997.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, n. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. **Boletim ABLimno**, v. 41, n. 2, p. 20-24, 2015.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHOENGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: Definition, delineation and classification for research, sustainable management and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Environments**, v. 24, pp. 5-22, 2013.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHOENGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A.; NÓBREGA, R. L. B. **Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável**. Cuiabá: INAU, 2015. Disponível em: http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf. Acesso: 05/06/2015.

KANDUS, P.; MINOTTI, P.; MALVÁREZ, A. I. Distribution of wetlands in Argentina estimated from soil charts in soil charts. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 30, n. 4, p. 403-409, 2008.

KAVYASHREE, M. P.; RAMESH, H. Wetland Mapping and Change Detection Using Remote Sensing and GIS. **International Journal of Engineering Science**, v. 6, n. 8, p. 2356-2369, 2016.

KEDDY, P. A. **Wetland ecology: principles and conservation**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 2000.

LATTERELL, J. J.; BECHTOLD, J. S.; O'KEEFE, T. C.; VAN PELT, R.; NAIMAN, R. J. Dynamic patch mosaics and channel movement in an unconfined river valley of the Olympic Mountains. **Freshwater Biology**, v. 51, p. 523-544, 2006.

LEITE, M. G.; GUASSELLI, L. A. Dinâmica espaço-temporal das macrófitas aquáticas no Banhado Grande, bacia hidrográfica do Rio Gravataí, RS. **Para Onde!?**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p.17-24, jul. 2013. Semestral. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/paraonde/article/view/39438>. Acesso em: 25 jul. 2015.

LIMA, L. P. Z. **Caracterização multitemporal das planícies de inundação dos rios Grande e Aiuruoca através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. Dissertação (Mestrado). Curso de Mestrado em Ecologia Aplicada. Universidade Federal de Lavras, 2010.

LOFFLER, H. Danube backwaters and their response to anthropogenic alteration in Whigham, D.F. In: GOOD, R. E. e KVET, J. (Eds.) **Wetland Ecology and Management: Case studies**. Kluwer: Dordrecht. pp.127-130, 1990.

MALTCHIK, L.; COSTA, E. S.; BECKER, C. G.; OLIVEIRA, A. E. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). **Pesqui. Bot.**, v. 53, pp.89-100, 2003.

MALTCHIK, L.; ROLON, A. S.; GUADAGNINI, D. L.; STENERT, C. Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities. **Acta Limnol. Bras.**, v. 16 (2), pp. 137-151, 2004.

MARTINS, S. V.; BRITO, E. R.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; SILVA, A. F.; SILVA, E. Floristic composition of two wetland forests in Araguaian Plain, State of Tocantins, Brazil, and comparison with other areas. **Revista Árvore**, v.32, n.1, 2008.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

MELACK, J. M.; HESS, L. L. Remote Sensing of the Distribution and Extent of Wetlands in the Amazon Basin. In: Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Parolin, P. (org.) **Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management**. Springer Verlag, 2010.

MELLER, J. **Mapeamento de áreas úmidas e banhados na microbacia do rio Amandaú, região noroeste do Rio Grande do Sul**. (Dissertação de Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria-UFSM: Santa Maria, 2011.

MELLO, L.P. **Percepção da paisagem e conservação ambiental no Banhado Grande do Rio Gravataí (RS)**. São Paulo: USP, 1998. 365f. Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1998.

MELTON, F. A. A Empirical Classification of floodplain Steams. **Geogr. Rev.** n.26, v.1, 1936. p. 593-609.

MENEGHETI, J. O. Lagunas uruguayas y sur de Brasil. In: CAVENARI, P.; DAVIDSON, I.; BLANCO, D.; CASTRO, G.; BUCHER, E. (eds). **Los humedales de America del Sur, una agenda para la conservación de La biodiversidade y políticas de desarrollo**. Buenos Aires: Wetlands International, 1998.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. **Ecological Economics**, 35 (200) pp.25-33, 2000.

MONDAL, I.; BANDYOPADHYAY, J. Coastal Wetland Modeling Using Geoinformatics Technology of Namkhana Island, South 24 Parganas, W.B, India. **Open Access Library Journal**, v. 1, pp. 1-17.

MORAIS, R. P. DE.; OLIVEIRA, L. G.; LATRUBESSE, E. M.; PINHEIRO, R. C. D. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 27, n. 3, pp. 203-213, 2005.

MOREIRA, M. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ed. Viçosa: Editora da UFV, 2011.

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciencia**, v. 15, n.6, pp. 424-441, 1990.

NEIFF, J. J. Large rivers of South America: toward the new approach. **Verh. Internat. Verein. Limnol**, 26, pp.167-180, 1996.

NEIFF, J. J. Planícies de inundação são Ecótonos? In: HENRY R. **Ecótonos nas interfaces dos sistemas aquáticos**. São Carlos, 2003.

NEIFF, J. J. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. In: MALVÁREZ, A. I. (Ed.) **Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica**. UNESCO: Montevideo: 1999. p. 90-139. Disponível em: <http://unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias%20naturales/mab/8.pdf>. Acesso em: 05 de jul. de 2016.

NIELSEN, S. **Programa técnico para o gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre (PROTEGER)**. 5. ed. Porto Alegre: CPRM, 1994. 26 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, G. G. **Modelos para espacialização, previsão e análise das áreas inundáveis na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, RS**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

OLIVEIRA, M. L. A. A.; BALBUENO, R. A.; SENNA, R. M. Levantamento florístico de fragmentos florestais na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Sér. Bot., Porto Alegre, 2005. v. 60, n. 2, p. 269-284.

ORTEGA, M. P. **Aplicaciones de la teledetección y sig en la caracterización de humedales en la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda**. (Dissertação de Mestrado). Programa de pós-graduação em tecnologias da informação geográfica, Universidade Complutense de Madri, 2011.

OZESMI, S. L.; BAUER, M. E. Satellite remote sensing of wetlands. **Wetlands Ecology and Management**, v. 10, p. 381-391, 2002.

PANCOTTO, L. P. Influência Dos Eventos Oceano Climáticos Na Costa Sul Do Brasil. In.: ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA. 27. 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, 2007.

PAZ, A. R. **Simulação hidrológica de rios com grandes planícies de inundação**. 2010. 235 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PHILIPS, R. W.; SPENCE, C.; POMEROY, J. W.; Connectivity and runoff dynamics in heterogeneous basins. **Hydrol Process**, v. 25, p. 3061–3075, 2011.

POMEROL, C.; LAGABRIELLE, Y.; RENARD, M.; GUILLOT, S. **Princípios de geologia: técnicas, modelos e teorias**. 14. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1052p.

PRINGLE, C. M. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important. **Hydrologic Processes**, v. 17, n. 13, p. 2685–2689, 2001.

RAINS, M. C.; FOGG, G. E.; HARTER, T.; DAHLGREN, R. A.; WILLIAMSON, R. J. The role of perched aquifers in hydrological connectivity and biogeochemical processes in vernal pool landscapes, Central Valley, California. **Hydrological Processes**, v. 20, n. 1157–1175, 2006.

RAMSAR. Convenção de Ramsar sobre Zonas úmidas. **Cuidar das zonas úmidas: uma resposta para as alterações climáticas**. 2010. Disponível em: http://www.ramsar.org/sites/default/files/wwd2010_portugal_leaflet.pdf. Acesso: 13/04/2016.

RAMSAR. Convenção de Ramsar sobre Zonas úmidas. **The Ramsar Library**. Information sheet on Ramsar Wetlands. Gland: The Ramsar Convention, 1971.

RAY, R.; MANDAL, S.; DHARA, A. Characterization and Mapping of Inland Wetland: a Case Study on Selected Bils on Nadia District. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v.2, n.12, p. 1-10, 2012.

REIS, L. N. G. **Proposta metodológica de avaliação dos padrões e de conservação da conectividade dos habitats na bacia hidrográfica do rio Araguari em Minas Gerais**. 2016. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia: Uberlândia, 2016.

RESENDE, E. K, de. **Os Controles Geológicos e os Pulsos de Inundação no Pantanal**. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/natural/artigos/os_controles_geologicos_e_os_pulsos_de_inundacao_no_pantanal.html.

RINGUELET, R. A. Ecologia acuática continental. EUDEBA (Ed.). Buenos Aires, 1962.

RIO GRANDE DO SUL. Constituição (2015). Decreto nº 52.431, de 23 de junho de 2015. **Estabelece critérios que definem legalmente as características dos banhados bem como especifica o enquadramento das peculiaridades do bioma pampa visando o preenchimento do CAR (cadastro Ambiental Rural)**. Porto Alegre, RS.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto (1998). nº 38.971, de 23 de outubro de 1998. **Cria a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, e dá outras providências**, Porto Alegre, RS.

RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente – DRH/SEMA. **Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Gravataí**. Porto Alegre: Bourscheid, 2011. 582 p.

RIO GRANDE DO SUL. Instituto Rio-grandense do Arroz-IRGA. **Alerta para o uso adequado das estações de bombeamento de água para a lavoura de arroz e o ambiente**. 2009. Disponível em: <http://www3.irga.rs.gov.br/index.php?principal=1&secao=1&id=1930>. Acesso: 19/01/2016.

RIO GRANDE DO SUL. Instituto Rio-grandense do Arroz-IRGA. **Safras**. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/4215/safras>. Acesso em: 18/09/2016.

RIO GRANDE DO SUL. METROPLAN. . **Barragem no Rio Gravataí sai em 2015**. 2014. Disponível em: [http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1715/?Barragem no Rio Gravataí sai em 2015](http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1715/?Barragem%20no%20Rio%20Gravata%C3%AD%20sai%20em%202015). Acesso em: 20 maio 2016.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1992. 788p.

ROCHA, P. C. Dinâmica sedimentológica, escoamento superficial e conectividade na bacia hidrográfica do rio do Peixe, Oeste Paulista – Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA - SGFA. 16. 2015. Teresina. **Anais...** Teresina: UFPI e UESPI. p. 3210-3216. 2015.

ROCHA, P. C. Geomorfologia e conectividade em ambientes fluviais do alto rio Paraná, Centro-sul do Brasil. **Boletim Geográfico**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 157-176, 2010.

ROCHA, P. C. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do alto rio Paraná. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.5, n.1, p. 98-117, 2011a.

ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.33, v.1, p.50-67, jan./jul., 2011b.

ROCHA; R. R. de A.; ROCHA, P. C. Sistemas Rio-Planície de Inundação: Geomorfologia e Conectividade Hidrodinâmica. **Tópos** (UNESP. Presidente Prudente), Presidente Prudente, v. 1, n.6, p. 81-112, 2007.

RODRIGUES, L. N.; BACHI, F. A.; VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Subprograma de Integração Geológica-Metalogenética**: folha Gravataí - SH.22-X-C/1. Porto Alegre: CPRM: UFRGS/CECO, 2000.

ROLON, A. S.; MALTCHIK, L. Áreas palustres: classificar para proteger. **Ciência Hoje**. v. 38, n. 228, pp. 66 – 69, 2006.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, Tendências e Tipologia. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011, 253p.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W., HARLAN, J.C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974.

RUBBO, M. **Análise do potencial hidrogeológico do aquífero cenozoico da bacia hidrográfica do rio Gravataí – RS**. 2004. 95p. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental. IPH/UFRGS, 2004.

SAMIZAVA, T. M. **Sig e sensoriamento remoto aplicado ao estudo dos processos de cobertura vegetal na planície fluvial do alto campus de Presidente Prudente.** (Dissertação). UNESP: Presidente Prudente, 2009.

SANCHES, R. A. et al. Subsídios para a proteção de áreas úmidas da bacia do rio Xingu, Mato Grosso, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p.489-498, jun. 2012.

SANTOS, L. **Conectividade de habitat em bacias hidrográficas: simulações com múltiplas barragens e hierarquia de segmentos para conservação.** 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/117132/000872637.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 jan. 2016.

SCHERER, R. S. **Urbanização na planície inundável do rio Gravataí, RS.** Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SCHWARZBOLD, A. e A. SCHÄFER. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. **Amazoniana**, v. 9, pp.87-104, 1984.

SCOTT, D. A.; JONES, T. A. Classification and inventory of wetlands: A global overview. **Veg etatio**. v.118, n.1, 1995, p. 3-16.

SILVA, G. H. G. **Teorias e limnologia fluvial.** (Apostila). Universidade Federal do semi-Árido, 2012. Disponível em: www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/apostila%20-%20teorias.doc. Acesso: 09/11/2016;

SILVA, R. C. **Estudo da dinâmica da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, RS.** (Tese de Doutorado). 307f. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2016.

SINGH, H.; SINGH, A.; LITORIA, P. K.; PATERIYA, B. Creation of Inventory of Wetlands in Gurdaspur District using Remote Sensing and GIS. **Indian Ecological Society**, v. 40, p. 33-36, 2013.

SOARES, P. H. M.; PETRY, A. C.; FARJALLA, V. F.; CARAMASCHI, E. P. Hydrological connectivity in coastal inland systems: lessons from a Neotropical fish metacommunity. **Ecology of Freshwater Fish**, v.19. pp.7–18, 2010.

SOUZA, P. A.; SANTOS M. dos. Hidrossedimentologia e conectividade do rio Macaé, norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Geo UERJ**, n. 27, p. 176-201, 2015.

STANFORD, J. A.; LORANG, M. S.; HAUER, F. R. The shifting habitat mosaic of river ecosystems. **Verh. Internat. Verein. Limnol**, v. 29, pp. 123-136, 2005.

SUERTEGARAY, D. M.; ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; FACHINELLO, A.; CANDIDO, L. A.; SILVA, C. R. da. **Terra: feições ilustradas**. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

TASK FORCE ON THE NATURAL AND BENEFICIAL FUNCTIONS OF THE FLOODPLAIN. **The natural and beneficial functions of floodplains: reducing flood losses by protecting and restoring the floodplain environment**. 2002. Disponível em: http://portal.hud.gov/hudportal/documents/huddoc?id=DOC_14217.pdf. Acesso: 19/06/2016.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 375–406.

UNITED STATES. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Wetlands Protection and Restoration**. Disponível em: <https://www.epa.gov/wetlands>. Acesso em 07/11/2015.

UNITED STATES. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Connectivity of Streams and Wetlands to Downstream Waters: A Review and Synthesis of the Scientific Evidence (Final Report)**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC: EPA, 2015.

VANDERHOOF, M.; ALEXANDER, L. C.; TODD, M. J. Temporal and spatial patterns of wetland extent influence variability of surface water connectivity in the Prairie Pothole Region, United States. **Landscape Ecol**, n.1, v.31, p.805-824, 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10980-015-0290-5>. Acesso: 28 de jun. de 2016.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J.R.; GUSHING, E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 37, p.: 130-137, 1980.

VERONA, J. D.; LIMA, A.; RISSO, J.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T.; RIZZI, R. Soja em Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Mato Grosso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR. 15. 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7353 - 7360. CD-ROM.

VIANA, J. C. C. **Diatomáceas (Bacillariophyceae) epilíticas como biomonitores da qualidade de água dos rios Cumbuca, Mucugê e Piabinha (Chapada Diamantina-BA)**. (Dissertação). Mestrado em Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

VEGA, L. **La Teledetección aplicada al Inventario de Humedales**. Mapping interactivo. **Revista Internacional de Ciencias de la Tierra.**, v. 15, 2006. Disponível em: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1194.

WARD, J. V. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 8, p. 2-8, 1989.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept in lotic ecosystems. In: FONTAINE, T.D. & BARTHELL, S. M., eds. **Dynamics of Lotic Ecosystems**. Ann Arbor Scien. Publ., p. 347-356, 1983.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. **Regulated Rivers: research & management**, Hoboken, v. 11, n. 1, p.105-119, jan. 1995. Disponível em: [http://www.d.umn.edu/~thrabik/Ward Stanford RegulatedRivers 1995.pdf](http://www.d.umn.edu/~thrabik/Ward%20Stanford%20RegulatedRivers%201995.pdf). Acesso em: 12 dez. 2015.

WEISS, C. V. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo das conectividades das lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil em períodos extremos de estiagem e de cheia**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS: Imbé, 2011.

WIMBERLY, M. C. Species dynamics in disturbed landscapes: when does a shifting habitat mosaic enhance connectivity? **Landscape Ecology** 21:35-46, 2006.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento Agroclimático para a Produção de Roseiras (Rosaceae spp.) no Rio grande do Sul**. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011, 386p. 2v.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. **Zoneamento Agroclimático - Aportes teóricos, metodológicos e técnicas para o estudo das roseiras (Rosaceae spp.) no Rio Grande do Sul**. 1. Ed. Porto Alegre: Buqui Livros digitais, 2014. V. 1. 149p .

WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M. G. B. O Clima do Rio Grande do Sul No Verão: Análise Sobre a Circulação Atmosférica Regional e os Principais Tipos de Sucessão do Tempo em Três Casos Típicos. **Revista Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 13, p. 33-43, 2009.

WOOD, E. F.; LETTENMAIER, D.; LIANG, X.; NIJSSEN, B.; WETZE, S. W. Hydrological modeling of continental-scale basins. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v.25, pp.279-300, 1997.

ZHU, C.; LUO, J.; SHEN, Z.; HUANG, C. Wetland mapping in the Balqash Lake Basin using multi-source remote sensing data and topographic features synergic retrieval. **Procedia Environmental Sciences**, v. 10, p. 2718-2724, 2011.

6. EFEITOS DA FLUTUAÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA NAS ÁREAS ÚMIDAS DA APA DO BANHADO GRANDE - RS

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo geral: i) a caracterização dos padrões de variação do nível da água das Áreas Úmidas e da precipitação na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), bacia do rio Gravataí, RS; ii) o mapeamento das Áreas Úmidas da APABG com a ocorrência de lâmina de água aparente; e iii) mapear as áreas mais susceptíveis à cobertura de lâmina de água aparente. Para caracterização da variação do nível da água da APABG, utilizou-se dados de flutuação do nível da água, precipitação e a lâmina de água aparente através do cálculo do NDWI (Índice de Diferença Normalizada da Água). Os resultados mostram que a variação do nível da água obtida através do cálculo do NDWI, relacionou-se com os dados de nível da água e precipitação pluviométrica, uma vez que o NDWI apresentou valores bastante condizentes, principalmente com dados de precipitação relativas ao mês anterior à data de passagem da imagem.

Palavras-chave: Variação do nível da água, NDWI, Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande.

ABSTRACT

This study concerns in: i) the characterize the patterns of variation in water level of wetlands and precipitation in the Enviromental Protection Area Banhado Grande (EPABG), river basin Gravataí, RS; ii) the mapping of wetlands of EPABG with the occurrence of apparent water depth; and iii) map the areas most susceptible to occurrence of apparent water depth. To characterize changes in the level of water EPABG, we used data from fluctuating water level, rainfall and the apparent water depth by calculating the NDWI (Normalized Difference Index Water). Our results show that the variation of water level obtained by calculating the NDWI, pertinently related up to the water level data and rainfall, since the NDWI showed very consistent values, especially with respect precipitation data the month preceding the date of passage of the image.

Keywords: Change the water level, NDWI, APA of Banhado Grande.

6.1 INTRODUÇÃO

A caracterização das flutuações do nível da água em Áreas Úmidas (AUs) é determinante para a compreensão das mudanças limnológicas temporais nesses ambientes (JUNK et al., 1989; NEIFF, 1990). Nas inundações têm-se a entrada de nutrientes, sedimentos e vegetação em decomposição, depositadas pelo rio.

A deposição destes materiais faz com que as AUs apresentem altas taxas de produtividade, sendo consideradas um dos ambientes naturais mais produtivos do mundo (JUNK et al., 2015). As AUs proporcionam diversos serviços diretos e/ou indiretos ao ambiente ao qual está inserida, como a manutenção da biodiversidade, recarga de aquíferos e do lençol freático, retenção de sedimentos, controle microclimático, além também da presença

do ecoturismo e de moradia de populações tradicionais (RAMSAR, 1971; MALTHICK, et al., 1999; MALTHICK, et al., 2004; GUASSELLI, 2005; DUARTE DA SILVA; TAVARES, 2007; JUNK et al., 2013).

Entretanto, apesar dos crescentes estudos direcionados a análise e entendimento da dinâmica desses ambientes (MELLER, 2011; SANCHES et al., 2012), a região Sul e principalmente o Rio Grande do Sul carece de estudos voltados à compreensão de suas AUs (WIDHOLZER, 1986; KURTZ et al. 2001; DUARTE, 2013). Tal fato pode estar relacionado a pouca atenção dada a estes ambientes frente a sua importância ecológica (MAUHS, 2006; IGARAY, 2015).

Diante disto, nos últimos anos, muitos pesquisadores estão propondo estratégias de planejamento e conservação destas áreas de extrema importância para a manutenção da biodiversidade e dos recursos hídricos (SERAFINI, 2007; DUARTE DA SILVA; TAVARES, 2007; MELLER, 2011; GUASSELLI et al., 2013; JUNK et al., 2012; PAULA; MIKOSIK, 2014; JUNK; PIEDADE, 2015).

Carvalho; Osório (2007) ao proporem uma avaliação dos banhados do Rio Grande do Sul, atentam para as rápidas modificações e reduções significativas das áreas de banhados, devido a atividades antrópicas, das quais destacam-se as atividades agrícolas, a pecuária, os aterros, a urbanização, o despejo de lixo e esgoto doméstico em áreas de banhados.

Mais precisamente na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), Mello (1998) abordou a percepção da paisagem e a conservação ambiental; Rubbo (2004) realizou um estudo hidrogeológico no aquífero Cenozoico na bacia hidrográfica do rio Gravataí; Oliveira et al. (2005) realizaram um levantamento florístico de fragmentos florestais; Guasselli et al. (2013) analisaram os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as AUs da APABG. Etchelar (2013) abordou o processo erosivo na área da APABG e Brenner (2016) propôs a renaturalização de um trecho retificado do rio Gravataí, através de técnicas de bioengenharia.

Ao tratar-se especificamente dos padrões de inundação e efeitos da flutuação do nível da água na dinâmica dos banhados do Rio Grande do Sul, os estudos restringem-se a Villanueva (1997) que analisou a hidrodinâmica e o hidropérido do Sistema Hidrológico do Taim. Tassi; Villanueva (2003) que modelaram e quantificaram o hidropérido do Banhado do Taim e, posteriormente, Guasselli (2005) que analisou os efeitos das flutuações do nível da água na dinâmica da vegetação no Banhado do Taim, localizado no extremo sul do Rio Grande do Sul.

Deste modo, este trabalho tem por objetivos: 1) Caracterizar a precipitação pluviométrica na APABG; 2) Mapear as AUs da APABG com a ocorrência de lâmina de água aparente e a) Mapear as áreas mais susceptíveis à cobertura de lâmina de água aparente.

6.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para caracterização dos níveis de flutuação da APA do Banhado Grande, utilizou-se a metodologia empregada por Guasselli (2005) que analisou os dados de flutuação do nível da água, precipitação pluviométrica e a lâmina de água aparente através do cálculo do NDWI (Índice de Diferença Normalizada da Água).

6.2.1 Precipitação Pluviométrica

Para a realização da espacialização da precipitação pluviométrica foi buscado junto ao sistema Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA) (BRASIL, 2016), dados de 08 postos pluviométricos localizados dentro e ao entorno dos limites da APABG (Figura 15). Optou-se pela escolha destas estações devido à quantidade de dados disponíveis, os quais permitiram o cálculo médio de 30 anos de precipitação (1971-2000), conforme recomendação da OMM (Organização Meteorológica Mundial). Ainda, a OMM (1992) estipula um *buffer* de 13,5 km como sendo a área de abrangência de um pluviômetro em um estudo científico. Assim, conforme recomendação da OMM (1992) realizou-se um *buffer* com a área de abrangência de cada pluviômetro.

Será trabalhado com dados mensais médios de precipitação. Para calcular a precipitação média mensal durante os 30 anos de análise utilizou-se a equação (3):

$$x = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \quad (3)$$

Em que: X_i é o total mensal de chuva (mm) e n = número de observações (30 anos).

