

**UNIVERDIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA PRODUÇÃO ORIZICOLA,
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO BANHADO GRANDE - RS**

TÁSSIA FRAGA BELLOLI

Porto Alegre, 2016

TÁSSIA FRAGA BELLOLI

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA PRODUÇÃO ORIZICOLA,
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO BANHADO GRANDE - RS**

Orientador: Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia, no curso de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer - UFRGS

Prof. Dr. Luis Alberto Basso - UFRGS

Porto Alegre, 2016

Belloli, Tássia Fraga

Impactos ambientais decorrentes da produção orizícola, área de proteção ambiental do Banhado Grande - RS
. / Tássia Fraga Belloli. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.
[79 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es):Laurindo Antonio Guasselli

1. Rizicultura 2. Impacto ambiental 3. Áreas úmidas 4. APA do Banhado Grande I. Título.

CDU 911

Catalogação na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sônia Teresinha Duarte de Oliveira

CRB 10/2310

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto (CEPSRM), pela estrutura, auxilio financeiro, aprendizado e ensino de qualidade, sem os quais não seria possível a realização desta pesquisa.

Ao meu orientador Laurindo Antonio Guasselli, pelos ensinamentos, paciência, dedicação, apoio e ética durante os quase quatro anos de pesquisas compartilhadas.

Aos colegas do LAGAM Viviane, Rudmar, Marcos, João Delapasse e Cecilia, companheiros de pesquisas e trabalhos de campo na bacia do rio Gravataí, pela troca de conhecimentos e parcerias, principalmente a Cecilia, que esteve presente desde o inicio das pesquisas e compartilhou comigo muitos congressos, viagens e conhecimento de pesquisa e de vida. Aos demais colegas de laboratório, João Paulo, Renata, Fabi, Guilherme, Luis, Gustavo, Leticia, Eduardo, Dani Rocha, Dani Zanetti, Darwin, Ednardo, Glênio, Camilo, Carlos Renato, pelos ensinamentos, ajudinhas diárias, churrascos, congressos e parcerias.

À Fundação do Meio Ambiente de Gravataí, ao Paulo Müller e Zé Alberto, e a gestão da APA do Banhado Grande, Cecilia Nin, Denise Machado e ao Guarda Leonardo, que proporcionaram estrutura e suporte para os trabalhos de campo, fundamentais para as pesquisas.

A SH16 Soluções Ambientais, especialmente aos diretores Pedro, André e Lucas, pela oportunidade de estagiar nesta empresa, e aos colegas Jamine, Flávio e Anita.

Aos meus pais e irmã, pelo apoio incondicional nos estudos e compreensão nas horas difíceis ao longo da graduação, exemplos de dignidade e valores. Os maiores responsáveis pelas minhas conquistas!

Ao Aiurque Rosa pelo companheirismo, total apoio e incentivo, carinho e compreensão durante esta pesquisa, pela força nos momentos difíceis de cansaço e desespero.

Aos professores do Departamento de Geografia, pelos ensinamentos e trabalhos de campo compartilhados na graduação.

Aos colegas e amigos que fiz durante a graduação, por crescemos juntos quanto profissionais e pessoas.

Não seria possível a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia sem o auxilio de um grande número de pessoas. Agradeço a todos que me acompanharam durante a graduação e que contribuíram de alguma forma para essa etapa da minha vida.

“Para a civilização que diz ser ocidental e cristã, a natureza era uma besta feroz que tinha que ser domada e castigada para que funcionasse como uma máquina, posta a nosso serviço desde sempre e para sempre. A natureza, que era eterna, nos devia escravidão. Muito recentemente, inteiramo-nos de que a natureza se cansa, como nós, seus filhos, e sabemos que, tal como nós, pode morrer assassinada. Já não se fala de submeter a natureza. Agora, até os seus verdugos dizem que é necessário protegê-la. Mas, num ou outro caso, natureza submetida e natureza protegida, ela está fora de nós. A civilização, que confunde os relógios com o tempo, o crescimento com o desenvolvimento, e o grandalhão com a grandeza, também confunde a natureza com a paisagem, enquanto o mundo, labirinto sem centro, dedica-se a romper seu próprio céu.”