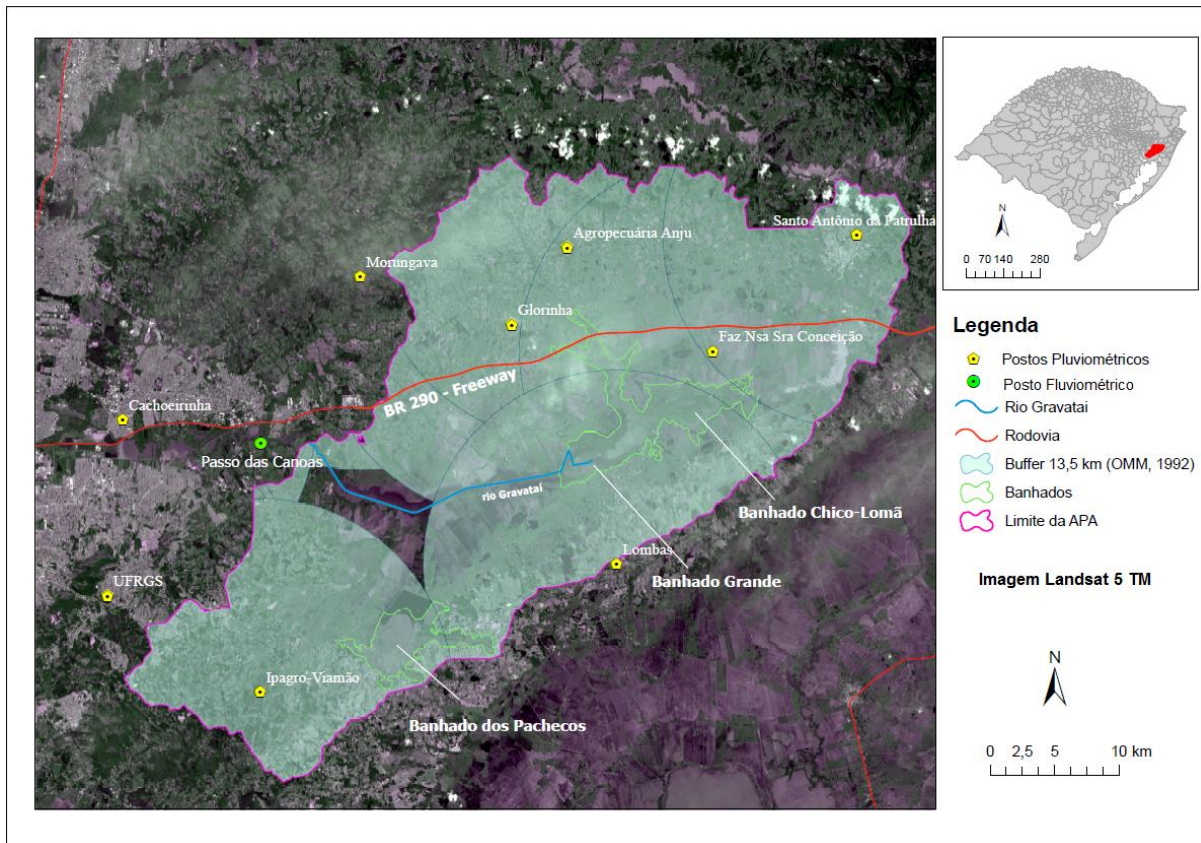


Figura 15 - Localização dos postos pluviométricos e fluviométrico, utilizados no estudo.

De posse dos dados de precipitação mensal média deu-se início a espacialização através do software ArcGIS 10.2.2. Para isto, foram inseridas na tabela de atributos do software, as coordenadas UTM X e Y de cada estação meteorológica, juntamente com a média mensal de precipitação.

Para a espacialização dos dados optou-se pela utilização do método geoestatístico de krigagem, pois, conforme Jakob (2002) a krigagem utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações onde, as unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas.

Para análise e interpretação dos dados, foi calculado também o total pluviométrico relativo ao mês anterior à data de passagem da imagem, visando o melhor entendimento da resposta dos banhados em relação à precipitação pluviométrica. Os dados de precipitação pluviométrica total referente ao mês anterior de passagem do satélite serão expressos em gráficos elaborados com o auxílio do software MS Excel 2010. Para calcula da precipitação relação aos 30 dias anteriores à data de obtenção da imagem de satélite, trabalhou-se com dados pluviométricos do posto de Glorinha, devido à sua localização e também quantidade de dados disponíveis.

6.2.2 Variação do Nível da água

Para a análise dos dados de flutuação do nível da água utilizou-se como base a régua Passo das Canoas administrada pela CPRM, instalada no rio Gravataí, disponibilizada no sistema Hidroweb da ANA. Após a aquisição dos dados junto ao sistema Hidroweb, deu-se início ao cálculo da variação temporal média. Primeiramente, calculou-se o hidroperíodo anual de 1973 a 2014 e depois foi trabalhado com os dados de flutuação do nível da água relativo ao dia de passagem do satélite.

6.2.3 Identificação da lâmina de água aparente

A Identificação da lâmina de água aparente foi realizada através do cálculo de NDWI a partir de imagens do satélite Landsat 5 TM, disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Optou-se por trabalhar com a variação anual entre os anos de 2000 a 2010, totalizando 11 anos de análise.

Após a aquisição das imagens junto as website do INPE, iniciou-se o pré-processamento no software ArcGIS 10.2.2, que consistiu em 1) georreferenciamento das imagens; 2) correção atmosférica através do método “*Dark Pixel*” e 3) recorte da imagem na área do polígono referente aos limites da APABG.

Assim como Guasselli (2005), neste trabalho foram denominadas de áreas com lâmina de água aparente, as áreas onde a resposta espectral corresponde predominantemente à lâmina da água ou ao seu predomínio frente à cobertura de macrófitas aquáticas.

Para a identificação das áreas com lâmina de água aparente, utilizou-se o NDWI (McFEETERS, 1996), índice que destaca as águas abertas, através de operações aritméticas (JENSEN, 2009).

Para o cálculo do NDWI utilizou-se a equação (4):

$$NDWI = \frac{(TM\ 2 - TM\ 4)}{(TM\ 2 + TM\ 4)} \quad (4)$$

Onde o TM 2 corresponde ao comprimento de onda do verde e o TM 4 ao infravermelho próximo, na equação de bandas 2 e 4 do Landsat 5 TM.

Após o cálculo do NDWI para cada uma das 11 imagens analisadas, realizou-se a soma de todos os mapas para identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de lâmina da água

aparente. Esta imagem representa o número de vezes em que ocorreu naquela superfície, lâmina de água aparente. Após a soma do número de ocorrências de lâmina de água aparente, definiu-se 04 classes conforme a periodicidade das ocorrências, sendo: 1) nenhuma ocorrência, 2) de uma a três ocorrências, 3) de quatro a sete ocorrência e 4) acima de 8 ocorrências.

6.3 RESULTADOS

A Figura 16 mostra a variação média anual (1973-2014) dos níveis de flutuação da água na régua da estação fluviométrica Passo das Canoas, localizada no rio Gravataí. Vê-se que a variação média possui uma amplitude de 1,25 metros a 2,70 metros ao longo dos 41 anos de análise.

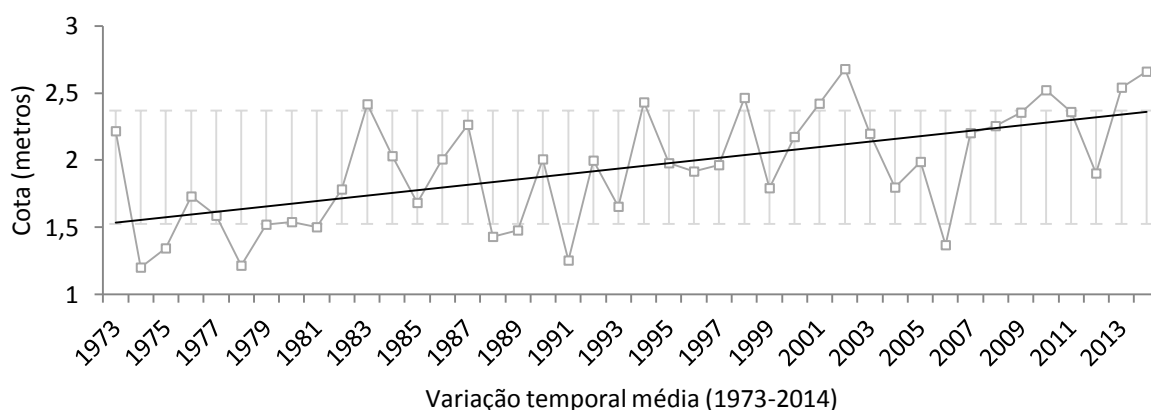


Figura 16 - Variação temporal média (1973 - 2014) do nível da água na régua Passo das Canoas, rio Gravataí.

A precipitação mensal média na APABG (Figura 17) apresenta-se mensalmente bem distribuída. Verificou-se que nos meses de janeiro, fevereiro e março a precipitação pluviométrica foi crescente no sentido sul-norte, ou seja, na área compreendida pelo extremo sul da APABG.

O primeiro trimestre do ano (janeiro, fevereiro e março) apresenta intensa demanda de água por parte da rizicultura (RIO GRANDE DO SUL, 2011), que conforme Guasselli, et al., (2013), teve um aumento de mais de 1.500 hectares de área produzida entre 1994 até 2009, dentro da APABG.

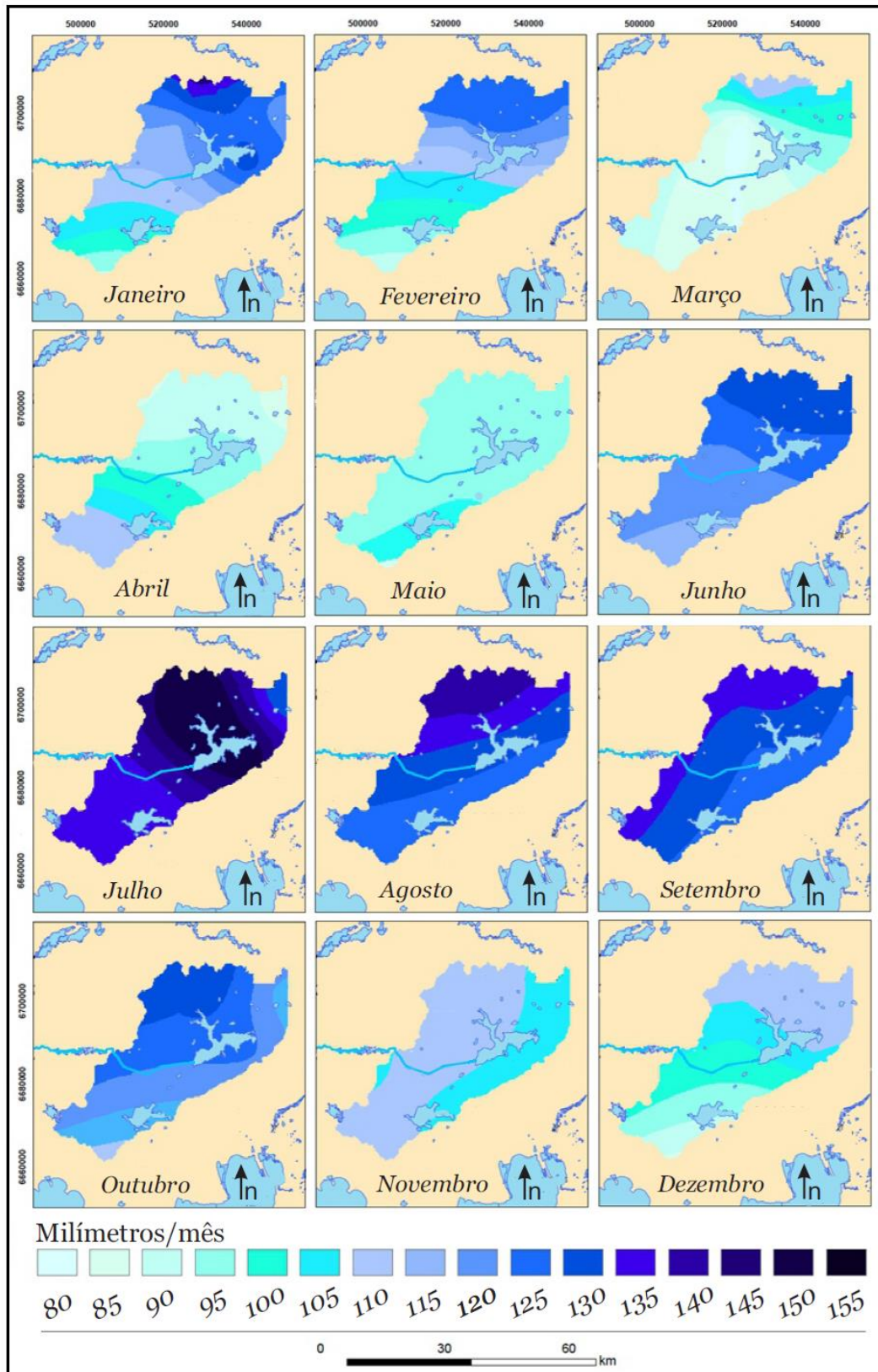


Figura 17 - Espacialização da precipitação pluviométrica média mensal na APABG.

Para os meses de abril e maio ocorre uma inversão da distribuição espacial da precipitação. Nestes meses os valores pluviométricos foram crescentes no sentido norte-sul.

No mês de junho a precipitação apresenta aumento se comparado aos meses anteriores. Na parte sul (Banhado dos Pachecos) a precipitação média é de 115 mm, ou seja, vinte milímetros a mais se comparado com o mês anterior (maio). Já na parte central da APABG os valores médios da pluviosidade para o mês de junho foram de 115 mm.

Julho apresenta a maior média da precipitação na série histórica 1971-2000 para a APABG. Já em agosto, destaca-se a área compreendida pelo Banhado Grande, onde a precipitação média é de 135 mm. Setembro é marcado por uma precipitação média máxima de 135 mm.

O mês de outubro apresentou os maiores valores de chuva para último trimestre. Já novembro apresenta uma variação da precipitação média de apenas 10 mm ao longo da área compreendida pela APABG. Em dezembro os maiores valores de precipitação foram verificados ao norte da APABG com 110 mm.

A Figura 18 representa o total pluviométrico relativo aos 30 dias anteriores à obtenção da imagem de satélite, no posto pluviométrico de Glorinha, RS. Vê-se que entre 23/05/2000 a 23/06/2000, a precipitação total foi de 121 mm, valor semelhante ao verificado na imagem seguinte, no período compreendido entre 23/02/2001 até 23/03/2001, quando choveu 118 mm.

No terceiro período analisado (20/12/2001 a 20/01/2002) choveu 51 mm e na quarta imagem (31/01/2003), a precipitação total foi de 84 mm, enquanto que, nos 30 dias anteriores a obtenção da quinta imagem verificou-se o maior valor pluviométrico da série de imagens, 160 mm.

Já a imagem referente à 04/05/2005 apresentou valores de pluviosidade abaixo da média, pois nos 30 dias anteriores a esta data choveu um total de 87 milímetros, setenta e um milímetros a menos que na data da imagem anterior. Na data que representa o ano de 2006, a precipitação total foi de 128 milímetros, enquanto que, na data observada para o ano de 2007 verificou-se o segundo maior volume de chuva, 150 mm.

Na data referente à imagem de 2008 a precipitação total foi de 103 mm, e nos 30 dias anteriores a obtenção da imagem de 2009, choveu na APABG, 62 mm. Na última data analisada (10/10/2010 a 10/11/2010) a precipitação pluviométrica total foi de 95 milímetros.

Para realizar a espacialização dos ambientes com lâminas de água aparente, analisou-se a variação espacial e temporal dos níveis da água na APABG (Figura 18). Na Figura 18(a), com data de 23/06/2000, o acumulado de precipitação nos últimos 30 dias foi de 121 mm, ou seja, valor considerado alto se comparado aos outros anos analisados. Verifica-se que a

lâmina de água aparente conecta o Banhado dos Pachecos com a planície de inundação do Rio Gravataí.

Na Figura 18(b), de 22/03/2001, nota-se que apesar de apresentar um valor pluviométrico semelhante ao mês anterior (118 mm), em março tem-se alta demanda de água por parte da rizicultura, e este é um dos fatores para a menor lâmina de água aparente, se comparada ao mês anterior (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

A presença de lâmina de água aparente restringe-se a algumas porções do Banhado Grande e também na planície do rio Gravataí, próximo ao local conhecido popularmente como Lagoa da Anastácia (denominada erroneamente como tal, essa área é apenas um meandro abandonado do rio Gravataí que foi fechado por rizicultores, com o intuito de barrar a água).

A Figura 18(j) que representa a data de 02/07/2009 apresenta-se de modo bastante interessante, pois apesar dos meses de junho e julho figurarem entre as maiores médias de precipitação para a APABG, 125 mm e 145 mm, respectivamente, nos 30 dias anteriores a data de obtenção da imagem choveu um total de 63 mm, ou seja, menos da metade dos valores médios para este período.

Entretanto, a Figura 18(j) apresenta maior área com lâmina de água aparente, se comparado aos meses com a precipitação semelhante, porém com demanda de água pela agricultura. A Figura 18(l) com data de 10/11/10 apresenta uma precipitação pluviométrica dentro da média para o período (95 mm) e, portanto, a lâmina de água aparente é visível, principalmente, na Lagoa da Anastácia.

A Figura 18(c), referente à 20/01/2002 apresenta a área com menor lâmina de água aparente, se comparado às outras datas analisadas. Isto deve-se ao fato de: nos 30 dias anteriores a obtenção da imagem, choveu na APABG um equivalente a 32 mm; e essa época têm-se grande demanda de água para uso agrícola.

Na Figura 18(d) apesar de chover na APABG um total de 83 mm, a imagem de 31/01/2003 apresentou uma dinâmica semelhante à imagem anterior. Este fato pode ser novamente atribuído à alta demanda hídrica por parte da rizicultura, principalmente, no primeiro trimestre do ano. A data de maior precipitação pluviométrica na APABG nos 30 dias anteriores a obtenção da imagem é a Figura 18 (e). Neste período choveu na APABG um total de 159 mm, estabelecendo-se uma conectividade entre a planície de inundação do rio Gravataí e o Banhado dos Pachecos.

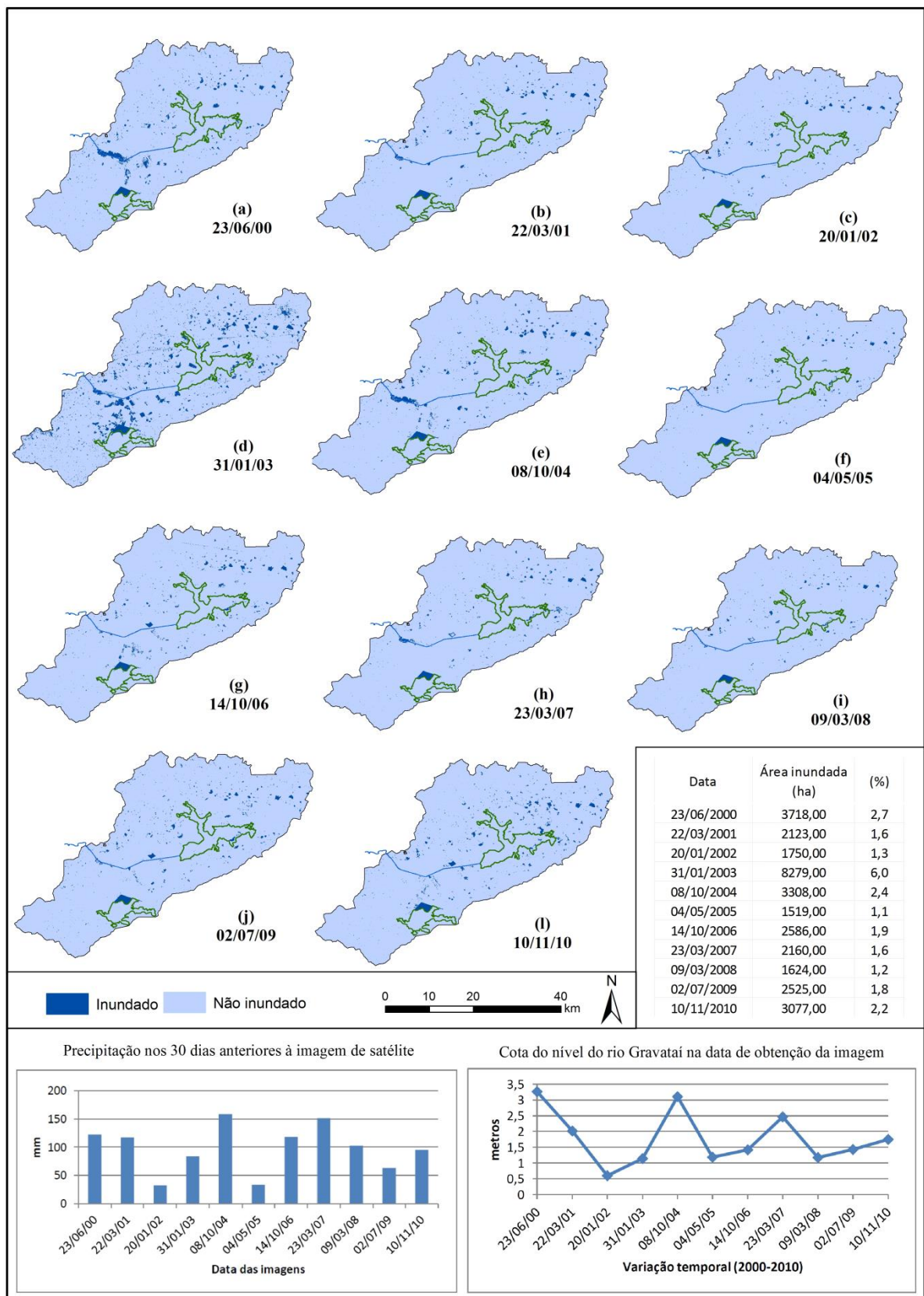


Figura 18 - Variação temporal e espacial da lâmina de água aparente na APA do Banhado Grande.

Para a Figura 18(f) com data de 04/05/05, choveu nos 30 dias anteriores a data de obtenção da imagem, 33 mm. Este fato justifica a lâmina de água aparente apresentar-se de forma fragmentada na APABG. Na Figura 18(g) nota-se um aumento considerável da lâmina de água aparente, principalmente nas áreas próximas ao Banhado dos Pachecos. A precipitação média em outubro é de 115 mm, e nos trinta dias antes data de obtenção da imagem (14/10/2006) choveu na APABG aproximadamente 118 mm. Nesta figura é possível verificar que a planície de inundação do rio Gravataí novamente se conecta com o Banhado dos Pachecos.

Assim, se considerarmos a dinâmica da lâmina da água atribuída principalmente aos valores pluviométricos, verifica-se que neste período a lâmina de água aparente encontra-se próxima de seus valores médios, entorno de 1,4 metros para o mês de outubro na régua Passo das Canoas.

A Figura 18(h) com data de obtenção em 23/03/2007 apresentou o segundo maior valor pluviométrico nos 30 dias anteriores a obtenção da imagem. Para esta figura, têm-se a ocorrência de lâmina de água aparente nos três compartimentos da APABG (Banhado Grande, Banhado dos Pachecos e planície inundável do rio Gravataí), entretanto não chega a se estabelecer uma conectividade entre as AUs da APABG.

Para a Figura 18(i), também do mês de março, porém no ano de 2008 têm-se uma diminuição da lâmina de água aparente se comparada à imagem anterior. Neste período a precipitação foi de aproximadamente 102 mm, ou seja, 49 mm a menos que na imagem anterior. Por isso, a ausência de lâmina de água aparente, principalmente na área da Lagoa Anastácia.

A Figura 18 mostra também a variação do nível da água no rio Gravataí, nas datas de aquisição das imagens de satélite. Vê-se nesta figura uma amplitude de 2,75 metros, sendo que, na primeira imagem de satélite (23/06/2000) o nível de flutuação atingiu sua maior cota entre as imagens analisadas, 3,25 metros, enquanto que, o dia 20/01/2002 apresentou a menor cota entre os anos analisados (0,6 metros).

Vê-se na Figura 19 a área compreendida pela Lagoa da Anastácia, onde A refere-se ao leito do rio Gravataí. Já a letra B representa a conectividade exercida entre o rio e sua planície inundável em períodos de grandes pulsos de inundação.

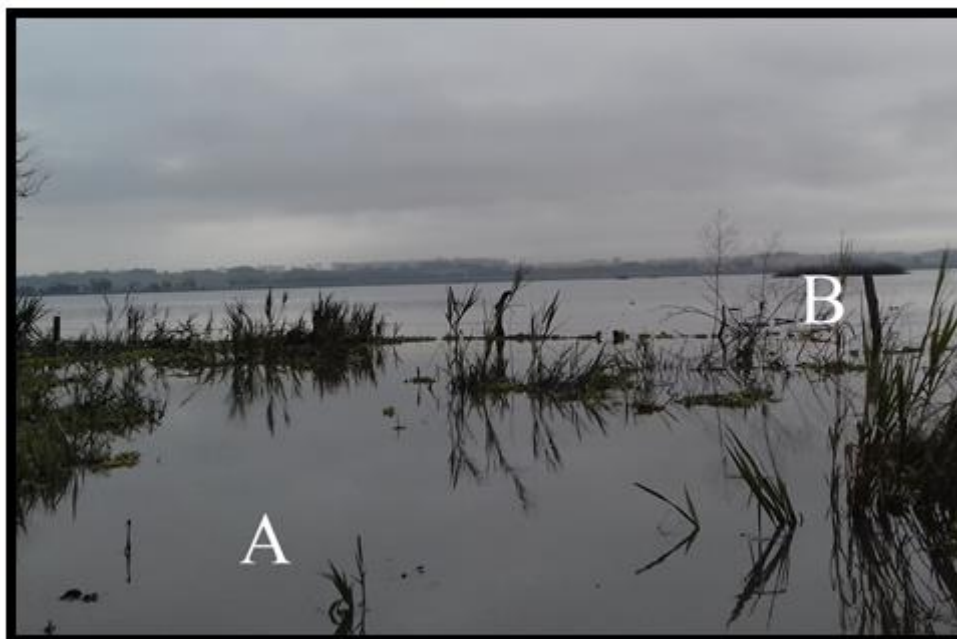


Figura 19 - Conectividade estabelecida em grandes pulsos de inundação entre o rio Gravataí (A) e sua planície inundável (B).

Data da imagem: 29/07/2016. **Fonte:** Trabalho de Campo.

A conexão demonstra a importância da caracterização da dinâmica das Áreas Úmidas, pois, esta conectividade associada aos grandes pulsos de inundação permite diversas interações entre o rio e sua planície inundável, tais como, troca de nutrientes, sedimentos e organismos (WARD; STANFORD, 1999).

A Figura 20 apresenta o mapeamento das áreas susceptíveis à ocorrência de lâmina de água aparente. Esta figura é produto da soma das 11 imagens de área com ocorrências de lâminas de água aparente e representa o número de vezes em que ocorreu inundação, naquela superfície.

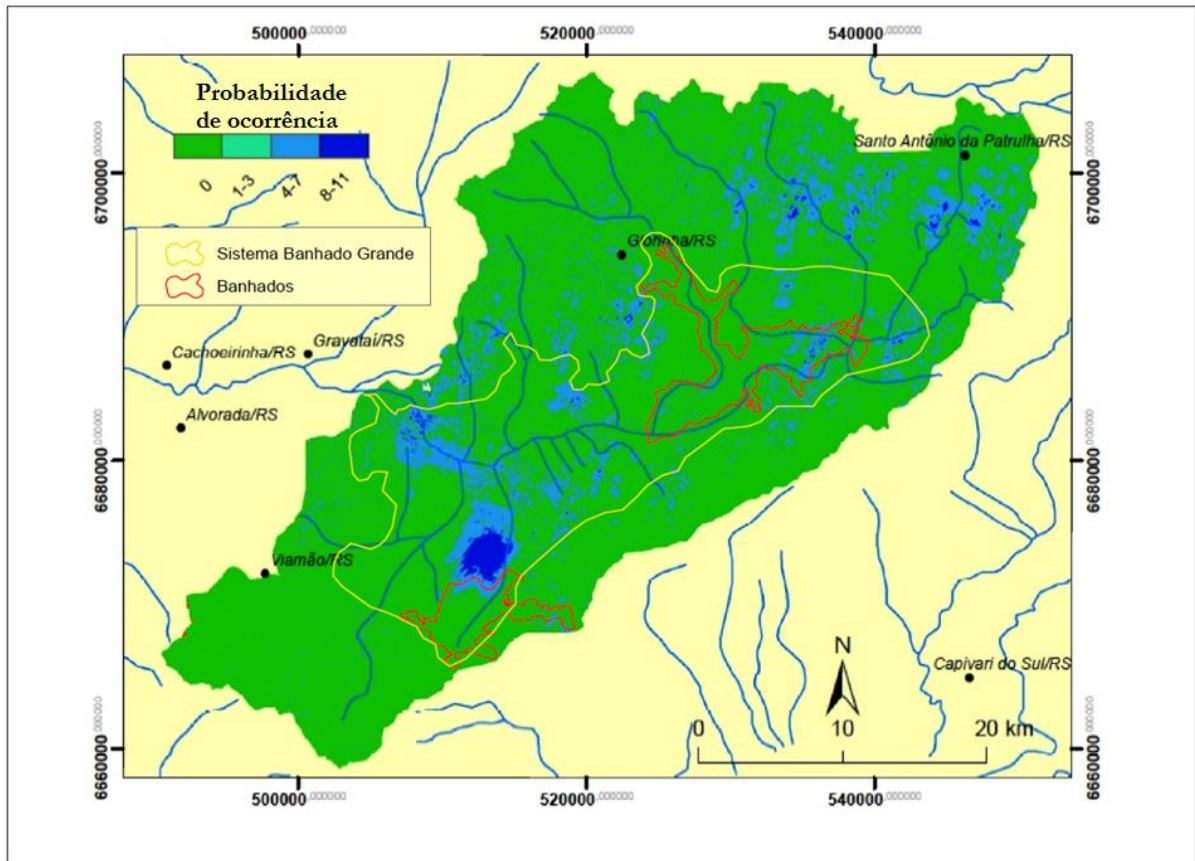


Figura 20 - Probabilidade de ocorrência de lâmina de água aparente.

A área com maior ocorrência de lâmina de água aparente é encontrada próxima ao Banhado dos Pachecos. Neste local, localiza-se a barragem do assentamento Filhos de Sepé, do Movimento Sem Terra (MST), justificando a ocorrência de lâmina de água aparente nas 11 imagens.

A área conhecida como Lagoa da Anastácia mostrou-se, também, bastante susceptível à ocorrência de lâmina de água aparente. Além disto, verifica-se a conectividade formada entre o Banhado dos Pachecos e planície de inundação do rio Gravataí, onde ocorreu de 4 a 7 imagens com lâmina de água aparente.

Outra área que merece destaque é a porção nordeste do Banhado Grande, onde, verifica-se locais com a ocorrência de lâmina de água aparente nas 11 imagens analisadas. Já as áreas com 1 a 3 ocorrências apresentaram-se fragmentadas, principalmente, no corredor compreendido entre os banhados Grande e dos Pachecos e estão diretamente ligadas aos pulsos de inundação e seca e também a demanda hídrica por parte da agricultura.

6.4 DISCUSSÕES

A caracterização da flutuação da lâmina de água é determinante para explicar os processos hidrológicos que contribuem para a manutenção da estrutura e função das AUs, pois, permitem o entendimento dos padrões de inundação (ZARISTA, 2013). Guasselli (2005) em um estudo sobre a dinâmica da vegetação no Banhado do Taim aponta que a flutuação do nível da água é fundamental para a determinação das características dos estandes de macrófitas aquáticas em Banhados.

Para a região Amazônica, Carvalho (1983) salienta que a grande flutuação do nível da água é responsável pelas mudanças sazonais na estrutura das comunidades dos lagos; e Budke (2007) discorre que a presença de lâmina de água influencia diretamente nas características do solo, diminuindo as trocas gasosas entre solo e ar. Santos; Esteves (2004) consideram que o crescimento e sobrevivência das macrófitas aquáticas emergentes são dependentes das flutuações do nível de água.

Na APABG, a variação da lâmina de água aparente é regulada, principalmente, pelos pulsos de inundação (JUNK et al., 1989), que constituem-se na principal dinâmica ecológica da planície de inundação (FRANÇA et al., 2005), apesar de Thomaz et al. (1997) abordarem que os impactos de diferentes pulsos não são completamente entendidos.

Entretanto, a demanda de água para o cultivo do arroz pode também influenciar na dinâmica das flutuações do nível da água. A importância de considerar o cultivo do arroz na caracterização das flutuações do nível da água foi discutida por Villanueva (1997), que baseando-se em dados meteorológicos e de uso da água para o cultivo agrícola, modelou o hidroperíodo para o banhado do Taim.

Tratando-se dos efeitos das flutuações do nível da água, o WMP (2007) afirma que pode ocorrer o crescimento de nova vegetação no fundo das áreas com lâmina de água aparente e nos banhados adjacentes devido à germinação em solos hidromórficos, além de novos habitats para peixes e outros organismos aquáticos e também a melhoria na qualidade da água através da sedimentação e remoção de poluentes em AUs.

Em grandes pulsos de inundações, se estabelece na Lagoa da Anastácia uma área com lâmina de água aparente, inundando os antigos meandros do rio Gravataí, conectando-os com o canal principal. Miranda (2013) salienta que foram adaptados alguns conceitos para complementar o conceito de pulso de inundação. O termo conectividade foi introduzido para

reforçar que a conectividade, além de ser lateral, é também vertical, incluindo no conceito as trocas de águas com o lençol freático.

Tendo em vista a importância da conectividade vertical, Rubbo (2004) realizou um estudo hidrogeológico em um local da APABG denominado aquífero Cenozóico da bacia hidrográfica do rio Gravataí. A autora salienta que o aquífero comporta-se como uma área de passagem da água advinda da recarga da Coxilha das Lombas para o Banhado Grande. Para toda área em que foi realizada a modelagem os valores de drenança apresentaram-se negativos demonstrando que o aquífero está cedendo água ao aquífero freático.

Em relação à probabilidade de ocorrência de lâmina de água aparente verifica-se que as áreas mais susceptíveis localizam-se próximas ao Banhado dos Pachecos, onde possui uma barragem de um assentamento agrícola. As áreas ao entorno da barragem também apresentam ocorrência de lâmina de água. Inclusive, nota-se uma extensa área inundada entre a barragem do assentamento Filhos de Sepé e a área conhecida como Lagoa da Anastácia.

Na área próxima à Lagoa da Anastácia, Brenner (2016) propôs uma metodologia para renaturalização dos antigos meandros do rio Gravataí, através de técnicas de bioengenharia. A autora alerta ainda para o aumento da vazão do rio Gravataí no período pós-retificação do canal, pois o trecho retilíneo favorece ainda mais o escoamento acelerado da montante para jusante, impedindo o Banhado Grande de cumprir sua função na bacia de “esponja” ao absorver os grandes picos de pluviosidade e liberar a água de forma lenta.

Neste mesmo viés, Etchelar (2013) entende que a retificação do canal do rio Gravataí possui influência direta na formação de uma voçoroca, localizada ao sul do Banhado Grande. A autora alerta para a rápida evolução do processo erosivo, pois, no ano de 2003 a área da erosão era de 1409 m², e no ano de 2012 passou para 8814 m². Diante disto, a renaturalização de um trecho do rio Gravataí, conforme propôs Brenner (2016) diminuiria a vazão do rio e consequentemente amorteceria o rápido processo erosivo.

A renaturalização permitiria também a manutenção da conectividade lateral entre o canal do rio, os meandros abandonados e a área próxima ao Banhado dos Pachecos. Esta conectividade (WARD; STANFORD, 1995) permite diversas interações entre estes corpos d'água, como troca de nutrientes, sedimentos, e organismos.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho verificou-se que a variação do nível da água obtida através do cálculo do NDWI, relacionou-se com os dados de nível da água e precipitação pluviométrica, uma vez que o NDWI apresentou valores bastante condizentes principalmente com dados de precipitação pluviométrica relativas ao mês anterior à data de passagem da imagem.

Em relação à caracterização dos padrões de variação do nível da água, verifica-se nas áreas de banhados (Banhado Grande e Banhado dos Pachecos) e na planície de inundação do rio Gravataí, uma variação bem marcada mensalmente da lâmina de água aparente, onde, nos meses de junho e outubro, tem-se maior presença de lâmina de água, devido aos maiores valores pluviométricos e a baixa demanda de água pela agricultura, e meses como dezembro, janeiro, fevereiro e março são marcados pela presença de uma menor área com lâmina de água aparente, devido aos baixos valores pluviométricos e alta demanda hídrica pela rizicultura.

A precipitação mostrou-se mensalmente bem distribuída em toda a área da APABG. Nos meses de verão, período de menor precipitação mensal média, as médias máximas são verificadas na parte norte da APABG, onde a chuva chega a valores médios mensais de 135 mm, enquanto que, na parte sul os valores pluviométricos médios chegam a 80 mm. Nos meses referentes ao outono (março, abril, maio e junho), a parte norte da APABG foi a que apresentou os menores valores de precipitação (85 mm), e na parte sul os valores de precipitação pluviométrica foram de 110 mm.

Os meses de inverno (junho, julho, agosto e setembro) apresentaram os maiores valores de precipitação pluviométrica média entre os anos estudados (155 mm) na área da APABG. Os menores valores de precipitação para os meses de inverno foram verificados na parte leste da APABG, onde a média foi de 125 mm. Nos meses referentes à primavera (setembro, outubro, novembro e dezembro), os valores máximos de precipitação mensal foram de 125 mm, enquanto que, os valores mínimos foram de 110 mm, verificados na parte sul da APABG.

Ao analisar as áreas com ocorrência de lâmina de água aparente, fica evidente a importância dos valores de precipitação pluviométrica na sua dinâmica. As datas de 23/06/2000 e 08/10/2004, referentes aos meses de inverno e primavera, foram as que apresentaram as maiores ocorrências de lâmina de água aparente, como também, foram as

datas de maiores valores de precipitação no mês anterior a data de aquisição da imagem, 120mm e 160mm, respectivamente.

Já a data de 20/01/2002, referente a um mês de verão, período de menor precipitação pluviométrica na área da APABG e de maior demanda hídrica por parte das lavouras de arroz², foi a que apresentou a menor lâmina de água aparente na área da APABG. A precipitação pluviométrica referente ao mês anterior à data de aquisição da imagem foi a menor entre as datas estudadas (34 mm), justificando a pouca presença de lâmina de água aparente.

Quanto às áreas mais susceptíveis a ocorrência de lâminas de água aparente, estas áreas concentram-se principalmente no Banhado dos Pachecos e na planície de inundação do rio Gravataí, próximo a Lagoa da Anastácia, onde percebeu-se que em grandes pulsos de inundação, se estabelece uma conectividade entre os diferentes compartimentos da APABG, possibilitando diversas interações entre as AUs.

6.6 REFERÊNCIAS

ACCORDI, I. A. O Sistema Banhado Grande como uma área úmida de importância internacional. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS. 2. 2003, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2003. p. 56-63. CD-ROM.

BRASIL. ANA (Agência Nacional de Águas). **Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 24 maio 2016.

BRENNER, V. C. **Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do rio Gravataí-RS**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em geografia-UFRGS. UFRGS: Porto Alegre, 2016.

BUDKE, J. C. **Pulsos de inundação, padrões de diversidade e distribuição de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha no sul do Brasil**. (Tese de Doutorado). 195f. Programa de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

CARVALHO, M. L. Efeitos da flutuação do nível da água sobre a densidade e composição do zooplâncton em um lago de várzea da Amazônia, Brasil. **Acta amaz.**, v.13, n.5-6, pp. 715-724, 1983.

² Conforme Rio Grande do Sul (2011), a retirada de água para a irrigação do cultivo de arroz é a maior demanda de água na bacia, correspondendo a cerca de 85% nos meses de verão.

CARVALHO, A. B. P.; OZORIO, C. P. Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 1, n. 2, p.83-97, 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/171/188>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

DUARTE, R. F. **Monitoramento das áreas úmidas e inundadas adjacentes ao Canal São Gonçalo com uma série de imagens ERS-1/2 SAR e Envisat ASAR adquiridas entre 1992 e 2007**. (Dissertação de Mestrado). Programa de pós-graduação em geografia. Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Rio Grande-RS, 2013.

DUARTE DA SILVA, P. A.; TAVARES, V. E. Q. Preservação de Áreas Úmidas. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

ELWOOD, J. W.; NEWBOLD, J. D.; O'NEIL, R. V.; WINKLE, W. V. Resource spiralling: an operational paradigm for analysing lotic ecosystems. In: T.D. FONTAINE; S.M. BARTELL (eds.) **Dynamics of Lotic Ecosystems**, pp. 3-27. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, 1983.

ETCHELAR C. B. **Análise do processo erosivo no Banhado Grande, município de Glorinha, RS**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FRANÇA, A. M. S.; FLORENZANO, T. G.; NOVO, E. M. L. M. A dinâmica do pulso de inundação: aplicações de sensoriamento remoto na estimativa da área de expansão dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Amazonas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 11. 2005. **Anais...** São Paulo: USP, 2005. pp. 2742-2750.

GAO, B. C. NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. **Remote Sens. Environ**, New York, v. 58, n. 1. 2007. p. 257-266.

GUASSELLI, L. A. **Dinâmica da vegetação no Banhado do Taim, RS**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6768>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

GUASSELLI, L. A.; ETCHELAR, C. B.; BELLOLI, T. F. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 447-452. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1428.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

IRIGARAY, C. T. J. H. Áreas Úmidas Especialmente "Des" Protegidas no Direito Brasileiro: o Caso do Pantanal Mato-grossense e os Desafios e Perspectivas para sua Conservação. **Revista de Estudos Sociais**, v. 17, n. 34, p. 203-225, 2015.

JAKOB, A. A. E. A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12., 2002, **Anais...** Ouro Preto: Abep, 2002. p. 1-21.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598 p.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, n. 106, p. 110-127. 1989.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F. A classification of major natural habitats of Amazonian white water river floodplains (várzeas). **Wetlands Ecology and Management**, v. 20, n. 5, p. 461-475, 2012.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHOENGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: Definition, delineation and classification for research, sustainable management and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Environments**, v. 24, pp. 5-22, 2013.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHOENGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A.; NÓBREGA, R. L. B. **Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável**. Cuiabá: INAU, 2015. Disponível em: http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf. Acesso: 05/06/2015.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. **Boletim ABLimno**, v. 41, n. 2, p. 20-24, 2015.

KURTZ, F.C.; ROCHA, J.S.M. da.; KURTZ, S.M. de J.M. Zoneamento ambiental em Pantanaís (Banhados). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 308-312, 2001.

MAUHS, J.; MARCHIORETTO, M. S.; BUDKE, J. C. Riqueza e biomassa de macrófitas aquáticas em uma área úmida na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas, botânica**, v. 57, p. 289-302, 2006.

MALTCHIK, L.; COSTA, M. A. J.; DUARTE, M. C. D. Inventory of Brazilian semiarid shallow lakes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 801-808, 1999.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

MELLER, J. **Mapeamento de áreas úmidas e banhados na microbacia do rio Amandaú, região noroeste do Rio Grande do Sul**. (Dissertação de Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria-UFSM: Santa Maria, 2011.

MELLO, L.P. **Percepção da paisagem e conservação ambiental no Banhado Grande do Rio Gravataí (RS)**. Tese. 1998. 364p. (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo: 1998.

MENEGHETI, J.O. Lagunas uruguayas y sur de Brasil. In: CAVENARI, P.; DAVIDSON, I.; BLANCO, D.; CASTRO, G.; BUCHER, E. (eds). **Los humedales de America del Sur, una agenda para la conservación de La biodiversidade y políticas de desarrollo**. Buenos Aires: Wetlands International, 1998.

MIRANDA, E. C. A. O. **Influência do pulso de inundação do rio Solimões sobre os processos geoquímicos e comunidade fitoplancônica do lago Janauacá, Amazonas, Brasil**. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas. Universidade de Brasília: Brasília, 2013.

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciencia**, v. 15, n.6, pp. 424-441, 1990.

OLIVEIRA, M. de L. A. A. de; BALBUENO, R. A; SENNA, R. M. Levantamento florístico de fragmentos florestais na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Sér. Bot., Porto Alegre, 2005. v. 60, n. 2, p. 269-284.

PAULA, E. V.; MARÉS MIKOSIK, A. P. Contribuições ao processo de delimitação de áreas úmidas e entorno protetivo. **Revista Geonorte**, Ed. Esp. 4, v.10, p.280-285, 2014.

RAMSAR. **The Ramsar Library**. Information sheet on Ramsar Wetlands. Gland: The Ramsar Convention, 1971. Disponível em: <<http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf>>. Acesso em: 25 de jul. de 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente – DRH/SEMA. **Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Gravataí**. Porto Alegre: Bourscheid, 2011. 582 p.

RUBBO, M. **Análise do potencial hidrogeológico do aquífero cenozoico da bacia hidrográfica do rio Gravataí – RS**. 2004. 95p. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental. IPH/UFRGS, 2004.

SANCHES, R. A.; ROSSETE, A. N.; REZENDE, A. C. P.; ALVES, H. Q.; VILLAS-BÔAS, A. Subsídios para a proteção de áreas úmidas da bacia do rio Xingu, Mato Grosso, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p.489-498, jun. 2012.

SANTOS, A. M.; ESTEVES, F. A. Influence of water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (VAHL) roemer et schults. **Braz. arch. biol. technol.**, v. 47, n. 2, pp. 281-290, 2004.

SERAFINI, L. Z. **Proteção jurídica das áreas úmidas e os direitos socioambientais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Direito) – Centro de Ciências Jurídicas e Sociais – PUC-PR, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba: 2007.

TASSI, R.; VILLANUEVA, A. O. N. **Definição do hidroperíodo do banhado do Taim**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, FURG e FZB, 2003.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C.; BINI, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A M. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos e biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997, p. 73-102.

VILLANUEVA, A. O. N. **Simulação de áreas de inundação dinâmica: canais compostos e wetlands**. 1997. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

WARD, J V; A STANFORD, J. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. **Regulated Rivers: research & management**, Hoboken, v. 11, n. 1, p.105-119, jan. 1995.

WIDHOLZER, F. **Banhados do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Riocell S. A., 1986. 40 p.

WMP. WATER MANAGEMENT DISTRICT. **Fluctuating lake levels**. 2007. Disponível em: <http://www.sjrwm.com/watersupply/lakelevels.html>. Acesso: 03 de maio de 2016.

ZARISTA, S. **Monitoramento da dinâmica de inundação no Pantanal Norte com uso de índices EVI e LSWI do MODIS**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso: Cuiabá, 2013.

7. CONECTIVIDADE ENTRE AS ÁREAS ÚMIDAS DA APA DO BANHADO GRANDE, RS

RESUMO

A Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, compreende três áreas de banhados, o Banhado Chico Lomã, o Banhado Grande e o Banhado dos Pachecos. Em períodos de grandes pulsos de inundação extensas áreas inundáveis são formadas entre esses banhados e a planície de inundação do rio Gravataí, estabelecendo uma conectividade entre as Áreas Úmidas (AUs) da APABG. Essa conectividade faz com que haja interações entre essas AUs, como troca de nutrientes, sedimentos e organismos vivos. Deste modo, este trabalho tem por objetivo mapear as áreas inundáveis associadas aos grandes pulsos de inundação e analisar as áreas de conectividade na APABG. Para isto, estruturou-se o trabalho em três etapas: i) escolha de imagens de satélites e de dados de precipitação, entre os anos 2000 a 2015 para identificação dos grandes pulsos de inundação; ii) mapeamento das áreas inundáveis nos grandes pulsos de inundação, utilizando imagens de Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI); e iii) análise da conectividade entre as Áreas Úmidas. Conforme os resultados, em grandes pulsos de inundação, com precipitação pluviométrica maior que 247 mm, nos 30 dias anteriores à data da imagem, se estabelece uma grande área de conectividade entre as Áreas Úmidas, formando no polígono delimitado pela cota de 11 metros, dois tipos de conectividade: (*conectividade banhado - banhado*), permitindo interações entre ambientes com depósitos paludiais e de fundo lagunar; e *conectividade rio - banhado*, interligando os depósitos aluvionares e de planície de inundação do rio Gravataí com os depósitos de fundo lagunar e paludiais. Em pulsos de inundação com precipitação acumulada menor ou igual a 200 mm, nos últimos 30 dias, a superfície inundável apresenta-se fragmentada dentro do polígono associado à cota de 11 metros, principalmente no corredor entre os banhados Grande e dos Pachecos, que não chegam a se conectar pela inundação, formando apenas a *conectividade rio - banhado*. Assim, a caracterização dos pulsos de inundação e da conectividade tornam-se fundamentais para o entendimento da dinâmica das AUs, pois, atentam para a necessidade de preservação destas áreas de grande importância para o controle de inundações, regulação microclimática e manutenção da biodiversidade.