Eduardo Galeano

RESUMO

A intensificação e a sistematização da orizicultura irrigada na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), na região metropolitana de Porto Alegre, causaram ao longo dos anos uma série de transformações nas áreas úmidas, na sua biodiversidade e no regime hídrico do rio Gravataí, implicando em relevantes impactos ambientais. O objetivo da presente pesquisa foi analisar os impactos ambientais decorrentes da produção orizícola na APABG. Para atingir os objetivos propostos, o estudo compreendeu cinco etapas: i) mapear a evolução espaço-temporal da rizicultura e alterações nas áreas de banhado com imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI), com as classes de cultivo de arroz, banhados e barragens, entre os anos 1985 a 2016; ii) verificar as intervenções nos corpos hídricos através do mapeamento das barragens e de fotos aéreas históricas georreferenciadas; iii) analisar e comparar as vazões mensais disponíveis, antes e após a obra de retificação do rio Gravataí; iv) estimar a demanda de água para a safra 2015/16 do cultivo de arroz; v) analisar os impactos ambientais decorrentes da produção orizícola e apresentar os impactos verificados, através de uma matriz de interação. Os resultados obtidos mostram que, a área cultivada com arroz na APABG passa de 5.536 ha na safra de 1984/85 para 11.962 ha na safra de 2015/16 (aumento de 116%), e que vem avançando sobre as áreas de banhado e suas áreas limítrofes. A ampliação das áreas de cultivo gerou, consequentemente, o aumento da demanda de água para irrigação, influenciando na construção de 72 novas barragens. A análise dos valores de vazão diária para os períodos pré-retificação (1940 a 1970) e pós-retificação (1970 a 2009) do rio Gravataí mostra que a vazão máxima passa 251,61 para 297,50 (m^3/s); a vazão média de 19,59 para 32, 35(m^3/s) e a vazão mínima de 6,01 para 4,58 (m^3/s), demonstrando a redução do tempo de concentração das águas na bacia. Essas mudanças contribuem para o agravamento das estiagens e inundações nas áreas urbanas a jusante, bem como alteraram a dinâmica de inundaçao e da biota do banhado Grande, e a ocorrência de processos erosivos acelerados no banhado Grande. A maior demanda de água na bacia se dá para irrigação, com consumo de 16.748 L/s/ha, que supera a disponibilidade hídrica da bacia causando conflitos de demanda em períodos que coincidem estiagens e irrigação da cultura. Também foram observados impactos como degradação da cobertura vegetal por agrotóxicos, fragmentação de habitats entre as áreas úmidas e contaminação das águas com sedimentos das lavouras.

PALAVRAS-CHAVE: Rizicultura, impacto ambiental, APA do Banhado Grande.

ABSTRACT

The intensification and systematization of irrigated rice in the Environmental Protection Area of the Banhado Grande (EPABG), in the metropolitan region of Porto Alegre, has caused over the years a series of transformations in the wetlands, in their biodiversity and in the hydric regime of the Gravataí river, implying significant environmental impacts. The aim of the present research was to analyze the environmental impacts resulting from the rice production in the EPABG. This study was divided into five stages: i) mapping the spatiotemporal evolution of the rice cultivation and changes in the marshes with images of the Landsat 5 (TM) and Landsat 8 (OLI) satellites, with the irrigated rice, marshes and dams, between 1985 and 2016; ii) verify the interventions in the water bodies through the mapping of the dams and historical aerial photos georeferenced; iii) analyze and compare the discharges monthly available, before and after the doing of rectification Gravataí river; iv) to estimate the demand for water for the 2015/16 rice harvest; V) analyze the environmental impacts resulting from the rice production and present the verified impacts, through of a interaction matrix. The results show that the area cultivated with rice in the EPABG goes by from 5,536 ha in the 1984/85 to 11.962 ha in the 2015/16 (increase of 116%), which has been advancing over the marshes and its border areas. The expansion of cultivation areas has consequently led to an increase in the demand for water for irrigation, influencing the construction of 72 new dams. The analysis of the daily discharges values for the periods pre-rectification (1940 to 1970) and post-rectification (1970 to 2009) of the Gravataí river shows that the maximum discharge goes from 251,61 to 297,50 (m^3/s); The mean discharge from 19.59 to 32.35 (m^3/s) and the minimum discharge from 6.01 to 4.58 (m^3/s), demonstrating the reduction of the time of water concentration in the basin. These changes contribute to the aggravation of droughts and floods in downstream urban areas, as well as, they also changed the dynamics of floods, biota and the occurrence of accelerated erosive processes in Banhado Grande. The highest demand for water in the basin is for irrigation, with consumption of 16,748 L/s/ha, surpassing water availability of the basin, causing conflicts of demand in periods that coincide droughts and irrigation of the rice. Impacts such as degradation of vegetation cover by pesticides, fragmentation of habitats among wetlands and contamination of water with sediments of the plantations, were also observed.