Palavras-chave: Pulsos de inundação, Banhados, Planície de inundação, Precipitação pluviométrica, rio Gravataí.

ABSTRACT

The Environmental Protection Area of Banhado Grande (EPABG), located in the Metropolitan Region of Porto Alegre, comprises three areas of marshes, the Banhado Chico Lomã, the Banhado Grande and Banhado dos Pachecos. In periods of large flood pulses extensive flooded areas are formed between these wetlands and the river Gravataí floodplain, establishing a connectivity between the Wetlands (AUs) of EPABG. This connectivity indicates that there is an interaction between these AUs, such as exchange of nutrients, sediments and living organisms. Thus, this study aims to map extensive floodable areas associated with large flood pulses and to analyze the connectivity areas in EPABG. For this, the work is structured in three steps: i) choice of satellite images between the years 2000 to 2015 to identify largest flood pulses; ii) mapping of floodable areas in large flood pulses using images Normalized Difference Index Water (NDWI); and iii) analysis of the connectivity among wetlands. As the results, in large flood pulses, with precipitation greater than 247 mm, in the 30 days prior to the date of the image, establishing a large area of

connectivity between the wetlands, forming on the polygon defined by elevation of 11 metres, two types of connectivity: wetlands-wetlands connectivity, allowing interactions among environments with turf and lagoon deposits; and wetlands-stream connectivity, linking the alluvial and floodplain of the Gravataí River deposits with the background lagoon and paludiais deposits. Already, in flood pulses of flooding with rainfall less than or equal to 200 mm, in the last 30 days, the flooded area appears fragmented inside the polygon associated at an elevation of 11 metres, mainly in the corridor between the marshes Grande and the Pachecos, that does not connect by flood, forming just wetlands-stream connectivity. Thus, the characterization of the flood pulses and connectivity become fundamental to the understanding of the dynamic of wetlands, because, make aware of for the need to preserve these areas of importance for flood control, microclimate regulation and maintenance of biodiversity.

Keywords: Flood pulses, Marshes, Flood plain, Rainfall, river Gravataí.

7.1 INTRODUÇÃO

A Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), compreende três áreas de banhados, o Banhado Chico Lomã, o Banhado Grande e o Banhado dos Pachecos. Essas áreas formam uma extensa composição de Áreas Úmidas (AUs) na bacia do rio Gravataí. Meneghetti (1998) define essas áreas como Sistema Banhado Grande (SBG). Para Guasselli et al. (2013), o SBG é delimitado pela cota altimétrica de 20m, e composto segundo Accordi; Hartz (2006) por uma área continua de brejos ou pântanos, terrenos inundáveis e arrozais. Na década de 1970, entretanto, parte do rio Gravataí foi retificado com a intenção de drenar as Áreas Úmidas, buscando ampliar as áreas destinadas ao cultivo de arroz irrigado.

Em períodos de grandes pulsos de inundação, se estabelece uma conectividade entre as Áreas Úmidas (AUs) da APABG, formando uma extensa área inundável entre o Banhado Grande, o Banhado dos Pachecos e a planície de inundação do rio Gravataí. A conectividade refere-se às interações entre diferentes corpos d'água, tais como áreas de várzea, áreas de banhados e também entre os sistemas aquáticos e ribeirinhos.

Na bibliografia, o termo conectividade aparece sozinho ou associado a: conectividade ecológica, geohidrológica, hidrológica, meândrica, morfológica, funcional, estrutural, entre outros. Para Amoros; Roux (1988); Ward; Stanford (1995) a conectividade ecológica refere-se a interações como movimentos de água, sedimentos, nutrientes, detritos e organismos vivos. Pringle (2001) aborda a conectividade denominando-a conectividade hidrológica. Já Rocha; Rocha (2007) abordam a conectividade hidrodinâmica atuante nos sistemas rio-

planície de inundação. Para Junk et al. (1989) as inundações sazonais, com seus ciclos de enchente, cheia, vazante e seca definem os pulsos de inundação.

Em pesquisas envolvendo conectividade, destaca-se Rocha (2010) no estudo sobre as interações entre características geomorfológicas e a conectividade de ambientes aquáticos e feições do sistema rio-planície fluvial. Nesse estudo as formas com gênese no regime fluvial atual são menos estáveis, possibilitando que processos alogênicos garantam maior dinamismo geomórfico e evolutivo dos corpos hídricos, pelo maior grau de conectividade.

Rocha (2011a) no mapeamento geomorfológico das áreas inundáveis em uma planície fluvial identificou três zonas inundáveis relacionadas aos pulsos hidrológicos. Já Rocha (2011b) aborda os processos hidrodinâmicos atuantes nos sistemas rio-planície de inundação, numa interpretação associativa entre as feições geradas pelos processos geomórficos e as principais dimensões de conectividade hidrodinâmica entre os ambientes de canal e planície de inundação.

Guimarães (2009) analisou as relações entre conectividade e comunidade de peixes, utilizando SIG e conceitos de ecologia da paisagem, em 39 lagoas, localizadas no litoral norte do Rio Grande do Sul. Conforme a autora, lagoas com altos valores de conectividade, apresentam maior riqueza de espécies. Rocha (2015) analisou a conectividade estrutural e funcional hidrossedimentológica numa bacia hidrográfica, a partir do relacionamento da intensidade do escoamento superficial, produção hídrica e da concentração de sedimentos em diferentes trechos na bacia.

As definições de AUs são muitas e, em sua maioria, confusas (CUNHA et al., 2015; JUNK; PIEDADE 2015). A mais aceita foi proposta pela convenção Ramsar (1971), e adaptada por Scott e Jones (1995), onde, conforme os autores, AUs “são áreas de banhado, pântanos, turfeiras ou água, sejam naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água parada ou fluindo, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de águas matinhas, nas quais a profundidade na maré baixa não exceda a 6 metros”. No entanto, conforme Guasselli (2005), essa definição é muito ampla.

Cowardin et al. (1979), por exemplo, destacam a dominância nas AUs dos solos saturados por água, onde comunidades de plantas e animais vivem sobre sua superfície. Segundo os autores AUs são áreas de transição entre ambientes terrestres e aquáticos, onde o lençol freático está geralmente próximo à superfície ou a terra é coberta por água superficial.

Para Cunha et al. (2015) as “AUs são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou

periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica”. Já segundo Rolon et al. (2010) são ecossistemas que permanecem inundados por tempo longo o bastante, que permita o estabelecimento de solos encharcados e plantas aquáticas.

A Área Úmida entre os banhados Grande e dos Pachecos e a planície inundável do rio Gravataí forma um corredor delimitado com base na cota de 11 metros (FRAGOSO JUNIOR; NEVES, 2015). Nessa área a conectividade assume um papel marcante em períodos de grandes pulsos de inundação. Ainda, entre as principais funções hidrológicas das AUs estão à capacidade de armazenar e liberar água, atuando no controle das inundações e na descarga de água nas épocas de estiagem, conhecido como efeito “esponja” (Diegues, 1990).

Devido à sua importância, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2007 incluiu a área compreendida por esse corredor no mapa das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (BRASIL, 2009). A escala de 1:6.000.000, entretanto, impossibilita identificar a área a ser preservada.

Apesar da declarada importância, conforme Rio Grande do Sul (2014) existe um projeto para uma barragem no rio Gravataí, com o intuito de conter as enchentes no baixo curso do rio. Inundando segundo Fragoso Júnior; Neves (2015) uma área de aproximadamente 10.000 ha, incluindo toda a AU relativa à cota de 11 m, interferindo diretamente na dinâmica natural. Do ponto de vista ambiental isso tem um impacto extremamente negativo para a manutenção da biodiversidade, pois, inundará permanentemente as AUs da APABG, as quais deveriam estar protegidas visando sua conservação.

Deste modo entende-se que a conectividade em períodos de grandes pulsos de inundação é responsável pelas interações entre as AUs na bacia hidrográfica. Assim, este trabalho tem por objetivo mapear as áreas inundáveis associadas aos grandes pulsos de inundação na APABG e analisar as áreas de conectividade utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

7.2 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

A execução desta pesquisa para identificação e mapeamento da conectividade das Áreas Úmidas da APABG foi estruturada em três etapas: i) escolha de imagens de satélites e aquisição de dados pluviométricos, entre os anos 2000 a 2015 para identificação dos grandes

pulsos de inundação na APABG; ii) mapeamento das áreas inundáveis nos grandes pulsos de inundação dentro da cota de 11 metros; e iii) análise da conectividade entre as Áreas Úmidas.

7.2.1 Escolha de imagens de satélites e identificação dos grandes pulsos de inundação

Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 Thematic Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Landsat 8 (TM), obtidas no site da USGS (*United States Geological Survey*), na plataforma *Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). O período de análise compreende 16 anos, entre 01/01/2000 e 31/12/2015.

Para este trabalho foram descartadas as imagens que apresentaram qualquer cobertura de nuvens sobre a área de estudo, restando assim, 83 imagens. Na plataforma *Hidroweb* (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) da Agência Nacional das Águas (ANA), foram obtidos os dados de precipitação, do posto pluviométrico de Glorinha, relativos aos últimos 30 dias da data de aquisição de cada uma das 83 imagens.

Posteriormente calculou-se o total pluviométrico referente aos trinta dias anteriores, de cada uma das 83 imagens. Ao gerar as imagens de NDWI, verificou-se que em precipitações com acumulado menor que 200 mm, nos últimos 30 dias da data de obtenção da imagem, a superfície inundável é pequena.

Dessa forma, optou-se por utilizar imagens, onde, a precipitação pluviométrica total, nos 30 dias anteriores à data de aquisição da imagem de satélite, fosse maior que 200 mm. Deste modo, foram selecionadas quatro imagens em que os valores pluviométricos foram iguais ou superiores a 200 mm (Tabela 5).

Tabela 5 - Imagens utilizadas no estudo.

Data da imagem	Satélite	Total de chuva 30 dias anteriores (mm)
21/10/2000	Landsat 7	250,8
20/09/2009	Landsat 5	201,2
31/08/2013	Landsat 8	247,5
21/10/2014	Landsat 8	204,7

7.2.2 Mapeamento das áreas inundáveis nos grandes pulsos de inundação

Para mapear as áreas inundáveis nos grandes pulsos de inundação, na APABG, utilizou-se o Índice de Diferença Normalizada para a Água (NDWI). McFeeters (1996)

propõe o NDWI utilizando as bandas do infravermelho próximo e do verde, com objetivo de realçar, entre outros fatores, o estresse hídrico da vegetação.

Para o cálculo do NDWI com imagens dos satélites Landsat 5 e 7, utilizou-se a equação (5):

$$\text{NDWI} = \frac{B2 - B4}{B2 + B4} \quad (5)$$

Em que: B2 - comprimento de onda do verde; e B4 - infravermelho próximo.

E, para o cálculo do NDWI com imagens Landsat 8, utilizou-se a equação (6):

$$\text{NDWI} = \frac{B3 - B5}{B3 + B5} \quad (6)$$

Em que: B3 - comprimento de onda do verde; e B5 - infravermelho próximo.

O valor de NDWI varia de -1 a 1. McFeeters (1996) definiu zero como o limiar. Isto é, o tipo de cobertura é água se $\text{NDWI} \geq 0$ e não água se $\text{NDWI} \leq 0$ (BRENNER; GUASSELLI, 2015). As áreas inundáveis foram computadas com a soma dos pixels com $\text{NDWI} > 0$, para as quatro imagens utilizadas, identificando a conectividade, e sua relação com os valores pluviométricos.

Adotou-se como área de estudo o polígono delimitado pela cota de 11 metros. Para definir essa cota, foram utilizadas imagens SRTM v3 (*Shuttle Radar Topography Mission*) (FARR et al., 2007) obtidas na plataforma *Earth Explorer* (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>, com resolução espacial de 30 metros).

Conforme salientam Santos et al. (2005), essas imagens apresentam um Erro Médio Quadrático (EQM) estático de 7,642 m. Entretanto, destaca-se que o polígono aqui definido pela imagem SRTM, é compatível em quase 90% com o delimitado por Fragoso Junior; Neves (2015) a partir de levantamento topográfico para definir a área inundável em projeto de barragem.

Para abranger a área de estudo, foram adquiridas 04 imagens SRTM, e realizado o mosaico. A partir do mosaico foi obtida a curva de nível referente à cota de 11 metros (com área total de 9.477 hectares do polígono). Posteriormente, sobrepôs-se as imagens NDWI com o polígono referente à cota de 11 metros e realizada a quantificação das áreas inundáveis localizadas dentro da referida cota.

7.2.3 Análise da conectividade entre as Áreas Úmidas da APABG

A análise da conectividade das AUs na APABG foi abordada a partir da metodologia proposta por Vanderhoof et al. (2016), com base nessa metodologia é possível identificar os níveis de conectividade em um sistema rio-planície de inundação, e classificá-las conforme suas características. Desta forma, a conectividade foi definida a partir da detecção de interseções físicas de limites de água de superfície e da sobreposição do mapa geológico (Figura 09) sobre as imagens NDWI, identificando assim, os compartimentos aos quais a conectividade está associada.

Assim, os tipos de conectividade analisados para a APABG foram: conectividade entre banhados (*conectividade banhado-banhado*) e conectividade entre banhados e o canal do rio (*conectividade rio-banhado*) (Figura 21).

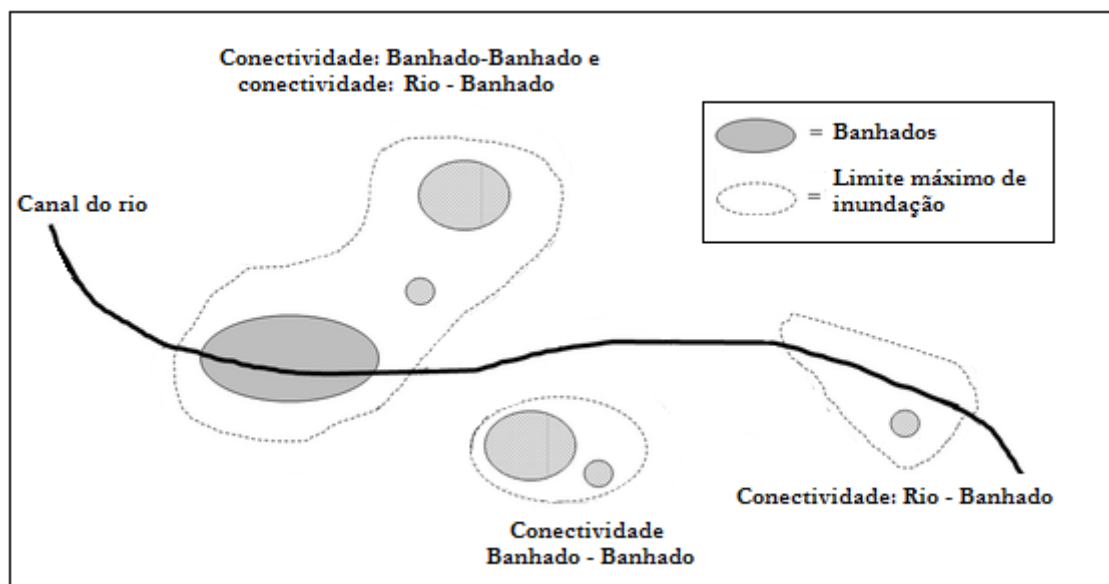


Figura 21 - Tipos de conectividade utilizados no estudo.

Fonte: Adaptado de Vanderhoof et al. (2016).

Após a identificação dos tipos de conectividade entre as AUs da APABG, realizou-se a quantificação das áreas inundadas pelos pulsos de inundação, no polígono referente à cota de 11 metros, e a sua relação com os valores pluviométricos.

7.3 RESULTADOS

O mapeamento das áreas inundáveis associadas aos grandes pulsos de inundação, a partir de imagens NDWI, para as quatro datas de aquisição das imagens de satélite, está representado na Figura 22.

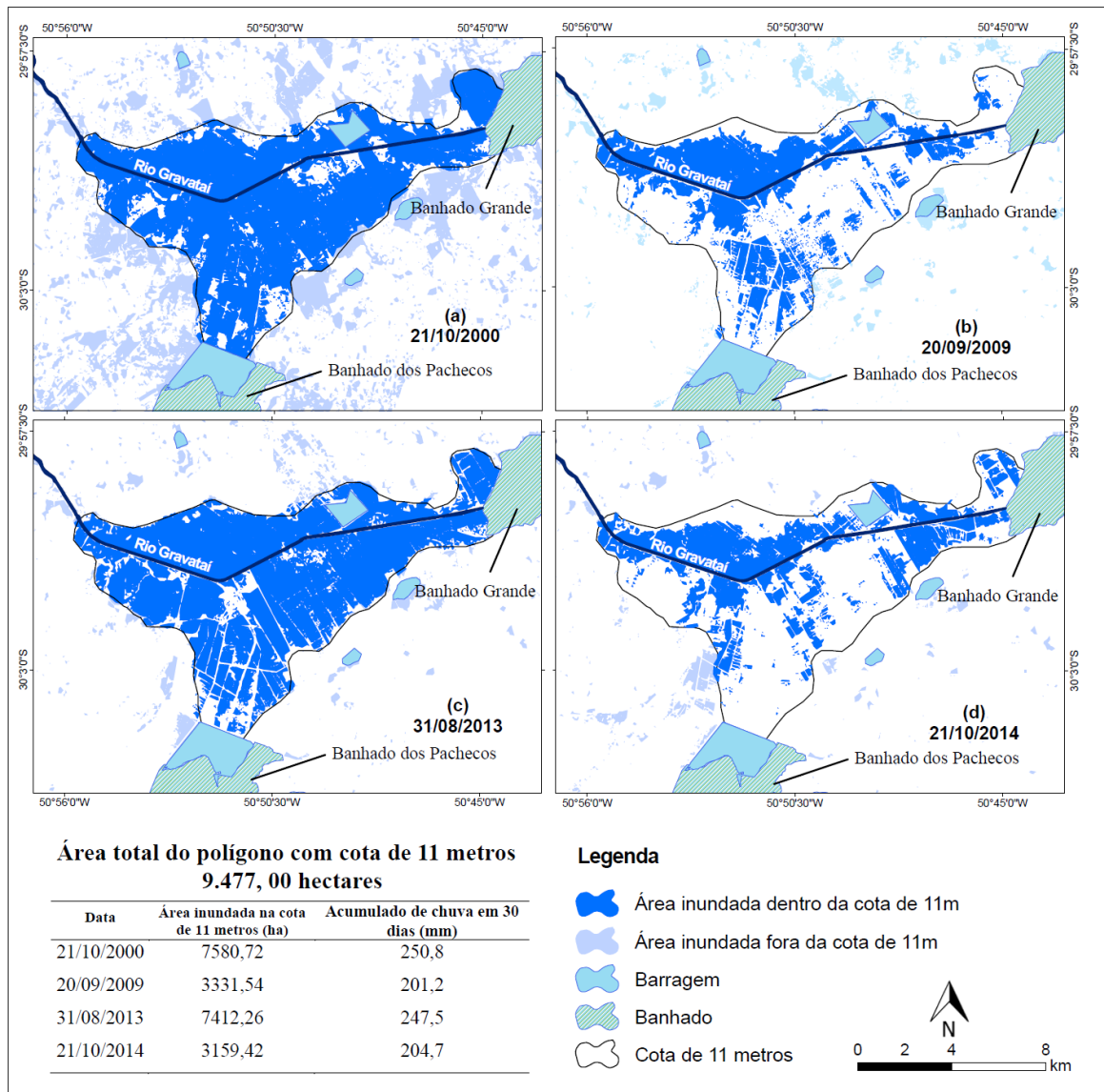


Figura 22 - Área inundada a partir de imagens de NDWI.

A Figura 22 (a), de 21/10/2000, apresenta a maior área inundada (7.851 ha), equivalente a 83% da área associada à cota de 11 metros. Nos 30 dias anteriores à aquisição dessa imagem, choveu na estação pluviométrica de Glorinha/RS um total de 250,8mm no mês de setembro. A média da precipitação é de aproximadamente 120 mm no mês de setembro e 115 mm em outubro, ou seja, choveu na área da APABG mais que o dobro da média.

Evidencia-se na Figura 22 (a) que a conectividade das AUs relacionadas aos grandes pulsos de inundação estabelece uma grande área inundada formando dois tipos de conectividade propostos por Vanderhoof et al. (2016): o primeiro (*conectividade banhado - banhado*) conecta os banhados Grande e dos Pachecos interligando dois compartimentos geológicos: ambientes de fundo lagunar e depósitos paludiais (turfeiras); já o segundo interliga os banhados Grande e dos Pachecos e a planície de inundação do rio Gravataí (*conectividade rio - banhado*), conectando os depósitos paludiais e de fundo lagunar, com depósitos aluvionares e de planície de inundação do rio Gravataí.

Atenta-se para a utilização do NDWI proposto por McFeeters (1996, 2013), que tem como objetivo maximizar a reflectância de água. Assim, a utilização deste índice por McFeeters (1996) contribui de forma mais adequada na análise das Áreas Úmidas quando em eventos provocados por inundações, como no caso deste estudo.

Na Figura 22(b), de 20 de setembro de 2009, a área inundável para uma precipitação acumulada de 201,2 mm foi de 3.331,54 ha, equivalente a 35% da área relativa à cota de 11 metros. Essa data foi a de menor precipitação, porém, não foi a de menor área inundável.

Destaca-se que grande parte da inundação verificada na Figura 22 (b) está na margem norte do trecho retificado do rio Gravataí, na área conhecida popularmente como Lagoa da Anastácia. Nesta área, Brenner (2016) propôs medidas para renaturalização dos meandros, a partir de técnicas de bioengenharia, visto que, os meandros ainda estão ativos, e periodicamente inundados.

Também, evidencia-se a conectividade existente entre o rio Gravataí e o Banhado Grande (*conectividade rio - banhado*). Apesar de esta conectividade apresentar-se fragmentada dentro do polígono com cota de 11 metros, verifica-se que o depósito paludial do Banhado Grande e os depósitos aluvionares e de planície de inundação do rio Gravataí, estão interligados, através da inundação.

A Figura 22(c) representa a área inundada a partir de imagens de NDWI, de 31 de agosto de 2013, com acumulado de chuva de 247,5 mm. A média para o mês de agosto na APABG é de 130 mm, ou seja, choveu no mês de agosto de 2013, 117,5mm a mais do que a média histórica para este mês. A área inundável forma um triângulo, relativo à cota de 11 metros, e novamente têm-se dois tipos de conectividade: o primeiro integrando os banhados Grande e dos Pachecos ao rio Gravataí (*conectividade rio - banhado*); e o segundo conectando os compartimentos associados a turfeiras (banhados) ao depósito de fundo lagunar

(*conectividade banhado - banhado*). A área inundável é de 7.412 ha, equivalente a 78% da área.

A Figura 22(d) apresenta a área inundada referente à 21/10/2014, considerando o acumulado de precipitação de 204,7 mm. Neste pulso de inundação, grande parte da área relativa à cota de 11 metros não está inundada. A inundação restringe-se à planície do rio Gravataí, desde a Lagoa da Anastácia até o Banhado Grande (*conectividade rio - banhado*), e conecta o depósito paludial com depósitos de planície de inundação. A área inundada foi de 3.159 ha, o equivalente a 33% da área à cota de 11 metros.

Apesar de não haver conexão entre os banhados (*conectividade banhado - banhado*), destaca-se na Figura 22(d) a importância do sistema rio-planície de inundação (ROCHA, 2010), o qual possui características altamente complexas, no sentido da hidrodinâmica, conectividade e processos geoecológicos. Nesses ambientes, a alternância de períodos de inundação e recessão das águas promove grandes transformações nos habitats, passando de lênticos para lóticos e de aquáticos para terrestres (ROCHA, 2011).

Na Figura 23, com precipitação pluviométrica diária entre 21/09/2000 à 21/10/2000 (data de obtenção da primeira imagem), vê-se que a precipitação apresenta-se bem distribuída, com 14 dias de chuva. Os valores máximos de precipitação são 58 mm e 51 mm. A distribuição dos picos de chuva foi responsável pela manutenção do pulso de inundação, fazendo com que, a área total inundável, no dia 21/10/2000, no polígono com cota de 11 metros, fosse de 7.581 ha.