KEY-WORDS: Rice growing, environmental impact, EPA of Banhado Grande.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da área de estudo.....	18
Figura 2. Precipitação média mensal (mm).....	19
Figura 3. Evaporação média mensal (mm).....	19
Figura 4. Litologia da área de estudo.	20
Figura 5. Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Gravataí.	22
Figura 6. Imagem do Sensor OLI do satélite Landsat 8, agosto de 2013.....	23
Figura 7. Uso do solo na bacia do rio Gravataí..	25
Figura 8. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e áreas prioritárias de conservação na área de estudo.....	27
Figura 9. Matriz de interação de impactos ambientais utilizada por Rodrigues (2005).....	44
Figura 10. Mapeamento das áreas com cultivo de arroz, entre 1985 e 2016, APABG - RS....	46
Figura 11. Quantificação das áreas com cultivo de arroz, APABG – RS.	47
Figura 12. Área produtiva com cultivo de arroz, 1985 a 2016, APABG – RS	47
Figura 13. Traçado do canal projetado e o construído pelo DNOS na década de 1960, sobre mapa geológico.....	49
Figura 14. Foto aérea da década de 1940, anterior a abertura do canal do DNOS.....	50
Figura 15. Trecho canalizado parcial pelo DNOS sobre mosaico de fotos aéreas de 1975...	51
Figura 16. Trecho ampliado do canal de drenagem sobre a área do Banhado Grande.	51
Figura 17. Variação mensal das vazões médias, antes e pós-retificação do rio Gravataí.	53
Figura 18. Variação mensal das vazões máximas, antes e pós-retificação do rio Gravataí.	54
Figura 19. Variação mensal das vazões mínimas, antes e pós-retificação do rio Gravataí.	54
Figura 20. Evolução espaço-temporal dos barramentos nos cursos hídricos, APABG – RS....	56
Figura 21. Representação da demanda e consumo hídrico (L/s) por setor na BHRG.....	58
Figura 22. Sequência temporal de imagens Landsat, entre 1985 e 2016.....	61
Figura 23. Lançamentos dos efluentes das lavouras de arroz irrigado no Rio Gravataí..	64
Figura 24. Vista da vegetação destruída pelos agrotóxicos em ambas as margens do canal do rio.....	66
Figura 25. Ninho atingido por agrotóxicos.....	677
Figura 26. Trecho do canal do rio Gravataí onde foi verificada falta de vegetação em APP e erosão das margens.....	68
Figura 27. Segmento de maior alargamento da voçoroca no banhado Grande.	69

Figura 28. Presença da produção bovina na área do Banhado Grande e o impacto gerado pelas trilhas do gado	70
Figura 29. Leito do canal do rio Gravataí em período de grave estiagem. Foto: APNVG Vale do Gravataí.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios, máximos e mínimos de vazão diária.....	52
Tabela 2. Quantificação dos barramentos.....	57
Tabela 3. Demanda de água para irrigação na APABG	58
Tabela 4. Análise integrada de demandas	59
Tabela 5. Parâmetros investigados a montante e a jusante dos lançamentos das lavouras de arroz no Rio Gravataí em 2013. Fonte: Adaptado de FMMA, 2014.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Divisão Geomorfológica da bacia do rio Gravataí.....	21
Quadro 2. Matriz de identificação de impactos, APABG - RS	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APABG: Área de proteção Ambiental do Banhado Grande

BHRG: Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CORSAN: Companhia Riograndense de Saneamento

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNOS: Departamento Nacional de Obras de Saneamento

ECOPLAN: Ecoplan Engenharia

FEDERARROZ: Federação das Associações de Arrozeiros do Estado do Rio Grande do Sul

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler

FMMA: Fundação Municipal do Meio Ambiente de Gravataí

ha: Hectares

IBAMA: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IPH: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

IRGA: Instituto Rio Grandense do Arroz

L/s: Litros por segundo

m³/s: Metros cúbicos por segundo (=1000L/s)

MMA: Ministério do Meio Ambiente

RS: Estado do Rio Grande do Sul

SBG: Sistema Banhado Grande

SEMA: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SOSBAI: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
1.4.1 Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí	17
1.4.2 APA do Banhado Grande	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	29
2.2 ÁREAS ÚMIDAS	30
2.3 RIZICULTURA	32
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS	35
3. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4. RESULTADOS	45
4.1 ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ E BANHADOS NA APABG	45
4.2 INTERVENÇÕES NOS CURSOS HÍDRICOS DECORRENTES DAS ATIVIDADES DE IRRIGAÇÃO.....	48
4.2.1 Obra de retificação do rio Gravataí.....	48
4.2.2 Análise das vazões antes e pós-obra de canalização	52
4.2.3 Barramentos em cursos hídricos	55
4.3 DEMANDA DE ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO NA APABG.....	57
4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA ORIZICULTURA	59
4.4.1 Impactos sobre os recursos hídricos	61
4.4.2 Impacto sobre a biodiversidade	65
4.4.3 Impacto sobre os solos.....	68
4.4.4 Impacto sobre a população	71
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	73
6. REFERENCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo de arroz em várzea, no qual se pratica a irrigação por inundação, é tradicionalmente utilizado na Região Sul do Brasil, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, devido a disponibilidade hídrica. Na bacia hidrográfica do rio Gravataí, os produtores encontraram o ambiente adequado para ocupação e expansão do cultivo em função de suas características hídricas, geológicas e geomorfológicas.

A bacia apresenta como peculiaridade uma extensa área úmida denominada por Accordi *et al.* (2003) de Sistema Banhado Grande (SBG), sendo constituída pelo conjunto dos banhados Grande, Chico Lomã e Dos Pachecos e pelas áreas da planície de inundação do rio Gravataí. Nesta região encontra-se boa parte das nascentes do rio Gravataí, que em conjunto com os cursos d'água provenientes da Coxilha das Lombas e da encosta da serra formam uma extensa planície inundável.

O SBG é apontado por Accordi *et al.* (2003) como uma área úmida de importância internacional para a conservação global de aves aquáticas e como ponto de parada ou de passagem de muitas espécies migratórias. Os banhados também são locais estratégicos de conservação, devido à sua alta diversidade biológica e produtividade que resultam das relações estabelecidas entre a água, solo, vegetação e fauna. (CARVALHO; OZÓRIO, 2007). Os banhados na bacia têm a função de reguladores naturais do fluxo do rio Gravataí e atuam como “esponjas” que amortecem os picos das cheias, acumulam a água durante as épocas de enchentes e a liberam durante os períodos de estiagem (IPH, 2010).

O rio Gravataí, originalmente meandrante, teve parte do seu leito retificado pelo antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) entre os anos de 1963 e 1969, com a finalidade de drenar as áreas úmidas da bacia e expandir as áreas agricultáveis. Assim, a atividade econômica que predomina na bacia do rio Gravataí, em maior proporção, são as lavouras de arroz, ocupando uma área produtiva com cerca de 27.000 hectares.

Ao longo dos anos, a intensificação e a sistematização das lavouras orizícolas causaram uma série de transformações no regime hídrico do rio, nas áreas úmidas de sua planície de inundação, nas áreas de banhado e na sua biodiversidade, implicando em relevantes impactos ambientais.

Devido à sua alta diversidade biológica e para a proteção deste sistema e de suas funções hidrológicas foi criada em 1998 a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande

(APABG), com o objetivo de preservar as áreas de banhado, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

A condição de Área de Proteção Ambiental determina uma série de restrições e condicionamentos das práticas agropecuárias, tendentes a evitar seus impactos sobre este ecossistema. Porém, as intervenções realizadas para sistematização e expansão da rizicultura, as necessidades hídricas do cultivo e o mau manejo das lavouras, em algumas propriedades, continuam afetando os recursos hídricos, a biodiversidade e a população residente na área da bacia.

A persistência destes impactos indica a necessidade de ações da esfera pública em prol da proteção desse ecossistema e de suas funções. Para tanto, é imprescindível o entendimento dos elementos envolvidos nessa paisagem e suas dinâmicas espaciais e temporais, bem como identificar os impactos ambientais e as ações que os originam, para assim poder atuar com ações mitigadoras e de gestão nesta Área de Proteção Ambiental.

1.2 OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo analisar os impactos decorrentes da produção orizícola na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, RS.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear a evolução espaço-temporal das áreas de cultivo de arroz e as alterações nas áreas de banhado na APABG, a partir de imagens de satélite nos anos de 1985, 1994, 1996, 2005, 2009 e 2016;
- Identificar as intervenções nos cursos hídricos decorrentes das atividades de irrigação;
- Estimar a demanda de água para irrigação das áreas de cultivo de arroz na APABG;
- Analisar os impactos ambientais decorrentes da produção orizícola, e sintetizar a partir de uma matriz de interação.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com o Jornal Zero Hora (2012) e a Revista Evidência de Gravataí (2013), os municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Gravataí têm passado por períodos de escassez de água e rodízios na captação para as lavouras de arroz. Segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí (Rio Grande do Sul, 2012), a retirada de água para a irrigação do cultivo tem gerado conflito entre as demandas para o setor agrícola e abastecimento público nos meses de verão, período em que os agricultores utilizam grande quantidade de água para manter a lâmina necessária ao cultivo, justamente no mesmo período em que a região da bacia passa por estiagens e altas taxas de evapotranspiração.

“Em períodos de estiagem a situação se torna mais crítica, e os conflitos se tornam mais intensos em face da redução da oferta e concomitante com o aumento de demanda”. (RIO GRANDE DO SUL, 2012, pág. 99).