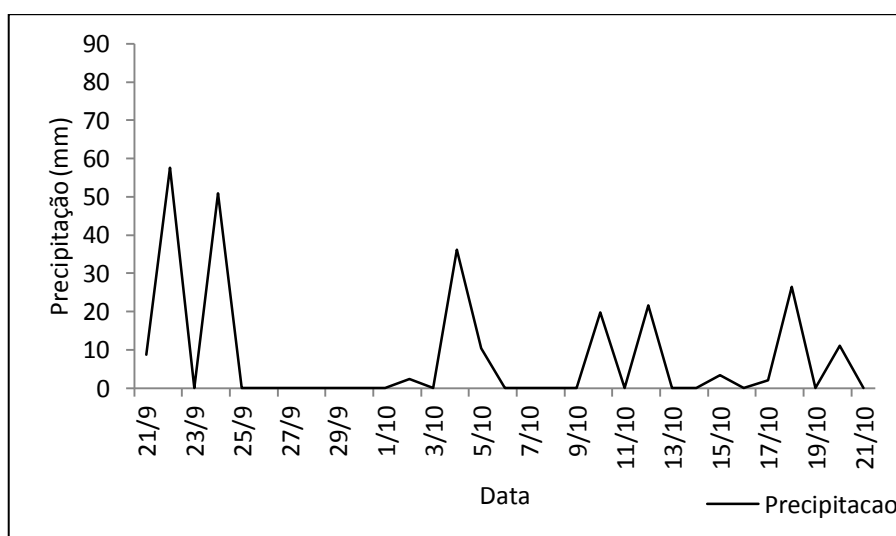


Figura 23 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha, entre 21/09/2000 a 21/10/2000.

A Figura 24, de 20/09/2009, apresenta a menor precipitação, entretanto, não apresenta a menor área total inundada. Este fato pode estar relacionado com a distribuição diária da precipitação nos os últimos 30 dias. A distribuição da precipitação apresentou uma homogeneidade, com seus picos máximos verificados nos dias 03/09/2009, 08/09/2009 e 12/09/2009, quando choveu, 26 mm, 30 mm e 47 mm, respectivamente.

Ainda, houve a ocorrência de precipitação no dia 18/09/2009 (14 mm), que, possivelmente, foi responsável por manter a área inundável, se comparada com a imagem referente à Figura 22(d), quando choveu mais, porém a área inundável foi menor.

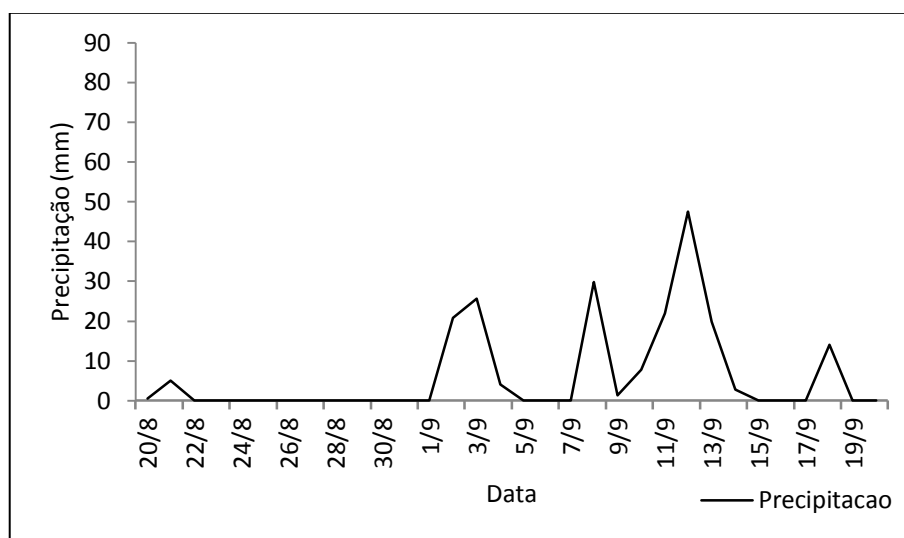


Figura 24 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha, entre 20/08/2009 e 20/09/2009.

A Figura 25 refere-se à precipitação diária entre 30/07/2013 a 31/08/2013. Para este período destaca-se o pico de precipitação verificado no dia 25/08/2013, quando choveu 72 mm em 24 horas. Entende-se que este pico de precipitação foi fundamental para a formação dos dois tipos de conectividade (*conectividade banhado - banhado* e *conectividade rio - banhado*) (VANDERHOOF et al., 2016).

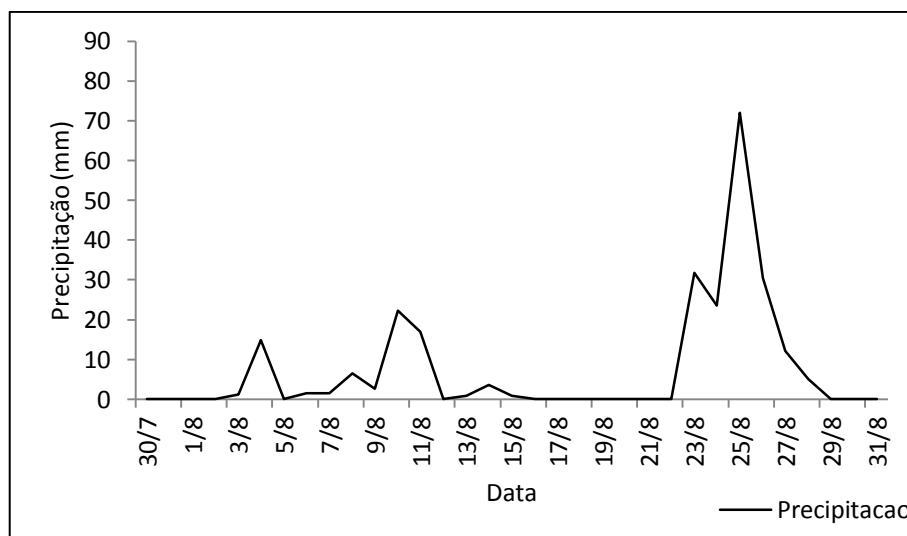


Figura 25 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha, entre 30/07/2013 e 31/08/2013.

A área inundada relativa à cota de 11 metros, em parte, corresponde ao projeto de criação de uma barragem para a contenção de enchentes (RIO GRANDE DO SUL, 2014). Conforme o projeto, o barramento ficará próximo a Lagoa da Anastácia e inundará uma área de aproximadamente 10.000 ha.

A Figura 26 mostra a precipitação diária entre 21/09/2014 a 21/10/2014, quando ocorreram 17 dias de chuva. Destaca-se o período entre 11/10/2014 a 21/10/2014, quando choveu na estação meteorológica de Glorinha, 167,3 mm. A área total inundada para o pulso de inundação verificado em 21/10/2014 foi de 3.149,52 hectares. Deste modo, percebe-se que apesar de apresentar maiores valores pluviométricos se comparado com a imagem de 2009, a área inundável foi menor.

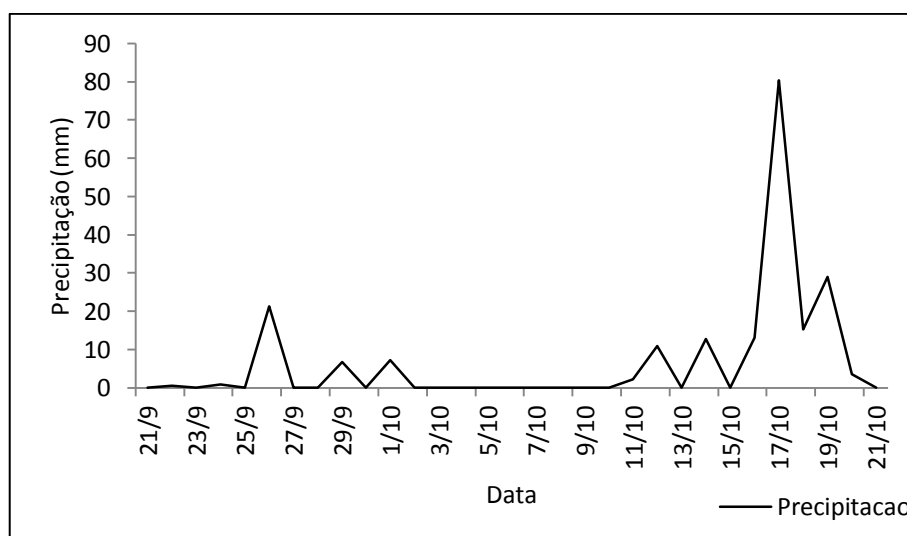


Figura 26 - Precipitação pluviométrica diária na estação meteorológica de Glorinha, entre 21/09/2014 e 21/10/2014.

Entende-se que isto ocorreu devido ao fato de a precipitação apresentar uma distribuição mais homogênea, se comparado a imagem de 2009, uma vez que, apresenta o primeiro pico de precipitação no dia 26/09/2014 (21 mm) e permanece do dia 02/10/2014 até o dia 10/10/2014, sem a ocorrência de precipitação. Conforme Junk et al. (1989) os sistemas pulsáteis (como rios e banhados) se comportam como sistemas em permanente desequilíbrio, nos quais a variabilidade temporal é uma complexa função dependente das entradas e saídas de energia e materiais em distintos sítios da bacia (NEIFF, 1999; CUNHA et al., 2015).

Diante desta variabilidade temporal, percebe-se que as AUs da APABG tendem a apresentarem uma maior superfície inundada quando os dias de chuva são contínuos e bem distribuídos, se comparado a eventos isolados de grande precipitação diária. Como, por exemplo, ocorreu no dia 18/10/2014, quando choveu 80 mm em 24 horas. Nessa data a área inundável foi menor que a de 20/09/2009, quando o pico máximo foi de 47 mm, mas a chuva foi bem distribuída, principalmente na última quinzena de obtenção da imagem.

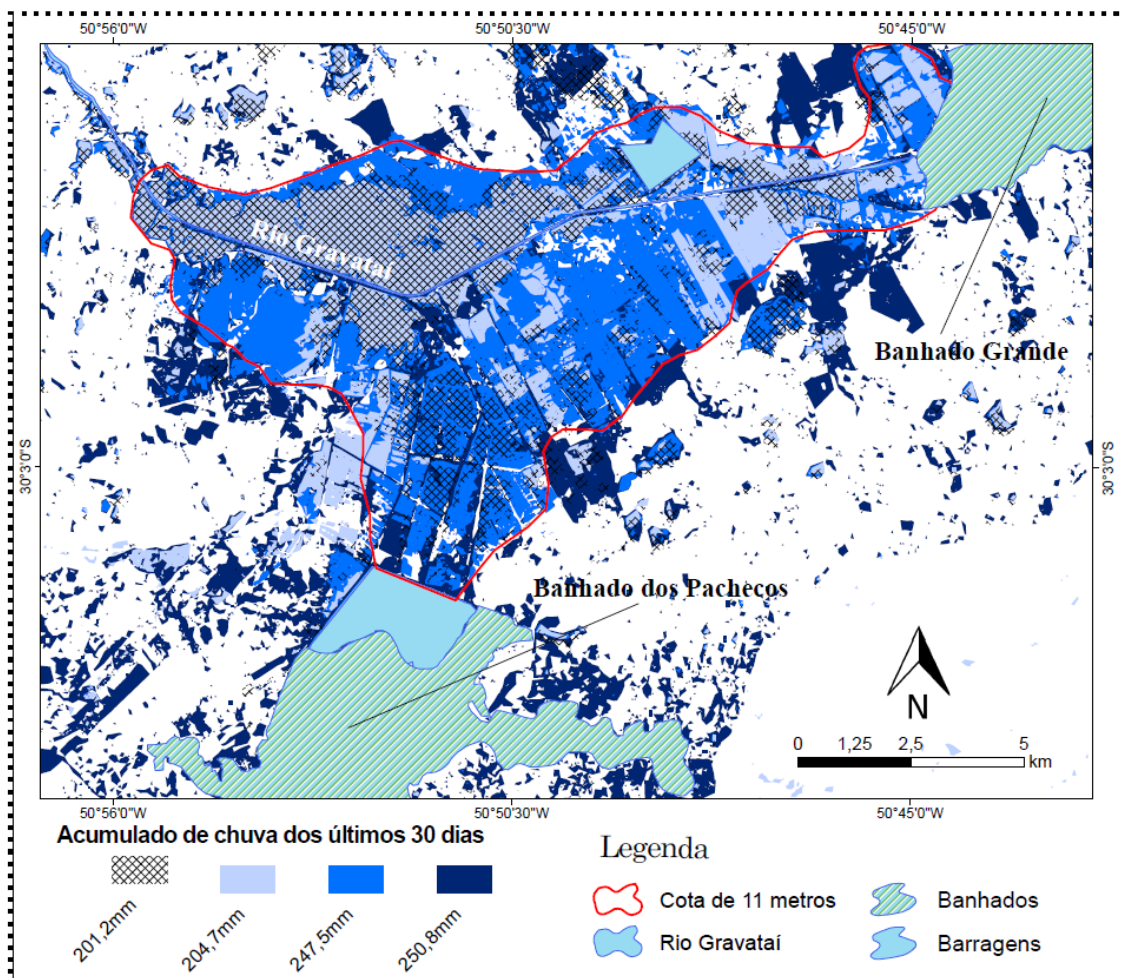


Figura 27 - Conectividade entre as Áreas Úmidas da APABG, a partir de imagens NDWI.

A Figura 27 representa a conectividade formada pela soma das áreas inundadas relativas às quatro datas. Observa-se uma semelhança quanto aos pulsos de inundação verificados nas imagens de 20/09/2009 e 21/10/2014, quando choveu, nos 30 dias anteriores, um acumulado de 201,2 mm e 204,7mm, respectivamente.

7.4 DISCUSSÕES

Os trabalhos envolvendo conectividade em ecossistemas aquáticos têm priorizado os aspectos morfológicos dos ambientes (WARD; STANFORD, 1995; WARD, 1998; MORAIS et al., 2005) e também as variáveis hidrológicas (SHELDON et al., 2002). Morais et al. (2005) atentam para os poucos trabalhos envolvendo o sensoriamento remoto na definição e caracterização da conectividade em ambientes de planície inundáveis (MERTES et al., 2002).

Em um estudo nos rios Big Sioux e Missouri, Vanderhoof et al. (2016) utilizaram imagens do satélite Landsat TM para identificar os tipos de conectividade entre as AUs de ambos os rios. Conforme os autores, apesar da média resolução espacial das imagens Landsat TM, os índices utilizados permitiram a identificação de dois tipos de conectividade: i) *wetland – stream connectivity*, quando a inundação conecta as áreas de banhado ao rio e; ii) *wetlands – wetlands connectivity*, quando a inundação conecta dois ou mais banhados, permitindo diversas interações ecológicas e hidrológicas entre as AUs.

Ward; Stanford (1995) discorrem que a conectividade ecológica e os pulsos de inundação (JUNK et al., 1989) permitem a existência de uma heterogeneidade ambiental capaz de regular os processos limnológicos de ambientes aquáticos e de planícies inundáveis (THOMAZ et al., 1997). Esta conectividade lateral, que muda sazonalmente, origina uma variabilidade espaço-temporal importante, caracterizada pela presença de manchas ou habitats que se inter-relacionam em diferentes graus, seguindo o conceito de Mosaico de Habitats Móveis (SHM) proposto por Stanford et al. (2005).

Em uma abordagem hidrológica, Pringle (2003) aborda a conectividade mediação feita pela água na transferência de matéria, energia e/ou organismos dentro ou entre elementos do ciclo hidrológico. Pringle (2003) utilizou este conceito para abordar diferentes interações em paisagens fluviais: interações longitudinais (entre a cabeceira de drenagem e o estuário), interações laterais (entre o ambiente fluvial e a planície de inundação) e, interações verticais (entre ambiente fluvial e água subterrânea) (SANTOS, 2009).

Conforme Rocha (2011), apesar da grande importância ecológica do regime de cheia nos sistemas fluviais e suas planícies de inundação, o comportamento hidrológico pulsátil deve ser levado a mesmo termo, pois existe uma considerável interação de processos hidrológicos, geomórficos e ecológicos entre os canais principais e secundários.

Doss (1993) salienta que a conectividade das AUs com os rios pode continuar bem depois que o pulso da inundação retrocede, através da acumulação de água na planície de inundação e na rede da drenagem. Entretanto, um estudo de Lopes; Pinheiro (2013) mostra que as alterações do padrão de conectividade podem ter efeitos significativos sobre os processos de erosão, sedimentação e transporte de sedimentos, que por sua vez podem comprometer a qualidade da água, devido a eutrofização acelerada pelo aumento na quantidade de nutrientes.

Para a área da APABG, em grandes inundações, forma uma espécie de triângulo no polígono referente à cota de 11 metros, conectando os banhados Grande e dos Pachecos com a planície inundável do rio Gravataí. Esta área encontra-se em sua quase totalidade ocupada pelo cultivo de arroz (GUASSELLI et al., 2013). Em relação às lavouras de arroz, Rolom (2013) salienta que estas apresentam uma série de características em comum com as AUs, sendo consideradas por diversos pesquisadores como Áreas Úmidas artificiais.

Entretanto, as lavouras de arroz não podem ser consideradas substitutas de Áreas Úmidas naturais, pois diversas espécies aquáticas não ocorrem nessas áreas manejadas. Os arrozais sustentam apenas uma parcela da biodiversidade das Áreas Úmidas. Sua importância reside na conservação das espécies que apresentam alguma resistência às diversas práticas de manejo adotadas nas lavouras (ROLOM, 2013).

A presença da conectividade no polígono referente à cota de 11 metros demonstra a importância da preservação desta área, servindo como subsídio para o controle de enchentes, regulação climática, manutenção da biodiversidade e troca de sedimentos e organismos vivos. Ainda, essa área é compatível com o corredor ecológico do Cervo-do-Pantanal (*Blastocerus dichotomus*) proposto por Krob et al. (2015), sendo mais uma justificativa da importância para a sua conservação.

7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conectividade, considerando os atributos hidrogeomorfológicos, faz com que cada bacia hidrográfica possua um regime hidrológico próprio. Assim, entender a dinâmica da

bacia, através da caracterização dos pulsos de inundação e dos níveis de conectividade é fundamental no delineamento, na classificação e na gestão das AUs.

Assim, espera-se com este trabalho contribuir com estudos voltados ao entendimento e dinâmica da conectividade e dos pulsos de inundação em AUs, os quais são fundamentais na manutenção das interações hidrológicas dentro das bacias hidrográficas.

As mudanças na dinâmica da conectividade podem afetar a ocorrência de espécies vegetais e animais que necessitam dos processos de inundação para completar seu ciclo de vida. Também, a ciclagem de nutrientes e a produtividade primária podem ser afetadas pela alteração da conectividade, pois, os processos ecológicos estão diretamente relacionados com os pulsos de inundação. Deste modo, a caracterização dos pulsos de inundação e da conectividade tornam-se fundamentais para a caracterização e entendimento da dinâmica das AUs.

Estudos sobre AUs têm se tornado cada vez mais relevantes, ainda mais considerando que para o Rio Grande do Sul não existe um levantamento pormenorizado das suas AUs. Aliás, esse é um pré-requisito para uma política coerente, considerando o manejo sustentável e a proteção dessas áreas de grande importância para a manutenção da biodiversidade.

Para a APABG verificou-se que em pulsos de inundação superiores a 247 mm, nos 30 dias anteriores a obtenção da imagem de satélite, cria uma extensa área de conectividade entre a planície de inundação do rio Gravataí e o corredor que liga os banhados Grande ao banhado dos Pachecos, formando um triângulo entre os diferentes compartimentos geológicos/geomorfológicos. Ocorrem dois tipos de conectividade: *conectividade banhado - banhado*, permitindo interações entre ambientes com depósitos paludiais e de fundo lagunar; e *conectividade rio - banhado*, interligando os depósitos aluvionares e de planície de inundação do rio Gravataí com os de fundo lagunar e paludiais.

Verificou-se também que quando a precipitação pluviométrica relativa aos 30 dias anteriores à data da imagem é de aproximadamente 200 mm, tem-se na APABG uma conectividade entre o rio Gravataí e o Banhado Grande, denominada (*conectividade rio - banhado*), que conecta o depósito paludial com depósitos de planície de inundação do rio.

7.6 REFERÊNCIAS

ACCORDI, I. A. O Sistema Banhado Grande como uma área úmida de importância internacional. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS. 2. 2003, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2003. p. 56-63. CD-ROM.

ACCORDI, I. A.; HARTZ, S. M. Distribuição espacial e sazonal da avifauna em uma área úmida costeira do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, Belém, v. 2, n. 14, p.117-135, jun. 2006.

AMOROS, C.; ROUX, A. L. Interaction between water bodies within the floodplains of large rivers: function and development of connectivity. **Münstersche Geographische Arbeiten**, Munster, v. 29, n. 1, p.125-130, jun. 1988.

BRASIL. ANA (Agência Nacional de Águas). **Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 24 maio 2016.

BRASIL. Constituição (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e Dá Outras Providências**. Brasília, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA (Ed.). **Processo de Priorização das Áreas Úmidas Brasileiras**. 2009. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/205/arquivos/mma_apres_areas_umidas_26maio2009b.pdf. Acesso em: 20 mai. 2016.

BRENNER, V. **Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do rio Gravataí-RS**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em geografia-UFRGS. UFRGS: Porto Alegre, 2016.

BRENNER, V.; GUASSELLI, L. A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3693-3699. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0727.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

COWARDIN, L. M.; CARTER, V. F.; GOLET, C.; LAROE, E. T. **Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States**. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C, 1979. 131pp.

CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats**. Cuiabá: EdUFMT, 2015. 165p.

DIEGUES, A. C. S. (Coord). Inventário de áreas úmidas do Brasil. **Versão Preliminar. Programa de Pesquisa e Conservação de Áreas Úmidas no Brasil**. São Paulo: USP/UICN/FORD, 1990.

DOSS, P. K. The nature of a dynamic water table in a system of non-tidal, freshwater coastal wetlands. **Journal of Hydrology**, v.141, n. 4, pp. 107-126, 1993.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em: 15 set. 2016.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. The Shuttle Radar Topography Mission, **Rev. Geophys.**, v.45, n.1, 2007.

FRAGOSO JR, C. R.; NEVES, M. G. F. P. das. **Regularização de vazões**. Ctec/UFAL, 2015. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/hidrologia-carlos-ruberto-fragoso-jr-httpwwwctecufalbrprofessorcrfj-marllus-gustavo-ferreira-passos-das-neves-httpwwwctecufalbrprofessormgn.html>. Acesso em: 20 mai. 2016.

GAO, B. C. NDWI: Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. **Remote Sens. Environ**, New York, v. 58, n. 1. 2007. p. 257-266.

GUASSELLI, L. A. **Dinâmica da vegetação no Banhado do Taim, RS**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GUASSELLI, L. A.; ETCHELAR, C. B.; BELLOLI, T. F. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 447-452. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1428.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

GUIMARÃES, T. de. F. R. **Conectividade e padrões de riqueza e diversidade de espécies de peixes nas lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2009. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26172/000757342.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 mai. 2016.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, n. 106, p. 110-127. 1989.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. **Boletim ABLimno**, v. 41, n. 2, p. 20-24, 2015.

KROB, A. J. D.; MENESES, B. A.; CASTILHO, C. S.; XIMENES, S. S. F.; KINDEL, A.; MAHLER JUNIOR, J. K. F. Definição de corredores ecológicos como estratégia de proteção de importantes remanescentes de áreas úmidas e conservação do cervo-do-pantanal (*blastocerus dichotomus*) no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. 8. 2015. **Anais...** Fundação o Boticário, 2015.

LOPES, J. W. B.; PINHEIRO, E. A. R. Análise temporal da conectividade e da capacidade de transporte potencial de sedimentos em meso-bacia semiárida, CE, Brasil. **Revista Agro@mbiente**, v. 7, n. 2, p. 136-144, 2013.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open wáter features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

McFEETERS, S. K. Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within a Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach Stuart. **Remote Sensing**. v.5, n.7, p. 3544-3561, 2013.

MENEGHETI, J. O. Lagunas uruguayas y sur de Brasil. In: CAVENARI, P.; DAVIDSON, I.; BLANCO, D.; CASTRO, G.; BUCHER, E. (eds). **Los humedales de America del Sur, una agenda para la conservación de La biodiversidade y políticas de desarrollo**. Buenos Aires: Wetlands International, 1998.

MERTES, L. A. K. Remote sensing of riverine landscapes. **Fresw. Biol.**, v. 47, p. 799-816, 2002.

MORAIS, R. P.; OLIVEIRA, L. G.; LATRUBESSE, E. M.; PINHEIRO, R. C. D. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 27, n. 3, p. 203-213, 2005.