O Governo do Estado do Rio Grande do Sul decretou situação de emergência em toda a área da bacia do rio Gravataí, em janeiro de 2005 e dezembro de 2012, provocada pela estiagem e pelos riscos de poluição provocados pelo uso intensivo de recursos hídricos,

principalmente por arrozeiros, fatores que fizeram baixar drasticamente o nível de água da bacia. Os agentes públicos de fiscalização foram autorizados a suspender, pelo período que fosse necessário, a captação de água direta nos cursos hídricos para finalidade distinta ao abastecimento público.

Neste sentido, é fundamental ter conhecimento das demandas atuais de água destinadas ao cultivo para melhor compatibilizar os usos múltiplos da água na bacia e reduzir os potenciais conflitos por este recurso.

Devido a uma série de atividades que geram degradação ambiental na área da APABG, o Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul determinou em março de 2014 que o Estado e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), tomassem providências para a implantação, gestão e manutenção do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande e do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos. Segundo informações da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado, a previsão para o início dos estudos do Plano de Manejo da APA do Banhado Grande é em 2017.

Assim, a presente pesquisa visa contribuir para um melhor entendimento relacionado à produção orizícola na APABG, visando mitigar os impactos ambientais e os conflitos oriundos desta produção. Pretende dessa forma contribuir com o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, no que diz respeito ao uso do solo relacionado à expansão das áreas de rizicultura e na gestão e proteção deste ecossistema e dos recursos hídricos na APABG.

1.4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.4.1 Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí

Com uma área aproximada de 2020 km², a bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHRG) localiza-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 29°45' a 30°12' de latitude Sul e 50°27' a 51°12' de longitude oeste. Está delimitada a leste e a sul pela Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas, ao norte com a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, e a oeste pela Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, Figura 1. (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

Pertencente à Região Hidrográfica do Guaíba, o rio Gravataí favoreceu o desenvolvimento de nove importantes municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre, são eles: Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Gravataí Taquara, Alvorada, Viamão, Cachoeirinha, zona sul de Canoas e parte da zona norte de Porto Alegre. Sendo responsável pelo abastecimento de uma população residente de aproximadamente 1.255.730 habitantes nestes municípios.

O rio Gravataí tem suas nascentes nos banhados Grande e dos Pachecos, percorre a bacia no sentido leste para oeste, desaguando no delta do Jacuí, percorrendo uma distância de 61,4 km aproximadamente. Segundo Rio Grande do Sul (2012), o Gravataí é um rio de planície, de baixa velocidade, originalmente sinuoso e com muitos meandros. Entre o Passo dos Negros, na divisa entre Glorinha e Gravataí, até o delta do Jacuí, percorre 39 km.

Devido ao desenvolvimento da irrigação para o cultivo do arroz (*Oryza sativa*), o rio Gravataí teve parte do seu leito retificado e sua planície de inundação passou a ter uma malha de canais em seu trecho médio. O extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), na década de 1960, retificou o curso do rio principal a partir da construção de um canal que percorre 25 km na calha original do rio, a partir do Banhado Grande e até próximo ao limite oeste da área da APABG.

Para a proteção do Sistema Banhado Grande e uso sustentável dos recursos naturais, foi criada a APA do Banhado Grande, que se localiza nos municípios de Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Gravataí e Viamão. Com uma área de aproximadamente 137.000 hectares, a APABG compreende cerca de 2/3 da bacia hidrográfica do rio Gravataí.

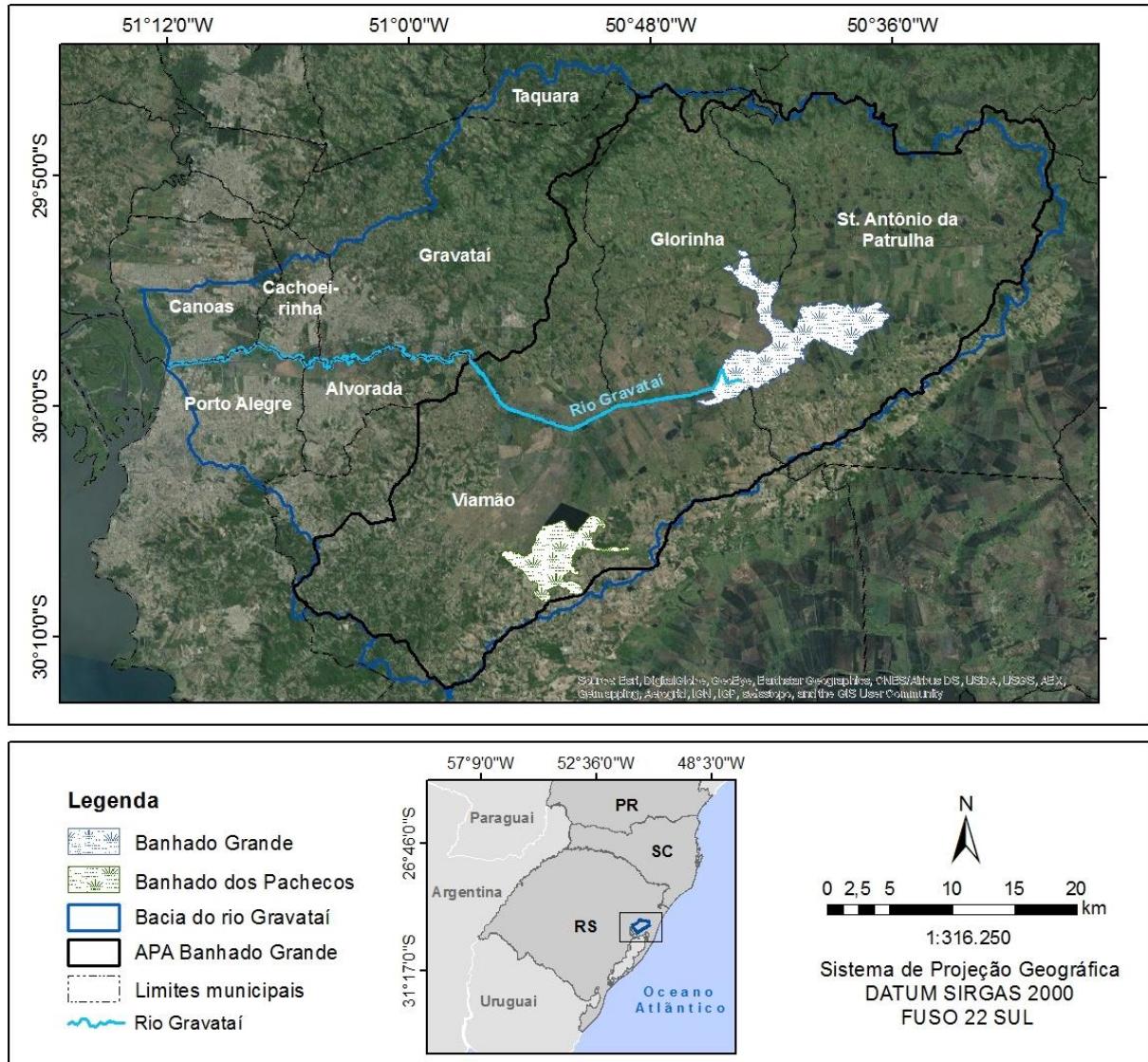


Figura 1. Localização da área de estudo

Segundo Rossato (2011) o clima na bacia é classificado como Subtropical III, isto é, clima úmido, com variação longitudinal das temperaturas médias. Caracteriza-se por chuvas que oscilam entre 1700 a 1800 mm anuais distribuídas de 100 a 120 dias de chuva. A temperatura média anual varia entre 17°C e 20°C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11°C e 14°C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23°C e 26°C. De acordo com Etchelar (2014), as precipitações da bacia hidrográfica do Gravataí se concentram na região dos patamares da serra, na área centro norte da bacia, principalmente nas nascentes do arroio Demétrio, um importante afluente do rio Gravataí e não na área do Banhado Grande e suas cabeceiras.

O Plano de Bacia realizou a caracterização pluviométrica da bacia hidrográfica, utilizando informações dos postos pluviométricos obtidos junto ao Hidroweb/ANA. Os

resultados obtidos para a soma das precipitações médias mensais resultam em 1347,4 mm no ano. Na média mensal, agosto é o mês mais chuvoso (140 mm), e o mês de menor índice pluviométrico é abril (86 mm), Figura 2. (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