NEIFF, J. J. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. In: MALVÁREZ, A. I. (Ed.) **Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica**. UNESCO: Montevideo: 1999. p. 90-139. Disponível em: <http://unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias%20naturales/mab/8.pdf>. Acesso em: 05 de jul. de 2016.

NIELSEN, S. D. **Geomorfologia da bacia do rio Gravataí - RS**. Porto Alegre: CPRM/METROPLAN, 1994. Disponível em: http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/Bacia_Gravatai/Referencias/Proteger_Bacia_Gravatai_1_Geomorfologia.pdf. Acesso em: 20 mai. 2016.

PRINGLE, C. M. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important. **Hydrologic Processes**, v. 17, n. 13, p. 2685–2689, 2003.

RAMSAR. **The Ramsar Library**. Information sheet on Ramsar Wetlands. Gland: The Ramsar Convention, 1971.

RIO GRANDE DO SUL. METROPLAN. **Barragem no Rio Gravataí sai em 2015**. 2014. Disponível em: http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1715/?Barragem_no_Rio_Gravataí_sai_em_2015. Acesso em: 20 maio 2016.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840 p.

ROCHA, P. C. Geomorfologia e conectividade em ambientes fluviais do alto rio Paraná, Centro-sul do Brasil. **Boletim Geográfico**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 157-176, 2010.

ROCHA, P. C. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do alto rio Paraná. **Rev. Geogr. Acadêmica**, Roraima, v.5, n.1, p. 98-117, 2011a.

ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.33, v.1, p.50-67, jan./jul., 2011b.

ROCHA, P. C. Dinâmica sedimentológica, escoamento superficial e conectividade na bacia hidrográfica do rio do Peixe, Oeste Paulista – Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA - SGFA. 16. 2015. Teresina. **Anais...** Teresina: UFPI e UESPI. p. 3210-3216.2015.

ROCHA, R. R. A.; ROCHA, P. C. Sistemas Rio-Planície de Inundação: Geomorfologia e Conectividade Hidrodinâmica. **Tópos** (UNESP. Presidente Prudente), Presidente Prudente, v. 1, n.6, p. 81-112, 2007.

ROLOM, A. S. Áreas úmidas artificiais: As lavouras de arroz no Rio Grande do Sul. **Revista do Instituto Humanitas**. São Leopoldo, v. 433, n.13, 2013.

ROLON, A. S.; HOMEM, H. F.; MALTCHIK, L. Aquatic macrophytes in natural and managed wetlands of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, n.22, v.1. p.133-146. 2010.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, Tendências e Tipologia. 2011. 253p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANTOS, I. **Monitoramento e modelagem de processos hidrogeomorfológicos: mecanismos de geração de escoamento e conectividade hidrológica**. (Tese de Doutorado) 167f. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTOS, P. R. A. dos; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. de. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4473-4480. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.24/doc/4473.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

SCOTT, D. A.; JONES, T. A. Classification and inventory of wetlands: A global overview. **Vegetatio**. v.118, n.1, 1995, p. 3-16.

SHELDON, F.; BOULTONB, A. J.; PUCKRIDGE, J. T. Conservation value of variable connectivity: aquatic invertebrate assemblages of channel and floodplain habitats of a central Australian arid-zone river, Cooper Creek. **Biol. Conserv.**, v. 103, p. 13-31, 2002.

STANFORD, J. A.; LORANG, M. S.; HAUER, F. R. The shifting habitat mosaic of river ecosystems. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 29, p. 123-136, 2005.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C.; BINI, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A M. **A planície de**

inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos e biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM, 1997, p. 73-102.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 375–406.

VANDERHOOF, M.; ALEXANDER, L. C.; TODD, M. J. Temporal and spatial patterns of wetland extent influence variability of surface water connectivity in the Prairie Pothole Region, United States. **Landscape Ecol**, n.1, v.31, p.805-824, 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10980-015-0290-5>. Acesso: 28 de jun. de 2016.

WARD, J. V. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. **Biological Conservation**, p. 83, p. 269–278, 1998.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. **Regulated Rivers: research & management**, Hoboken, v. 11, n. 1, p.105-119, jan. 1995. Disponível em: [http://www.d.umn.edu/~thrabik/Ward Stanford RegulatedRivers 1995.pdf](http://www.d.umn.edu/~thrabik/Ward%20Stanford%20RegulatedRivers%201995.pdf). Acesso em: 12 dez. 2015.

8. MOSAICO MÓVEL, APA DO BANHADO GRANDE, RS

RESUMO

O Mosaico de Habitat Móvel (SHM) refere-se às mudanças temporais no padrão espacial dos habitats, através dos pulsos de inundação e seca. Este trabalho teve por objetivo mapear a dinâmica de um Mosaico Móvel associado aos pulsos de inundação e seca, na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG). A realização desta pesquisa dividiu-se em quatro etapas: i) aquisição das imagens de satélite; ii) obtenção dos dados de precipitação pluviométrica e de cota do rio Gravataí; iii) identificação dos pulsos de inundação e seca; e iv) mapeamento do Mosaico Móvel nas Áreas Úmidas da APABG. Em grandes pulsos de inundação se estabelece, no mosaico móvel, uma conectividade entre as AUs da APABG, proporcionando diversas interações entre essas AUs, tais como, troca de nutrientes, sedimentos e organismos vivos. Identificou-se que em períodos onde o acumulado de precipitação nos últimos 30 dias é maior que 200 mm, tem-se a presença de um mosaico predominantemente aquático com a presença de peixes e macrófitas; já em períodos onde o acumulado de precipitação nos 30 dias é menor que 200 mm, predomina-se um mosaico terrestre, com aumento da vegetação ciliar..

Palavras-chave: Planície de inundação; Áreas Úmidas; Pulsos de inundação; Mosaico Móvel.

ABSTRACT

The Shifting Habitat Mosaic refers to temporal changes in the spatial pattern of habitats, through the flood and dry pulses. The aim of this work was to map the dynamics of a Shifting Mosaic associated to the flood and dry pulses in the Environmental Protection Area of the Banhado Grande (EPABG). The realization of this research was divided into four stages: i) acquisition of satellite images; ii) obtaining rainfall river basin data from the Gravataí river; iii) identification of the flood and dry pulses; and iv) mapping of the Shifting Mosaic in the wetlands of the EPABG. In large swaths of flooding, a shifting connectivity is established between the AUs of EPABG, providing several interactions among these wetlands, such as nutrient exchange, sediments and living organisms. It was identified that in periods where the accumulation of precipitation in the last 30 days is greater than 200 mm, we have the presence of predominantly aquatic mosaic with the presence of predominantly aquatic animals and vegetation; Already in periods where the cumulative precipitation in the 30 days is less than 200 mm, a terrestrial mosaic predominates, with increase of ciliary vegetation.

Keywords: Floodplain; Wetlands; Flood and dry pulses; Shifting Mosaic.

8.1 INTRODUÇÃO

Consideradas ambientes de alta produtividade e valor ecológico (PETIT et al. 1999; FREEMARK; KIRK, 2001; MILNE; BENNETT, 2007), as planícies de inundação são áreas inundadas pelo extravasamento lateral de rios ou lagos, pelas águas das chuvas ou subterrâneas (BAYLEY, 1995; GREN, 1995; SANCHES et al., 2012; SCHINDLER et al., 2014). Devido às características fitossociológicas e dos substratos, são constituídas por uma

diversidade de ecossistemas (RIZZINI, 1992; BALVANERA et al., 2001; SANCHES et al., 2012; HAINES-YOUNG et al., 2012).

As planícies de inundação podem ser denominadas de Zona de Transição entre Aquático/Terreste - ATTZ (JUNK et al., 1989; WARD et al., 2001; MOLL; MOLL, 2004; PEDROLI, 2002; JUNK, 2005; TRACY-SMITH et al., 2012). Esta alternância entre aquática e terrestre aumenta a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, além de reduzir os períodos de estagnação em comparação com as condições em habitats permanentemente inundados (WARD; STANFORD, 1995; WARD et al., 2001).

Neiff (2003), entretanto, salienta que alguns autores utilizam transição, ecótono e Áreas Úmidas sem a devida importância às diferenças conceituais. Para as planícies de inundação serem ecótonos (áreas intermediárias de tensão entre duas comunidades) (CLEMENTS, 1905) o meio físico-químico deveria ter um regime de flutuação (climático, hidrossedimentológico) pouco previsível. Também, deveriam predominar populações de nichos estreitos (estenotípicos) (GARCÍA DÍAZ, 2008) como componentes do ecótono (NEILSON, 1993; RISSER, 1995; MALANSON, 1997; SCHIEMER et al., 2001).

No entanto, as áreas de planície de inundação são constantes no tempo e seu funcionamento é previsível (STOFFELS, 2014; SCHINDLER et al., 2014), devido à regularidade dos pulsos de inundação (JUNK et al. 1989; 2005; 2015). Assim, ambientes associados aos pulsos de inundação não possuem características de ecótonos, sendo caracterizada como macro-ecossistemas (OLIVEIRA, 1983) que não possuem características de transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (WARD, 1999; NEIFF, 1996; 1999; 2003).

Entretanto, dentro das planícies inundáveis podem existir localmente ecótonos e contínuos (SEDEL et al., 1989; MACE et al., 2012), dependendo da gradação das interações ambientais e do regime hidrológico associado aos pulsos de inundação (MELTON, 1936; JUNK et al., 1989; NEIFF, 2003; PIAZZA, 2015).

Diante desta alta complexidade estrutural das planícies de inundação (CLARK, 1991; AMOROS et al., 2002; DOYLE, 2009; WEBER et al., 2012) tem-se a formação de mosaico de paisagens funcionais decorrente das drásticas modificações sazonais, as quais o sistema é submetido periodicamente (SCOTT; CARBONELL, 1986; MUELLER-DOMBOIS, 1991; LAW, 1998; OLFF, 2000).

Stanford et al. (2005) tratam destes mosaicos como "*Shifting Habitat Mosaic*" – SHM (LAWRENCE et al., 1998, WANG; FINLEY, 2011; FUHLENDORF; ENGLE, 2004;

LESLIE JR., 2007; MOUW et al., 2013) que se alteram sazonalmente, determinando uma variabilidade espaço-temporal importante, refletida pela presença de habitats que se inter-relacionam em diferentes graus (TOCKNER et al., 2000; LIM et al., 2016).

Os SHM (STANFORD et al., 2005; MALISON et al., 2014; MALISON et al., 2015) referem-se às mudanças temporais nos fragmentos de paisagens (WARD, 1998), que apresentam-se ora secos, ora alagados, com vegetação ou solo exposto (ARSCOTT, 2002; CHILCOTE, 2010). Estas mudanças criam, sazonalmente, um mosaico de paisagens (LATTERELL, 2006; MOUW et al., 2013) por processos naturais como inundações, movimentos de massa, depósitos fluviais, degelo, entre outros, como também por atividades antrópicas como as queimadas (SCHOENNAGEL et al., 2004; PETTIT; NAIMAN, 2007) os desmatamentos, e as barragens (ALLAN, 2004; WIMBERLY, 2006; ENGLE et al., 2008).

Nas planícies de inundação, a abordagem do SHM reconhece que as interações entre processos físicos e bióticos (POFF et al., 1997; MOUW et al., 2009) produzem constantes mudanças do seu padrão espacial, através dos pulsos de inundação (STANFORD et al., 2005; TOCKNER et al., 2010; WANG; FINLEY, 2011).

O conceito de pulso de inundação (JUNK et al., 1989) considera as trocas laterais entre o rio e sua planície (PEDROLI, 2002; MOLL; MOLL, 2004; JUNK, 2005; NEIFF, 2003), bem como a mudança e as trocas entre as fases terrestre (seca) e aquática (cheia) nessa mesma planície (RIZZINI, 1992; ADIS, 1992; ROCHA; ROCHA, 2007). Dessa forma, o sistema consegue incorporar e aproveitar matéria orgânica de forma muito eficiente, explicando a riqueza e diversidade dos rios com planícies inundáveis (RESENDE, 2003; ROCHA, 2011; SANCHES et al., 2012).

Os trabalhos envolvendo SHM são caracterizados pela multidisciplinariedade: Wimberly (2006) trata da dinâmica de espécies em paisagens degradadas, para entender se a conectividade (TISCHENDORF; FAHRIG, 2000; LUQUE et al., 2012) entre paisagens é influenciada pelo Mosaico de Habitat Móvel; Engle et al. (2008) analisaram a sensibilidade de uma comunidade de invertebrados; Fuhlendorf; Engle (2004) abordaram a interação entre áreas de fogo e de pastoreio para restaurar um Mosaico de Habitat Móvel; Armstrong; Schindler (2013) analisaram a relação entre a temperatura da água e a distribuição espacial do Salmão-prateado (*oncorhynchus kisutch*); Mouw et al. (2013) abordaram a restauração da dinâmica sucessional de um Mosaico de Habitat Móvel em uma planície de inundação.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo mapear a dinâmica de um Mosaico Móvel associado aos pulsos de inundação e seca, na área de conectividade entre as Áreas Úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG).

8.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O trabalho foi dividido em quatro etapas: i) aquisição das imagens de satélite; ii) obtenção dos dados de precipitação pluviométrica e de cota do rio Gravataí compatíveis com as datas das imagens; iii) identificação dos pulsos de inundação e seca na área do polígono referente a cota de 11 metros; e iv) mapeamento do Mosaico Móvel nas Áreas Úmidas da APABG.

Diferentemente de Stanford (2005) que definiu o termo *Shifting Habitat Mosaic*, neste trabalho será abordado apenas a espacialização de um Mosaico Móvel associado a pulsos de inundação (JUNK et al., 1989) e seca, na área ao polígono de inundação referente a cota de 11 metros.

8.2.1 Obtenção das imagens de satélite

As imagens de satélite foram obtidas no site da USGS (United States Geological Survey). Optou-se por trabalhar com imagens em períodos de grandes pulsos de inundação e seca. Foram selecionadas duas imagens Landsat TM 4, uma imagem Landsat ETM+, uma imagem Landsat TM 5 e duas imagens Landsat TM 8, entre 1983 a 2014 (Tabela 6).

Tabela 6 - Imagens Landsat TM utilizadas

Data da imagem	Satélite	Acumulado de chuva 30 dias (mm)	Cota (m)
24/11/1983	Landsat 4	186,5	2,3
21/09/1992	Landsat 4	111,1	2,8
21/10/2000	Landsat 7	250,8	4,5
29/04/2009	Landsat 5	31,0	0,9
31/08/2013	Landsat 8	247,5	5,5
21/10/2014	Landsat 8	204,3	4,6

8.2.2 Precipitação Pluviométrica e cota do nível do rio

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos no site do Instituto Brasileiro de Meteorologia-INMET (BRASIL, 2015). Trabalhou-se com dados diários de precipitação referentes aos 30 dias anteriores à obtenção da imagem de satélite.

Para a análise dos dados de variação da cota do nível do rio, utilizou-se como base a régua Passo das Canoas, administrada pela CPRM, instalada no rio Gravataí, disponibilizada no sistema *Hidroweb* da Agência Nacional das Águas (ANA) (BRASIL, 2016).

8.2.3 Identificação dos Pulsos de inundação e seca

Para identificar e mapear os pulsos de inundação e seca (JUNK et al., 1989) na APABG, utilizou-se o Índice de Diferença Normalizada para a Água - NDWI, (MCFEETERS, 1996), a partir de imagens dos satélites Landsat TM 4, 5 e ETM+ 7, Equação (7):

$$NDWI = \frac{B2 - B4}{B2 + B4} \quad (7)$$

Onde: B2 - comprimento de onda do verde; e B4 - infravermelho próximo.

E, para o cálculo do NDWI utilizando imagens Landsat 8, a Equação (8):

$$NDWI = \frac{B3 - B5}{B3 + B5} \quad (8)$$

Onde: B3 - comprimento de onda do verde; e B5 - infravermelho próximo.

O uso do NDWI (MCFEETERS, 1996) permitiu identificar os pulsos de inundação e seca das águas, que foram somadas, através da ferramenta *Raster Calculator*, para as quatro imagens utilizadas, especializando assim, o mosaico móvel formado nas Áreas Úmidas da APABG, e sua relação com os valores pluviométricos e cotas do rio Gravataí.

Foi realizada a sobreposição das imagens NDWI com o polígono referente aos limites da APABG, e feita à quantificação das áreas inundáveis localizadas na APABG. O cálculo foi realizado através da ferramenta *Calculate Geometry* do ArcGIS.

8.2.4 Caracterização do Mosaico Móvel

Para a caracterização do Mosaico Móvel nas Áreas Úmidas da APABG foi feita adaptação da metodologia de Kleindl et al. (2015). Para este trabalho, abordou-se o sistema rio-planície de inundação e a dinâmica das Áreas Úmidas no corredor compreendido entre os banhados Grande e dos Pachecos, dentro da cota de 11 metros. Diferentemente de Kleindl et al. (2015), neste estudo foram analisados além de dados provenientes de sensoriamento remoto, dados de precipitação e também dados de cota de nível do rio Gravataí, para entender e caracterizar a dinâmica de um Mosaico Móvel na APABG.

O estudo de Kleindl et al. (2015), consistiu em analisar a expansão de uma planície de inundação devido a incêndios florestais, utilizando o conceito de Mosaico de Habitats Móvel. Os autores trabalharam com imagens de sensoriamento remoto, dados de precipitação, dados de vazão (empíricos e modelados), e dados sobre a extensão e frequência dos incêndios florestais do passado, para examinar as relações entre a hidrologia, fogo, uso do solo, posição geomorfológica e dinâmica do SHM. Deste modo, os autores concluíram que a composição atual do SHM na área da planície de inundação do rio Flathead foi resultado de diversas interações, entre eventos de inundações, processos erosivos e incêndios florestais, influenciados pela composição geomórfica da planície de inundação e que em vários anos, essas foram se configurando em um Mosaico de Habitats Móvel na planície inundável do rio Flathead-EUA.

8.3 RESULTADOS

A variação média anual (1973-2014) das cotas máximas do nível do rio, na régua Passo das Canoas, no rio Gravataí (Figura 28), mostra que a menor cota foi verificada em fevereiro de 2009, quando a cota do rio Gravataí foi 0 metros. Já a maior cota foi verificada em junho de 1986, quando a régua Passo das Canoas marcou 6,8 metros.

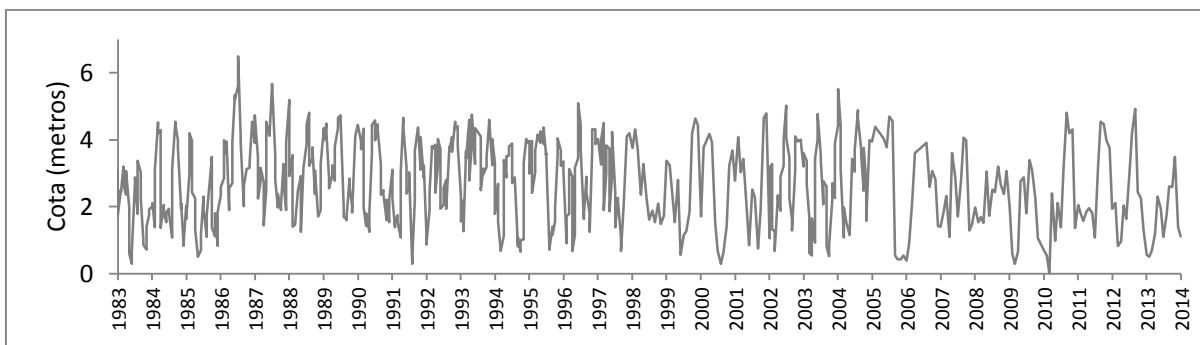


Figura 28 - Variação mensal (1980 - 2014) da cota máxima na régua Passo das Canoas, rio Gravataí.

A Figura 29 mostra a relação entre a precipitação pluviométrica e a cota do rio Gravataí para os 30 dias anteriores à data de obtenção da primeira imagem de satélite, 24/11/1983. O total de chuva na Estação Meteorológica oficial do INMET em Porto Alegre, foi de 186,5 mm.

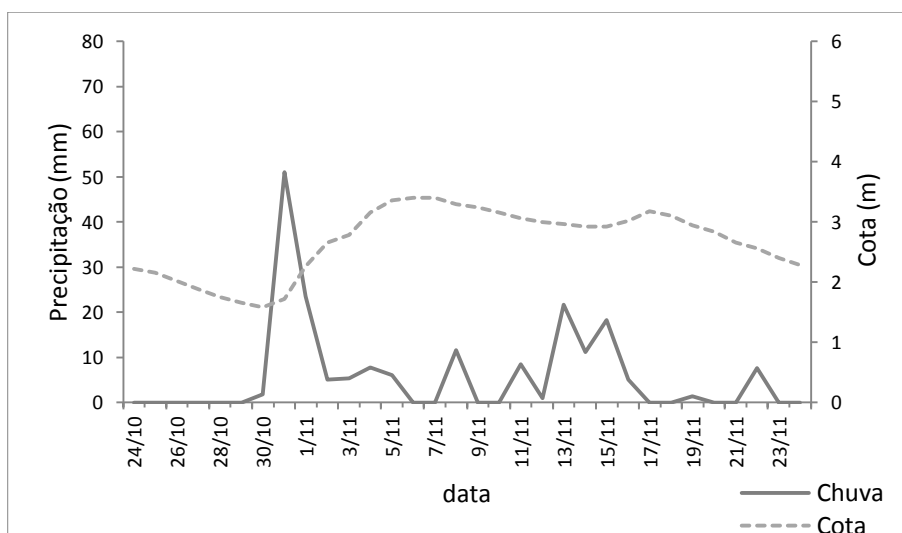


Figura 29 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí, entre 24/10/1983 e 24/11/1983.

Destaca-se o pico de precipitação entre os dias 31 de outubro e 01 de novembro, quando choveu 51 mm. A precipitação total foi de 186,5 mm, e a cota máxima do rio Gravataí, para os 30 dias anteriores à obtenção da imagem foi de 3,6 metros, entretanto a cota verificada no dia da aquisição da imagem foi de 2,3 metros.

Para a imagem referente à 21 de setembro de 1992 (Figura 30), destaca-se quatro picos de precipitação. O primeiro - e maior, verificado entre os dias 23 e 24 de agosto de 1992, quando choveu 37,5 mm. A partir desse pico, a cota do rio Gravataí passa a atingir seu valor máximo para o período (4,25 metros). Apesar de ter a ocorrência de mais três picos de

precipitação, a cota do rio Gravataí, manteve-se em declínio, apresentando no dia de obtenção da imagem, 2,8 metros.

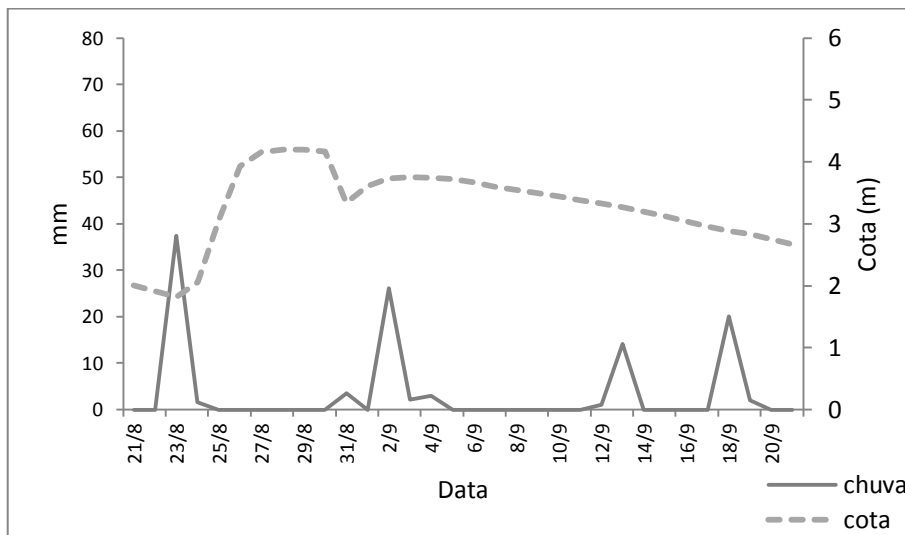


Figura 30 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí, entre 21/08/1992 e 21/09/1992

A Figura 31 refere-se a relação entre o acumulado de precipitação e a cota do rio Gravataí, entre 21 de setembro de 2000 a 21 de outubro de 2000. Este período foi o de maior precipitação verificada. Choveu na Estação do INMET/POA 250,8 mm, distribuídos em 14 dias. Entretanto, devido aos picos máximos de precipitação ocorrerem 20 dias antes da obtenção da imagem, este período não apresentou a maior cota do rio Gravataí. Na data da imagem, a cota marcou 4,5 metros.