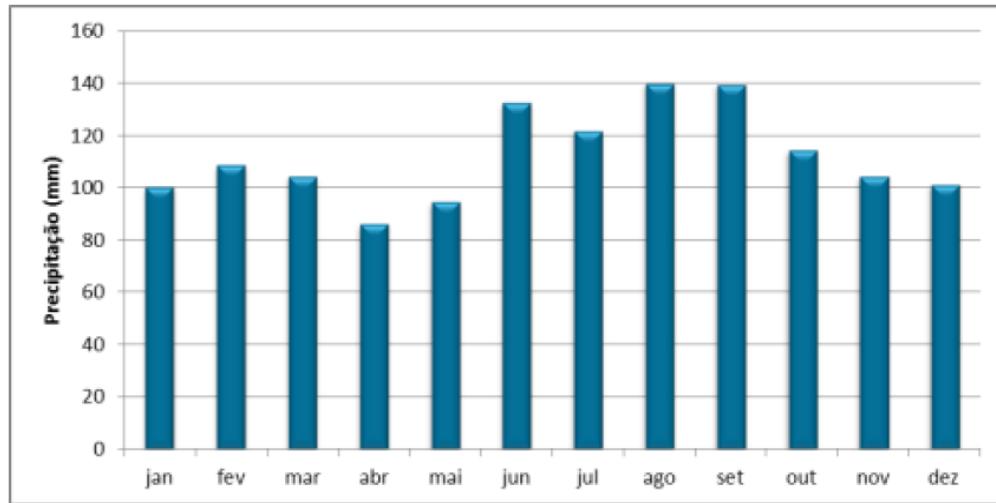


Figura 2. Precipitação média mensal (mm). Fonte: Rio Grande do Sul, 2012.

A evaporação média anual na região é de 983 mm/ano. No mês de dezembro é registrada a maior evaporação, quando ocorrem déficits da ordem de 124 mm, enquanto que no mês de junho se registra a evaporação mínima da ordem de 45,1 mm, Figura 3.

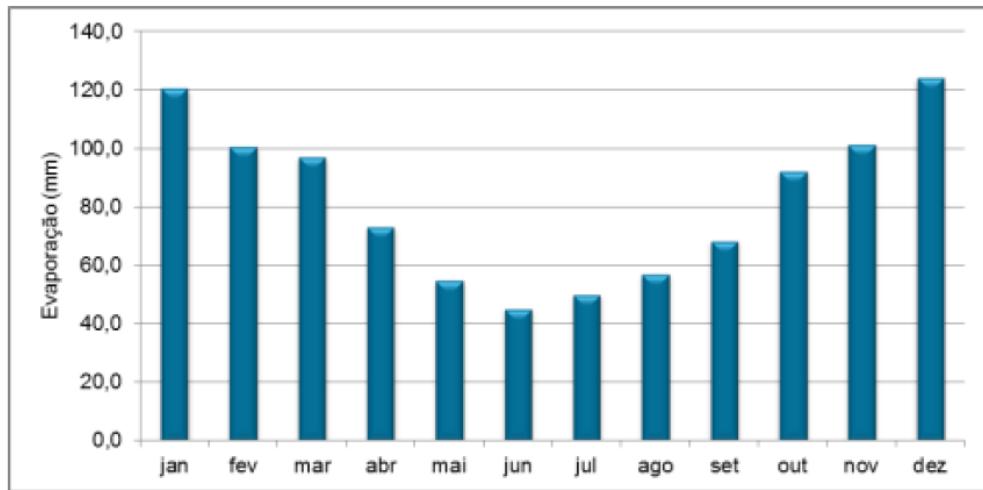


Figura 3. Evaporação média mensal (mm). Fonte: Rio Grande do Sul, 2012.

As fácies sedimentares da Planície Costeira do Rio Grande do Sul são depósitos resultantes de processos erosivos ocorridos em ambientes pertencentes a um sistema de leques aluvionais e um Sistema tipo Laguna-Barreira (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995). Para

Frantz *et al.* (1990), o Sistema Banhado Grande originou-se através do assoreamento contínuo de uma Paleolaguna isolada do mar por uma barreira arenosa de idade pleistocênica denominada Barreira das Lombas. A Unidade Geomorfológica Coxilha das Lombas teve importante papel na formação da paisagem predominante desta bacia.

O mapa geológico do Rio Grande do Sul, fornecido pela Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais (CPRM, 2016) serviu de base para a confecção do mapa litológico (Figura 4) para a área da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.