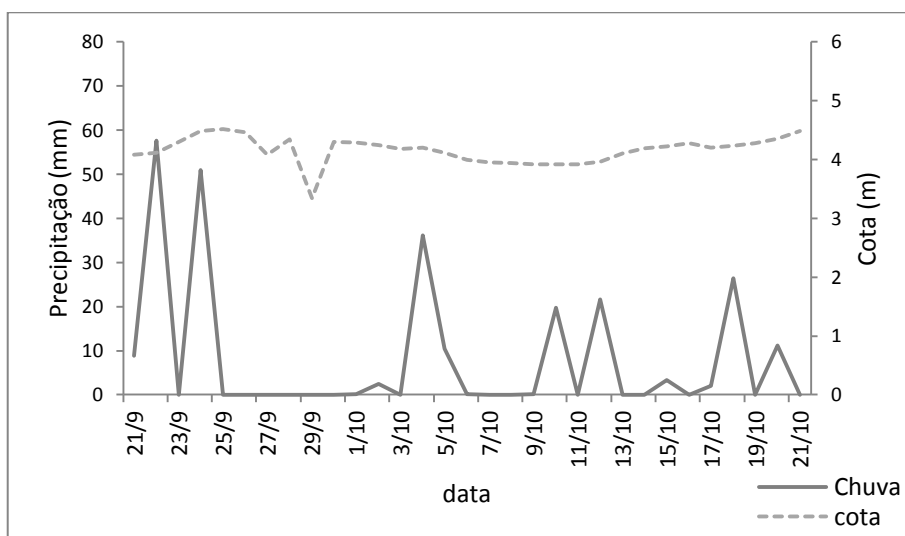


Figura 31 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí, entre 21/09/2000 e 21/10/2000.

A Figura 32, refere-se aos dados de precipitação e cota do nível do rio Gravataí, entre 29/03/2009 a 29/04/2009. Conforme Colombo; Pessoa (2013), o ano de 2009 foi marcado por uma forte estiagem no Rio Grande do Sul, causando diversos impactos, principalmente na economia do Estado.

Diante do exposto, o ano de 2009 foi o que apresentou a menor precipitação pluviométrica nos 30 dias anteriores a data de obtenção da imagem. Choveu entre 29/03/2009 a 29/04/2009 um total de 31,0 mm, na Estação do INMET em Porto Alegre. Como consequência, este período apresentou também a menor cota do nível do rio Gravataí, 0,9 metros.

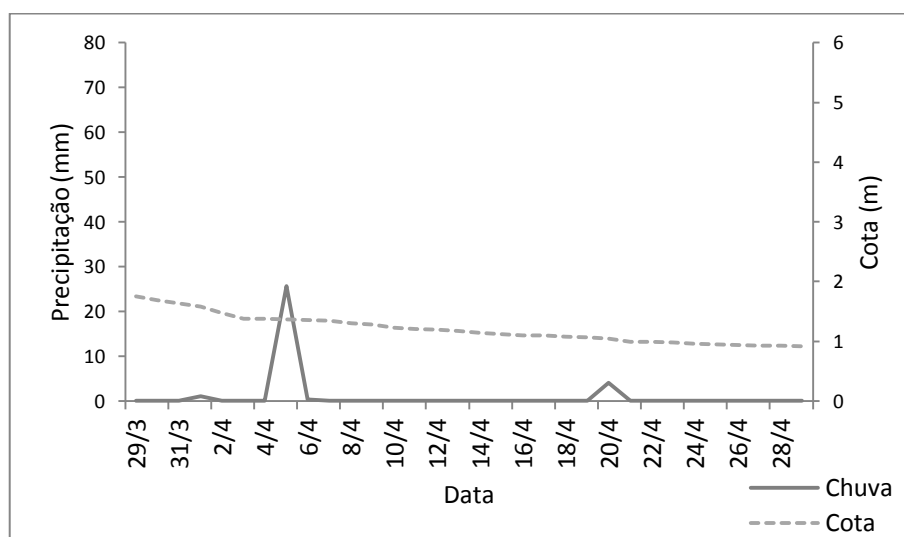


Figura 32 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí, entre 29/03/2009 e 29/04/2009.

A Figura 33 refere-se a precipitação e a cota do rio Gravataí, entre 01 de agosto de 2013 e 31 de agosto de 2013. Destaca-se o valor pluviométrico verificado entre os dias 25 e 26 de agosto de 2013, quando choveu 72 mm. Esse valor foi responsável pela maior cota do rio Gravataí, entre as datas analisadas (5,5 metros).

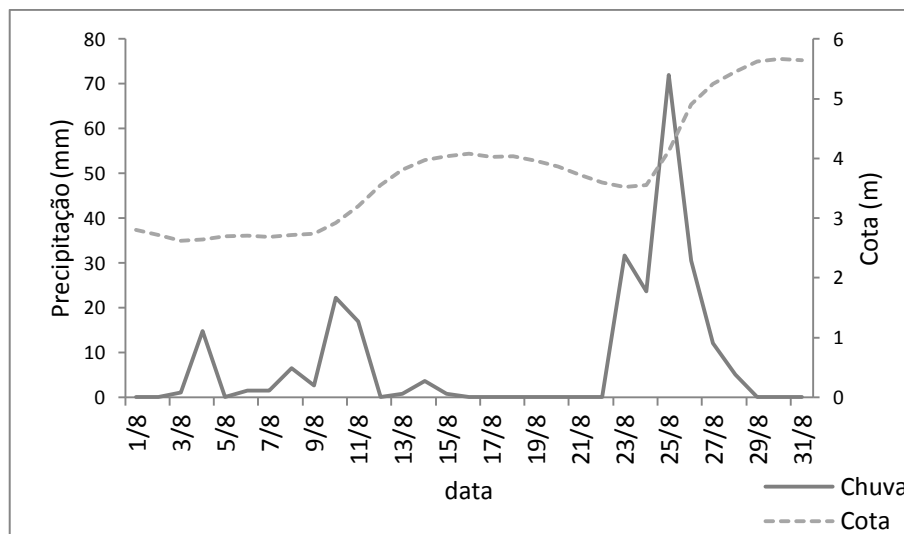


Figura 33 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí, entre 01/08/2013 e 31/08/2013.

A Figura 34 mostra o acumulado de precipitação e a cota do rio Gravataí, entre 21/09/2014 e 21/10/2014. Semelhante à data de 2013, essa Figura apresenta também apenas um pico máximo de precipitação, verificado no dia 17 de outubro de 2014, quando choveu 80 mm, em 24 horas.

Este pico, aumentou o nível do rio Gravataí em mais de 2 metros, pois, antes da ocorrência de precipitação o valor da cota era 2,5 metros e na data de obtenção da imagem, a cota registrada foi de 4,6 metros.

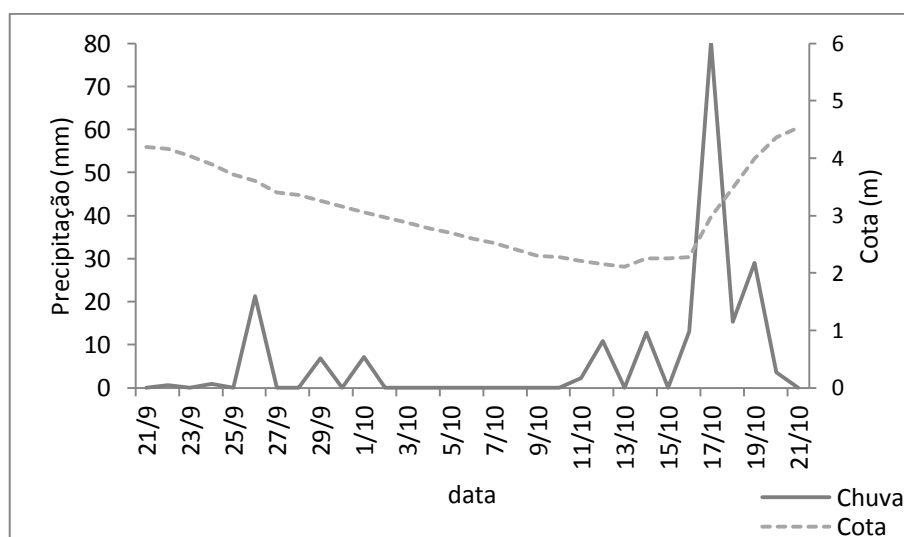


Figura 34 - Relação entre o acumulado de chuva e a cota do rio Gravataí, entre 21/09/2014 e 21/10/2014

A Figura 35 refere-se à área inundada para cada imagem Landsat analisada. A precipitação acumulada para os 30 dias, foi de 186,5 mm, e a área inundada dentro do

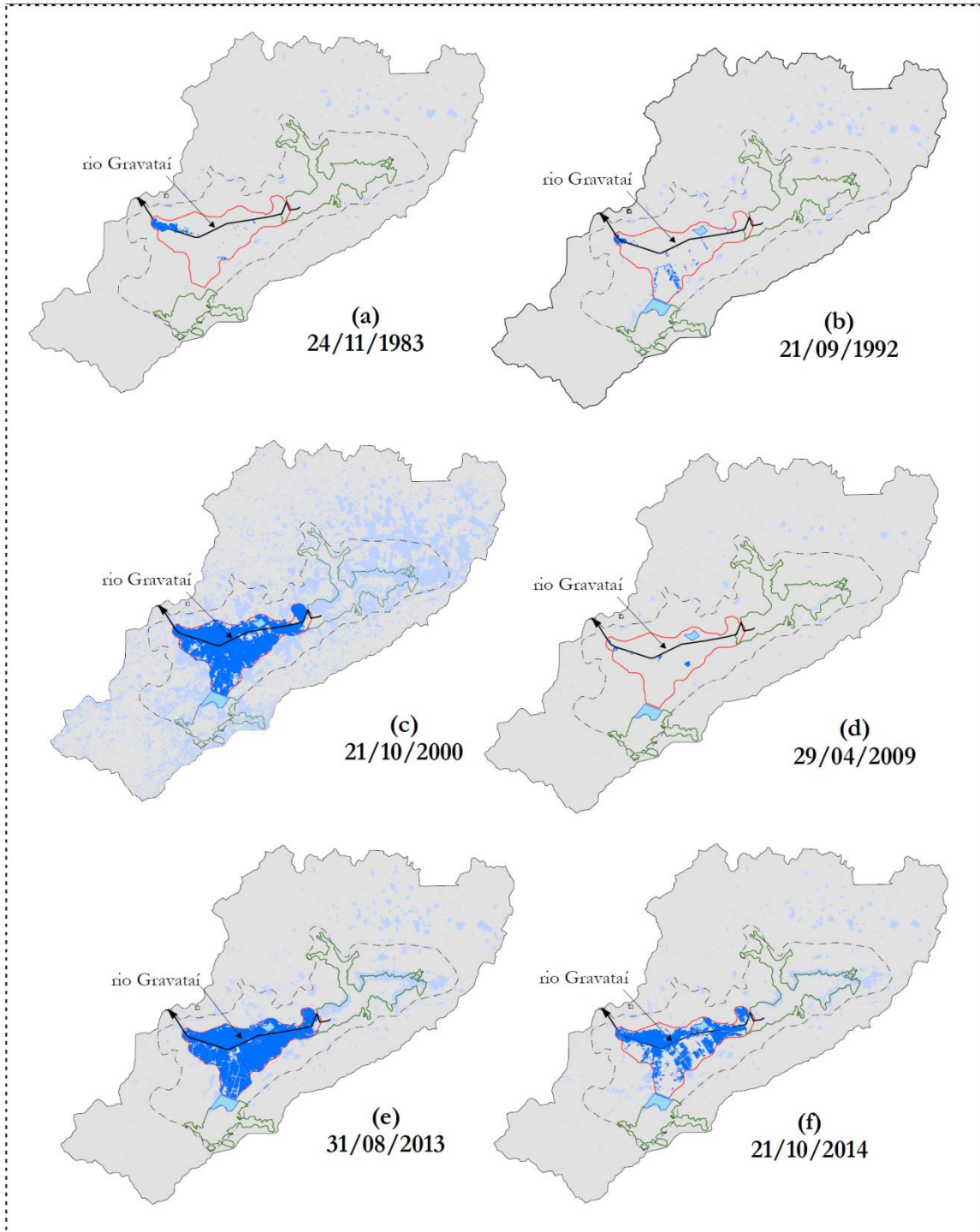
polígono referente à cota de 11 metros foi de 367,4 hectares, correspondendo a 3,8% da área do polígono, Figura 35(a). Esta área inundada localiza-se em sua maior parte, na planície de inundação do rio Gravataí, na área conhecida popularmente como Lagoa da Anastácia. Ainda, observa-se que na data da imagem, não existiam as duas barragens, localizadas dentro e ao sul do polígono referente à cota de 11 metros. A cota do nível do rio Gravataí na data da imagem foi de 2,3 metros.

Na Figura 35(b), de 21 de setembro de 1992, já haviam sido construídas as duas barragens. A precipitação acumulada para os 30 dias anteriores à data da imagem foi de 111,1 mm e a área inundada foi de 322,5 hectares. A cota do rio Gravataí na data da imagem foi de 2,8 metros.

A Figura 35(c) apresenta juntamente com a Figura 35(e) os maiores valores acumulados de precipitação, para os últimos 30 dias, 250,8 mm e 247,5 mm, respectivamente. Consequentemente, essas figuras apresentam as maiores áreas inundadas entre as imagens analisadas, 7.577,5 hectares na Figura 34(c) e 7.853,9 hectares na Figura 35(e). A cota do rio Gravataí nas datas das imagens foi de 4,5 metros e 5,5 metros, respectivamente.

Já a Figura 35(d) mostra um período de seca. Nesta data, a área inundada dentro do polígono referente à cota de 11 metros foi de 67,5 hectares. Esses períodos secos assumem um papel importante na dinâmica do mosaico móvel, pois são responsáveis pela manutenção de fragmentos isolados, configurando-se em *hotspots* da biodiversidade, abrigando organismos que interagem com o rio em períodos de grandes pulsos de inundação. A cota do nível do rio Gravataí na Figura 35(d) foi de 0,9 metros.

Na Figura 35(f), a área inundada foi de 3.796 hectares e o acumulado de precipitação para os 30 dias anteriores foi de 204,4 mm. Entende-se, portanto, que em acumulados de precipitação, durante 30 dias, maiores que 200 mm, forma nas AUs da APABG, um mosaico móvel com características aquáticas. A cota do nível do rio Gravataí nesta data foi de 4,6 metros.



Legenda

- Cota de 11 metros
- Área inundada dentro da cota de 11 metros
- Área Inundada fora da cota de 11 metros
- Sistema Banhado Grande
- Banhados
- APA Banhado Grande
- Barragem

Área da APA (ha)	Área inundada na cota de 11 metros (ha)					
	1983	1992	2000	2009	2013	2014
9477,14	364,7	322,5	7577,2	65,7	7853,9	3796,2
%	3,8	3,4	80,0	0,7	82,9	40,1

Figura 35 - Área inundada para as imagens estudadas

A Figura 36 mostra um mosaico móvel nas AUs da APABG. Vê-se o trecho retificado do rio Gravataí, próximo a área conhecida como Lagoa da Anastácia. Nesta área, os pulsos de inundação criam um mosaico que se alterna sazonalmente entre aquático e terrestre, sendo responsável pela heterogeneidade de habitats (JUNK et al., 1989).

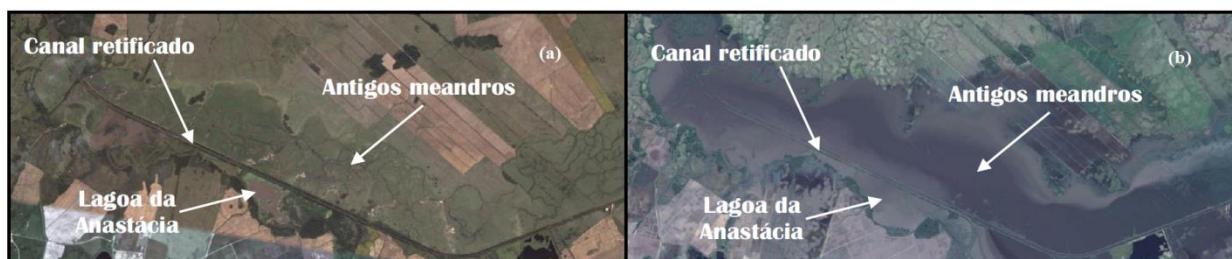


Figura 36 - Mosaico de Habitats Móvel em um trecho retificado do rio Gravataí, no município de Viamão, RS (a) fase seca, 30/04/2009; e (b) fase inundada, 11/08/2011. Fonte: Google Earth Pro (2016)

Na Figura 36a, em um período de seca, tem-se o predomínio de ambiente terrestre, sendo que a área inundada restringe-se ao canal principal (retificado) e aos meandros, que apesar de abandonados, ainda permanecem ativos.

A Figura 36b mostra um período de inundação no rio Gravataí. Percebe-se que os meandros ficam totalmente inundados, formando nessa área um mosaico móvel predominantemente aquático, permanecendo assim até a recessão das águas, que dura de 15 a 30 dias (ACCORDI, 2003).



Figura 37 - Banhado Grande em período seco.
Data da Imagem: 22/06/2016. **Fonte:** Trabalho de Campo.

A Figura 37 apresenta a área do Banhado Grande em um período seco. Verifica-se nesta Figura, obtida durante o primeiro trabalho de campo desta dissertação, a presença de

uma vegetação paludosa adaptada a solos encharcados. Leite (2011) salienta que os campos úmidos presentes nas bordas do Banhado Grande, muitas vezes se confundem visualmente com o arroz irrigado, que é cultivado nas proximidades e também nas bordas do Banhado Grande.



Figura 38 – Banhado Grande em período de inundação.
Data da imagem: 29/07/2016. **Fonte:** Trabalho de Campo.

Já a Figura 38, mostra o Banhado Grande em um período de inundação. Esta Figura foi obtida durante o segundo trabalho de campo, que ocorreu a exatos 37 dias do primeiro campo. Verifica-se a presença de um mosaico predominantemente aquático, inclusive com a presença de macrófitas aquáticas, no canto inferior direito da Figura, demonstrando o dinamismo e a célere adaptação das espécies aos períodos de inundação e seca.

8.4 DISCUSSÃO

A cota do rio Gravataí é considerada normal entre 2,70 a 3,00 metros na régua Passo das Canoas (RELF, 2015). A partir da cota de 4,5 metros o rio Gravataí começa a extravasar, e as famílias ribeirinhas precisam ser removidas (RELF, 2013; 2015). Ainda, na década de 1970, parte do canal do rio Gravataí foi retificado (APPEL, 1985) com a intenção de drenar as Áreas Úmidas, buscando ampliar as áreas destinadas ao cultivo de arroz irrigado (GUASSELLI et al., 2013; ETCHELAR, 2013; BRENNER, 2016).

Entretanto, apesar da retificação, a área próxima a Lagoa da Anastácia apresenta seus antigos meandros ativos, sendo conectados horizontalmente ao rio, em grandes pulsos de inundação. Nesta área, Brenner (2016) propôs medidas para renaturalização dos meandros (MACHADO; BROCANELI, 2008), a partir de técnicas de bioengenharia. A renaturalização reduziria a velocidade do escoamento da água, pois, o canal passaria de retilíneo para meândrico (CHRISTOFOLETTI, 1981; MORISAWA, 1985), reduzindo problemas de erosão e drenagem dos banhados (ETCHELAR, 2013; BRENNER, 2016).

Em relação à vazão, conforme o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (2002), a vazão mínima de 7 dias para 10 anos de tempo de retorno ($Q_{7,10}$) no posto Passo das Canoas (situado no limite entre o baixo e médio Gravataí) é de 6,02 m³/s, o que corresponde 25% da média de longo período. Para o mesmo posto, as vazões de cheia de tempo de retorno de 10 anos e 100 anos são respectivamente 206 m³/s e 311 m³/s. Ainda, a vazão do rio Gravataí, Brenner (2016) salienta que no ano de 1985, um relatório do DNOS (APPEL, 1985), que analisou a série de vazões do período de 1940-1981, afirma que a retificação do canal não havia implicado em alterações no regime hídrico, nem no aumento da vazão do rio Gravataí.

No entanto, conforme a autora, através da análise detalhada dos dados, fica evidente o aumento dos valores de vazão no período pós-retificação. As vazões máximas (RIO GRANDE DO SUL, 2012) aumentaram pela facilidade de escoamento proporcionada pela retificação, pois o curso do rio antes meandrante que favorecia a diminuição da velocidade de escoamento e com a retificação o curso retilíneo favoreceu o aumento da velocidade de escoamento da água (BRENNER, 2016).

As imagens de alta resolução a partir de dados de sensoriamento remoto permitiram a fácil identificação dos SHM (STANFORD et al., 2005), proporcionando uma visão mais sintética dos rios, até mesmo para os não-cientistas. Deste modo, ao analisar os mapas de variação do mosaico percebe-se que a ação fluvial das inundações e a migração temporal do canal, principalmente na Lagoa da Anastácia, criam diferentes fragmentos móveis de habitats através da paisagem ribeirinha (WARD et al., 1999; STANFORD et al., 2005). Assim, ecótonos (presentes dentro da planície de inundação) (NEIFF, 1996; 1999; 2003), conectividade (entre os banhados Grande, dos Pachecos e a planície de inundação do rio Gravataí) (WARD; STANFORD, 1995; MATISZIW; MURRAY, 2009; ROCHA, 2011; LUQUE et al., 2012; VAN LOOY, 2013; VANDERHOOF et al., 2016) e sucessão (ROCHA, 2010) desempenham papéis importantes na estruturação da heterogeneidade espaço-temporal

que leva à alta biodiversidade que caracteriza o rio Gravataí (RIO GRANDE DO SUL, 2012; CARDOSO, 2016).

Em períodos de grandes pulsos de inundação (JUNK et al., 1989; JUNK, 2015), esta conectividade (TISCHENDORF; FAHRIG, 2000; MATISZIW; MURRAY, 2009; LUQUE et al., 2012) estabelecida entre as AUs da APABG, principalmente no corredor que liga o Banhado Grande, o Banhado dos Pachecos e a planície de inundação do rio Gravataí, proporciona diversas interações entre essas AUs, tais como, troca de nutrientes, sedimentos e organismos vivos (WARD; STANFORD, 1995; AMOROS; BORNETTE, 2002; PIAZZA et al., 2015; VANDERHOOF et al., 2016).

Diante deste dinamismo ecológico (METZGER, 2002), Wang; Finley (2011) fazem uma crítica aos gestores das Unidades de Conservação (UC's), pois, estes muitas vezes optam por preservar a forma da paisagem em sua condição atual ou conduzir a paisagem de volta a alguma aparência histórica com base em estudos de mudança da paisagem (POFF et al., 1997; PEDROLI et al., 2002) . Entretanto, ao interferir nos padrões naturais irá também alterar ou perturbar os fluxos ecológicos. Assim, se o objetivo é manter os processos naturais dos ecossistemas tem de se aceitar que a configuração da paisagem é mutável ao longo do tempo (WANG; FINLEY 2011).

Os deslocamentos temporais no mosaico, com mudanças temporais no canal principal e nas várzeas criam fragmentos com diferentes condições ambientais (GOMES; ROCHA, 2014), o mosaico móvel (STANFORD et al., 2005). Essas condições estão diretamente associadas à dinâmica das AUs da APABG, que apresentam-se ora secas, ora alagadas, formando diferentes mosaicos móveis, com o crescimento da vegetação e a presença de animais terrestres em períodos secos e a presença de peixes e plantas aquáticas em períodos de inundação (CARDOSO, 2016).

Além disto, Chilcote (2005) salienta que o resultado dos mosaicos de habitats móveis em áreas de várzeas são considerados *hotspots* de produtividade (TITTENSOR, 2013), pois proporcionam a proliferação de algas durante a inundação, e o enriquecimento de nutrientes no solo, após a seca. Ainda Junk et al. (2015) as AUs ao longo de pequenos rios, em pequenas depressões, como as AUs da APABG, possuem uma imprevisibilidade na ocorrência de pulsos de inundação (NEIFF, 2003), e sua amplitude é bastante variável. Diante disto, a caracterização do mosaico móvel nas AUs da APABG, torna-se fundamental, à medida que, permite compreender a dinâmica e os compartimentos sujeitos à formação deste mosaico.

8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens de satélite de alta resolução espacial permitiram o mapeamento conciso do Mosaico Móvel na APABG. Verificou-se que em períodos onde o acumulado de precipitação nos últimos 30 dias é maior que 200 mm, tem-se a presença de um mosaico predominantemente aquático no polígono referente à cota de 11 metros. Já em períodos onde o acumulado de precipitação nos 30 dias é menor que 200 mm, predomina-se um mosaico terrestre.

O mosaico móvel formado na cota de 11 metros é regulado pelos pulsos de inundação. A variação do nível de cota do rio Gravataí apresenta rápida resposta aos eventos de precipitação pluviométrica. O menor volume de chuva entre os anos estudados foi em 2009, quando choveu 31 mm, nos 30 dias anteriores a data de obtenção da imagem. Nesta imagem, verificou-se três fragmentos inundados dentro da cota de 11 metros. Já a maior inundação entre os anos estudados foi verificada em 2013, quando 82% da área de cota 11 metros ficou inundada.

Em relação à metodologia, entende-se que a adaptação feita permitiu a análise e espacialização do Mosaico Móvel em toda a área do polígono referente à cota de 11 metros, não restringindo-se apenas ao deslocamento temporal dos meandros.

8.6 REFERÊNCIAS

ACCORDI, I. A.; HARTZ, S. M. Distribuição espacial e sazonal da avifauna em uma área úmida costeira do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.2, p.117-135, 2006.

ACCORDI, I. A. O Sistema Banhado Grande como uma área úmida de importância internacional. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS. 2. 2003, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2003. p. 56-63. CD-ROM.

ADIS, J. How to survive six months in a flooded soil: strategies in Chilopoda and Symphyla from central Amazonian floodplains. **Stud. Neotrop. Fauna Environ.**, v.21, p.117-129, 1992.

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.35, p. 257–284, 2004.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p.711-728, 2013.

AMOROS, C.; BORNETTE, G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. **Freshwater Biology**, v.47, p.761-776, 2002.

APPEL, S. P. B. Departamento Nacional de Obras e Saneamento – DNOS. **Planejamento integrado dos recursos hídricos da bacia do rio Gravataí**. DNOS, Porto Alegre 1985.

ARSCOTT, B. D.; TOCKNER, K.; VAN DER NAT, D.; WARD, J. V. Aquatic Habitat Dynamics along a Braided Alpine River Ecosystem (Tagliamento River, Northeast Italy). **Ecosystems**, v. 5, p. 802-814, 2002.

ARMSTRONG, J.; SCHINDLER, D. Going with the Flow: Spatial Distributions of Juvenile Coho Salmon Track an Annually Shifting Mosaic of Water Temperature. **Ecosystems**, v. 16, n. 8, p. 1429-1441, 2013.

BALVANERA, P.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; RICKETTS, T. H.; BAILEY, S. A.; KARK, S.; KREMEN, C.; PEREIRA, H. Conserving biodiversity and ecosystem services. **Science**, v. 291, p. 2047-2049, 2001.

BAYLEY, P. B. Understanding large river: floodplain ecosystems. **BioScience**, v. 45, n.3, p. 153-158, 1995.

BRASIL. Ana - Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. 2016. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>. Acesso: 18/08/2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos históricos**. 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>. Acesso: 18/08/2016.

BRENNER, V. C. **Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do rio Gravataí-RS**. Programa de Pós-graduação em geografia-UFRGS, Porto Alegre, 2016.

CARDOSO, S. **Flora e Fauna do rio Gravataí e ecossistemas associados**. Projeto rio limpo: Gravataí, 2016.

CHILCOTE, S. **The Shifting Mosaic Habitat**. 2010. Disponível em: <https://flbs.umt.edu/pdfs/The%20SHIFTING%20HABITAT%20MOSAIC%20v4%20compressed.pdf>. Acesso: 15/04/2016.

CLARK, J. S. Disturbance and tree life history on the shifting mosaic. **Landscape Ecology**, v. 72, p. 1102–1118, 1991.

CLEMENTS, F. E. **Research methods in ecology**. University Publishing Company: Lincoln, Nebraska, 1905.

COLOMBO, J. A.; PESSOA, M. L. O impacto dos eventos de estiagem na economia dos municípios do RS. **Carta de Conjuntura**, v. 12, n. 22, 2013. Disponível em: <http://carta.fee.tche.br/article/o-impacto-dos-eventos-de-estiagem-na-economia-dos-municipios-do-rs/>. Acesso: 10/02/2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Blücher, São Paulo, 1981.

DOYLE, T. W. **Modeling flood plain hydrology and forest productivity of Congaree Swamp, South Carolina**. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2009.

ENGLE, D. M.; FUHLENDORF, S. D.; ROPER, A.; LESLIE, D. M. Invertebrate Community Response to a Shifting Mosaic of Habitat. **Rangeland Ecology & Management** v. 61, p. 55-62, 2008.

ETCHELAR, C. B. **Análise do processo erosivo no Banhado Grande, município de Glorinha, RS**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FREEMARK, K. E.; KIRK, D. A. Birds on organic and conventional farms in Ontario: partitioning effects of habitat and practices on species composition and abundance. **Biol Conserv**, v. 101, p.337–350, 2001.

FUHLENDORF, S. D.; ENGLE, D. M. Application of the fire-grazing interaction to restore a shifting mosaic on tallgrass prairie. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, n. 4, 604-614, 2004.

GAO, B. C. NDWI: Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. **Remote Sens. Environ**, v. 58, p. 257-266, 1996.

GARCÍA DÍAZ, X. F.; GUSMÃO, L. M. O.; HERRERA, Y. Influencia de los eventos climaticos El Niño y La Niña en la comunidad de chaetognatha de las aguas superficiales del océano Pacífico colombiano. **Rev. Bras. Enga. Pesca**, v. 3, p. 30-50, 2008.

GOMES, M. A.; ROCHA, C. F. D. Landscape connectivity may explain anuran species distribution in an Atlantic forest fragmented area. **Landscape Ecology**, v. 29 p. 29–40, 2014.

GREN, I. The value of investing in wetlands for nitrogen abatement. **European Review of Agricultural Economics**, v. 22, p. 157-172, 1995.

GUASSELLI, L. A.; ETCHELAR, C. B.; BELLOLI, T. F. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu. **Anais...** p. 447-452, 2013.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M.; KIENAST, F. Indicators of ecosystem servisse potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs. **Ecol Indic**, v. 21, p. 39–53, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Identificação das alternativas possíveis e prováveis para regularização da vazão do rio Gravataí-RS. Porto Alegre-RS: CPRM, 2002.

JUNK, W. J. Flood pulsing and the linkages between terrestrial, aquatic, and wetland systems. **Verhandlungen der Internationale Vereinigung Limnologie**, v. 29, p. 11-38, 2005.

JUNK, W. J. et al. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J. **Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras**: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. Cuiabá: INAU/CPP, 2015.

KLEINDL, W. J.; RAINS, M. C.; MARSHALL, L. A.; HAUER, F. R. Fire and flood expand the floodplain shifting habitat mosaic concept. **Freshwater Science**, v. 34, n. 4, pp. 1366-1382, 2015.

LATTERELL, J. J.; BECHTOLD, J. S.; O'KEEFE, T. C.; VAN PELT, R.; NAIMAN, R. J. Dynamic patch mosaics and channel movement in an unconfined river valley of the Olympic Mountains. **Freshwater Biology**, v. 51, p. 523–544, 2006.

LAW, B. S.; DICKMAN, C. R. The use of habitat mosaics by terrestrial vertebrate fauna: implications for conservation and management. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 323-333, 1998.

LAWRENCE, D.; PEART, D. R.; LEIGHTON, M. The impact of shifting cultivation on a rainforest landscape in West Kalimantan: spatial and temporal dynamics. **Landscape Ecology**, v. 13, n. 3, p. 135–148, 1998.

LEITE, M. G. **Análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação no Banhado Grande, Bacia do Rio Gravataí, RS**. (Monografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LESLIE JR., D. M. A shifting mosaic of scholarly publishing, scientific delivery, and future impact changing the face of learned societies. **Journal of Mammalogy**, v. 88, n. 2, p. 275-286, 2007.

LIM, I. E.; WILSON, S. K.; HOLMES, T. H.; NOBLE, M. M.; FULTON, C. J. Specialization within a shifting habitat mosaic underpins the seasonal abundance of a tropical fish. **Ecosphere**, n. 7, n. 2, p. 1-13, 2016.

LUQUE, S.; SAURA, S.; FORTI, M. J. Landscape connectivity analysis for conservation: insights from combining new methods with ecological and genetic data. **Landscape Ecology**, v. 27, n. 2, p. 53–157, 2012.

MACE, G. M.; NORRIS, K.; FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. **Trends Ecol Evol.**, v. 27, p. 19–26, 2012.

MACHADO, S. M.; BROCANELI, P. F. Renaturalização de rios e córregos no município de São Paulo. **Exacta**, v. 6, 2008.

MALANSON, G. P. Effects of feedbacks and seed rain on ecotone patterns. **Landscape Ecol.**, v. 12, p. 27-37, 1997.

- MALISON, R. L.; EBY, L. A.; STANFORD, J. A. Juvenile salmonid growth, survival, and production in a large river floodplain modified by beavers (*Castor canadensis*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 72, n. 11, p. 1639-165, 2015.
- MALISON, R. L.; LORANG, M. S.; WHITED, D. C.; STANFORD, J. A. Beavers (*Castor canadensis*) influence habitat for juvenile salmon in a large Alaskan river floodplain. **Freshwater Biology**, v. 59, n. 6, p. 1229-1246, 2014.
- MATISZIW, T. C.; MURRAY, A. T. Connectivity change in habitat networks. **Landscape Ecology**, v. 24, p. 89–100, 2009.
- MENEGHETTI, J. O. Lagunas uruguayas y sur de Brasil. In: Cavenari P, Davidson I, Blanco D, Castro G, Bucher E (eds). **Los humedales de America del Sur, una agenda para la conservación de la biodiversidad y políticas de desarrollo**. Wetlands International, Buenos Aires, 1998.
- MELTON, F. A. Empirical Classification of floodplain Streams. **Geogr. Rev.**, v. 26, p. 593-609, 1936.
- METZGER, J. P. Landscape dynamics and equilibrium in areas of slash-and-burn agriculture with short and long fallow period (Bragantina region, NE Brazilian Amazon). **Landscape Ecology**, v. 17, n. 5, p. 419–431, 2002.
- MILNE, R.; BENNETT, L. Biodiversity and ecological value of conservation lands in agricultural landscapes of southern Ontario, Canada. **Landscape Ecology**, v. 22, n. 5, p. 657-670, 2007.
- MOLL, D.; MOLL, E. O. **The Ecology, Exploitation, and Conservation of River Turtles**. Oxford University Press, New York, 2004.
- MORISAWA, M. **Rivers, form and process**. Longman Group Limited, New York, 1985.
- MOUW, J. E. B.; CHAFFIN, J. L.; WHITED, D. C.; HAUER, F. R.; MATSON, P. L.; STANFORD, J. A. Recruitment and successional dynamics diversify the shifting habitat mosaic of an Alaskan floodplain. **River Res. Applic.**, v. 29, p. 671–685, 2013.
- MOUW, J. E. B.; STANFORD, J. A.; ALABACK, P. B. Influences of flooding and hyporheic exchange on floodplain plant richness and productivity. **River Research and Applications**, v. 25, p. 929–945, 2009.
- MUELLER-DOMBOIS, D. The mosaic theory and the spatial dynamics of natural dieback and regeneration in Pacific forests. In: Remmert H (ed) **The mosaic-cycle concept of ecosystem**. Berlin Heidelberg New York, p. 46–60, 1991.
- NEIFF, J. J. Large rivers of South America: toward the new approach. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 26, p. 167-180, 1996.

NEIFF, J. J. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. 97-145. In: Malvarez AI, Kandus P (eds.) **Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos**. ORCYT-MAB (UNESCO), 1999.

NEIFF, J. J. Planícies de inundação são Ecótonos? In: Henry R. **Ecótonos nas interfácies dos sistemas aquáticos**. São Carlos, 2003.

NEILSON, R. P. Transient ecotone response to climatic change: some conceptual and modelling approaches. **Ecol. Appl**, v. 3, p. 385–395, 1993.

NIELSEN, S. **Programa técnico para o gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre (PROTEGER)**. 5. ed. Porto Alegre: CPRM, 1994.

OLIVEIRA, M. C. Paisagem, meio ambiente e planejamento. **Rev. Inst. Geol.**, v. 4, n.12, p. 67-78, 1983.

OLFF, H.; HOORENS, B.; GOEDE, R. G. M.; VAN DER PUTTEN, W. H.; GLEICHMAN, J. M. Small-scale shifting mosaics of two dominant grassland species: the possible role of soil-borne pathogens. **Oecologia**, v. 125, p. 45–54, 2000.

PEDROLI, B.; BLUST, G. D.; LOOY, K. V.; ROOIJ, S. V. Setting targets in strategies for river restoration. **Landscape Ecology**, v. 17, p. 5–18, 2002.

PETIT, L. J.; PETIT, D. R.; CHRISTIAN, D. G.; POWELL, H. D. W. Bird communities of natural and modified habitats in Panama. **Ecography**, v. 22, p. 292–304, 1999.

PETTIT, N. E.; NAIMAN, R. J. Fire in the riparian zone: characteristics and ecological consequences. **Ecosystems**, v. 10, p. 673–687, 2007.

PIAZZA, B. P. et al. Floodplain conservation in the Mississippi River Valley: combining spatial analysis, landowner outreach, and market assessment to enhance land protection for the Atchafalaya River Basin, Louisiana, U.S.A. **Rest. Ecology**, v. 23, p. 65–74, 2015.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. The natural flow regime. A paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, v. 47, p. 769–784, 1997.

RELF, K. **Rio Gravataí sobe e água alaga ruas de Cachoeirinha e Gravataí**. Correio do Povo, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www2.correiodopovo.com.br/Noticias/506289/Rio-Gravatai-sobe-e-agua-alaga-ruas-de-Cachoeirinha-e-Gravatai>. Acesso: 04/09/2016.

RELF, K. **Rio Gravataí chega a 5,55 metros e pode aumentar em Cachoeirinha**. Correio do Povo, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/561994/Rio-Gravatai-chega-a-5,55-metros-em-Cachoeirinha->. Acesso: 04/09/2016.

RESENDE, E. K. **Os pulsos de inundação e a produção pesqueira no Pantanal**. 2013. Disponível em:

<http://www.fgel.uerj.br/dgrg/webdgrg/quadrodeavisos/outubro03/pulsopantanal.htm>. Acesso em: 19/01/2016.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 38.971, de 23 de outubro de 1998. **Cria a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, e dá Outras Providências**, Porto Alegre, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **APA do Banhado Grande**. 2010. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174. Acesso em: 12/04/2016.

RISSER, P. G. The status of the science examining ecotones. **BioScience**, v. 45, p. 318–325, 1995.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1992.

ROCHA, P. C. Geomorfologia e conectividade em ambientes fluviais do alto rio Paraná, Centro-sul do Brasil. **Boletim Geográfico**, v. 28, n. 2, p. 157-176, 2010.

ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 33, p. 50-67, 2011.

ROCHA, R.; ROCHA, P. C. Sistemas Rio-Planície de Inundação: Geomorfologia e Conectividade Hidrodinâmica. **Tópos**, v. 1, n; 6, p. 81-112, 2007.

ROSSATO, M, S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, Tendências e Tipologia**. (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RUBBO, M. **Análise do potencial hidrogeológico do aquífero cenozoico da bacia hidrográfica do rio Gravataí – RS**. (Dissertação de Mestrado em recursos hídricos e saneamento ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SANCHES, R. A.; ROSSETE, N. A.; REZENDE, A. C. P.; ALVES, H. Q.; VILLAS-BÔAS, A. Subsídios para a proteção de Áreas Úmidas da bacia do rio Xingu (Mato Grosso, Brasil). **Revista Árvore**, v.1, p. 489-498, 2012.

SCHERER, R. S. **Urbanização na planície inundável do rio Gravataí, RS**. (Dissertação de Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SCHIEMER, F.; KECKEIS, H.; WINKLER, G.; FLORE, L. Large rivers: the relevance of ecotonal structure and hydrological properties for the fish fauna. **Large Rivers**, v. 12, p. 487–508, 2001.

SCHINDLER, S.; SEBESVARI, Z.; DAMM, C. Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. **Landscape Ecol.**, v. 29, p. 229-244, 2014.

SCHOENNAGEL, T.; VEBLEN, T. T.; ROMME, W. H. The interaction of fire, fuels, and climate across Rocky Mountain forests. **BioScience**, v. 54, p. 661–676, 2004.

SCOTT, D. A.; CARBONELL, M. A. **Directory of Neotropical Wetlands**. Cambridge: IUCN/ IWRB, 1986.

SEDELL, J. R.; RICHEY, J. E.; SWANSON, F. J. The river continuum concept: a basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers. In: Dodge DE (ed) Proceedings of the International Large River Symposium. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 49–55, 1989.

STANFORD, J. A.; LORANG, M. S.; HAUER, F. R. The shifting habitat mosaic of river ecosystems. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 29, p. 123-136, 2005.

STOFFELS, R. J.; CLARKE, K. R.; REHWINKEL, R. A.; MCCARTHY, B. J.; TONN, W. Response of a floodplain fish community to river-floodplain connectivity: natural versus managed reconnection. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 71, v. 2, p. 236-245, 2014.

TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. How should we measure landscape connectivity? **Landscape Ecology**, v. 15, n. 7, p. 633–641, 2000.

TITTENSOR, D. P. Biodiversity: Temperate hotspots. **Nature**, v. 501, p. 68-74, 2013.

TOCKNER, K.; LORANG, M. S.; STANFORD, J.A. River flood plains are model ecosystems to test general hydrogeomorphic and ecological concepts. **River Research and Applications**, n. 26, v. 76-86, 2010.

TOCKNER, K.; MALARD, F.; WARD, J. V. An extension of the flood pulse concept. **Hydrological Processes**, v. 14, p. 2861–2883, 2000.

TRACY-SMITH, E.; GALAT, D. L.; JACOBSON, R. B. Effects of flow dynamics on the Aquatic-Terrestrial Transition Zone (ATTZ) of lower Missouri river sandbars with implications for selected biota. **River Res. Applic.**, v. 28, p. 793-813, 2012.

VAN LOOY, K.; CAVILLON, C.; TORMOS, T.; PIFFADY, J.; LANDRY, P.; SOUCHON, Y. A scale-sensitive connectivity analysis to identify ecological networks and conservation value in river networks. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 7, p. 1239–1249, 2013.

VANDERHOOF, M.; ALEXANDER, L. C.; TODD, M. J. Temporal and spatial patterns of wetland extent influence variability of surface water connectivity in the Prairie Pothole Region, United States. **Landscape Ecol.**, v. 31, p. 805-824, 2016.

WANG, P. C.; FINLEY, J. C. A landscape of shifting-mosaic steady state in Lassen Volcanic National Park, California. **Ecol. Res.**, v. 26, p. 191-199, 2011.

WARD, J. V. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. **Biological Conservation**, p. 83, p. 269–278, 1998.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. **Regulated Rivers: research & management**, v. 11, p. 105-119, 1995.

WARD, J. V.; TOCKNER, K.; SCHIEMER, F. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. **Regul. Rivers: Res. Mgmt.**, v. 15, p. 125–139, 1999.

WARD, J. V.; TOCKNER, K.; UEHLINGER, U.; MALARD, F. Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. **Regul. Rivers: Res. Mgmt.**, v. 17, p. 311-323, 2001.

WEBER, D.; MCGOWAN, J.; HAASE, S.; RICE, C.; KENNEDY, T.; MARTIN, R.; OUCHLEY, K. **Bringing floodplain restoration to scale: the Mollicy farms project on the Ouachita River, Upper Ouachita National Wildlife Refuge, Louisiana, USA**. National Wetlands Newsletter 34:16–19, 2012.

WIMBERLY, M. C. Species dynamics in disturbed landscapes: when does a shifting habitat mosaic enhance connectivity? **Landscape Ecology** 21:35-46, 2006.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista o objetivo desta dissertação de mapear e caracterizar os pulsos de inundação e a conectividade entre as Áreas Úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, através de dados de sensoriamento remoto, pluviometria e cota do nível do rio Gravataí, os resultados apresentados permitem as seguintes conclusões:

No artigo 1, que a área da APABG pode ser dividida em duas áreas distintas, conforme a ocorrência de precipitação pluviométrica. A primeira, localizada na porção centro-norte da APABG, com maiores valores pluviométricos. Essa área é caracterizada pelas maiores altitudes e também pela presença do Banhado Grande, nascentes do rio Gravataí. A segunda área, localizada na porção centro-sul da APABG, caracteriza-se pelos menores valores mensais de precipitação pluviométrica média. Esta área localiza-se na planície do Gravataí, e abrange a área do Banhado dos Pachecos. As áreas mais susceptíveis a ocorrência de lâmina de água aparente, localizam-se principalmente na área do Banhado dos Pachecos e nas áreas próximas à Lagoa da Anastácia.

No artigo 2, a conectividade entre as AUs da APABG está diretamente associada aos grandes pulsos de inundação. Entre os meses de junho a novembro têm-se a maior média de ocorrência dos pulsos, por serem historicamente, meses de maior ocorrência de precipitação. Neste período os valores de precipitação mensal média para a Estação Meteorológica do INMET em Porto Alegre, variam entre 120 e 145 mm.

O uso de imagens NDWI permitiu com maior eficiência identificar e delimitar as áreas úmidas associadas aos grandes pulsos de inundação. Com base nessa identificação, definiu-se para a APABG dois tipos de conectividade:

- i) *Conectividade rio - banhado*, quando os pulsos de inundação conectam o canal principal do rio Gravataí à apenas um ambiente paludial. A *conectividade rio - banhado* ocorre quando os valores pluviométricos variam entre 200 mm a 240 mm, nos 30 dias anteriores à obtenção da imagem de satélite. Para um pulso de inundação de 200 mm, a área inundável no polígono referente à cota de 11 metros, é de aproximadamente 3.300 ha, o equivalente a 35% da área total do polígono com cota de 11 metros; e,
- ii) *conectividade banhado - banhado*, quando os pulsos de inundação conectam o corredor que liga os banhados Grande e dos Pachecos (depósito lagunar) à planície inundável do rio Gravataí. Esta conectividade é percebida quando a precipitação total, nos 30 dias anteriores a obtenção da imagem de satélite é superior a 247 mm. Para um pulso de inundação de 247 mm,

a área inundável no polígono referente à cota de 11 metros, é de aproximadamente 7.412 ha, o equivalente a 78% da área total do polígono com cota de 11 metros.

No artigo 3, observa-se que, além da presença da conectividade entre as AUs da APABG, os pulsos de inundação e seca formam um Mosaico Móvel, regulado por estes pulsos. Em períodos de grandes precipitações (principalmente entre junho e novembro), tem-se um mosaico predominantemente aquático, com a presença animais e plantas adaptadas à vida aquática. Já na fase seca (entre dezembro e maio), predomina a vegetação terrestre nas áreas anteriormente alagadas, fertilizadas, parcialmente, no processo de inundação. Dessa forma, o sistema consegue incorporar e aproveitar matéria orgânica de forma eficiente, explicando a riqueza e diversidade das AUs da bacia do rio Gravataí.

Tendo em vista a diversidade de ambientes de Áreas Úmidas e o seu valor ecológico, recomenda-se a preservação da área referente à cota de 11 metros, juntamente com medidas de renaturalização dos antigos meandros do rio Gravataí. Entende-se que esta área é fundamental para a regularização das vazões do rio, o controle dos processos erosivos na APABG e para o estabelecimento do Plano de Manejo.

Também a necessidade, em relação às AUs do Rio Grande do Sul, da criação de uma legislação específica, que trate da classificação e delineamento destas áreas de alta produtividade e valor ecológico. Além disto, o Estado carece também de políticas públicas voltadas a conservação das áreas de Banhados, que apesar de constarem como APPs na legislação, não se tem uma definição clara de como delimitar essas áreas. Além da vegetação, os solos e a geologia podem ser importantes ferramentas no auxílio ao delineamento dessas Áreas Úmidas.