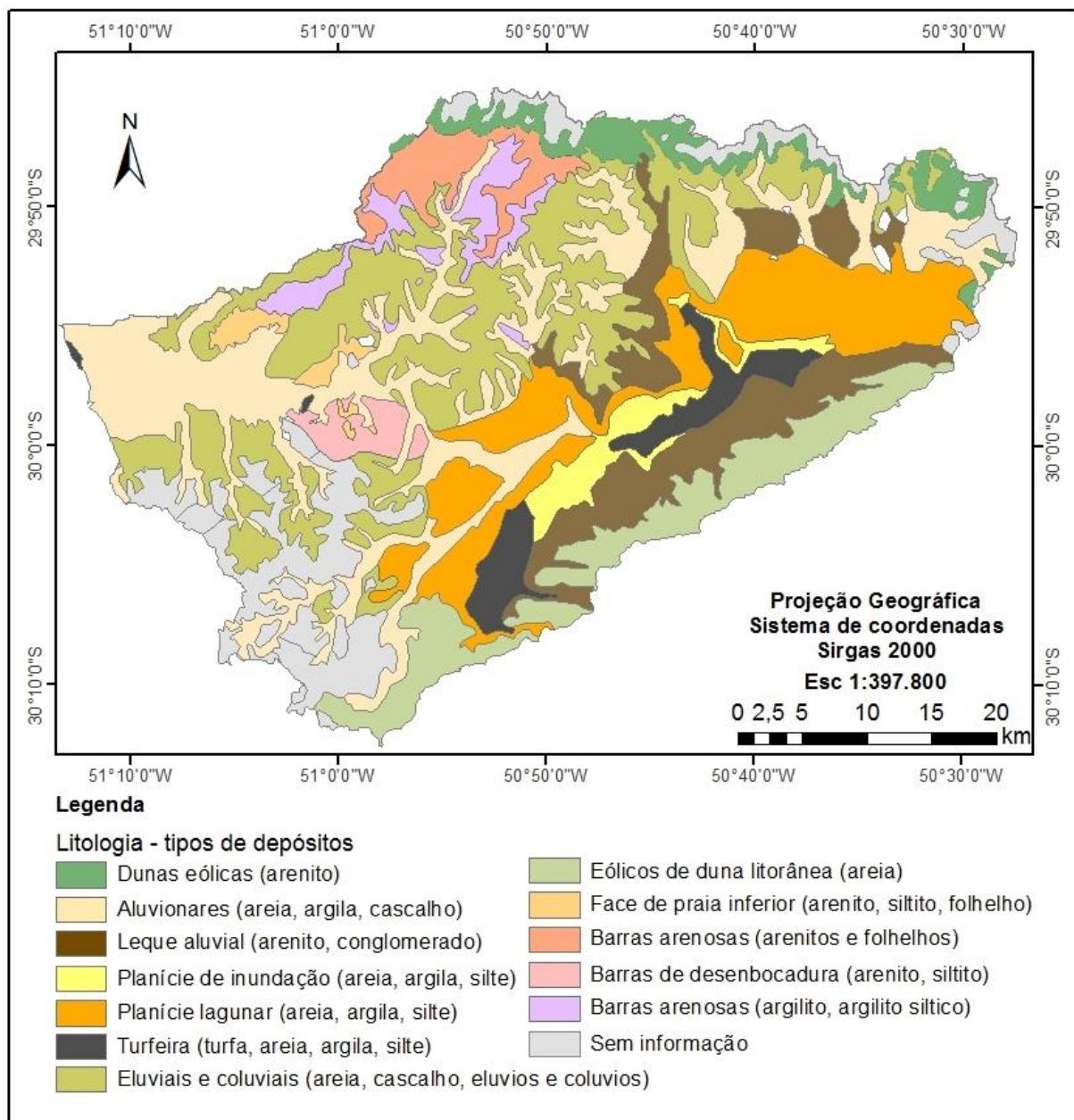


Figura 4. Litologia da área de estudo. Adaptado de CPRM, 2016.

Na APABG, predominam os ambientes sedimentares de turfa heterogênea, intercalada ou misturada com areia silte e argila. As turfas são interligadas pelos depósitos de planície de

inundação, composto por areia siltico-argilosa. Com base na convenção de Ramsar, que ocorreu em 1971, no Irã, a primeira convenção a conceituar e classificar áreas úmidas mundialmente, o Sistema Banhado Grande é classificado como ambiente de “turfeiras não florestadas” cercadas por “terra irrigada” (ACCORDI *et al.*, 2003).

Predominam também os depósitos de planície lagunar e aluvionares, respectivamente com depósitos de areia siltico-argilosa e areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico argiloso. Em decorrência dos diferentes ambientes de sedimentação, denominam-se neste estudo como áreas úmidas as áreas inundáveis da bacia (planície de inundação e banhados) e apenas como banhados os ambientes de turfeiras.

O Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre (PROTEGER, 1994) estabeleceu para a BHRG sete Unidades Geomorfológicas, utilizando-se da base de dados do IBGE (1986). As Unidades foram relacionadas de acordo com suas Regiões e Domínios Geomorfológicos (Quadro 1 e Figura 5).

Quadro 1. Divisão Geomorfológica da bacia do rio Gravataí

DOMÍNIO	REGIÃO GEOMORFOLÓGICA	UNIDADE GEOMORFOLÓGICA	TIPO DE RELEVO
DEPÓSITOS DEDIMENTARES	PLANÍCIE COSTEIRA INTERNA	Planície e Terraços Lagunares Coxilha das Lombas	Relevo plano de acumulação
		Coxilha das Lombas	Relevo de acumulação eólica, coxilhas, rupturas de declive
		Depressão FluvioColuvionar	Relevos planos a ondulados, resultantes de leques coluvionais e cones de dequeção e depósitos de enxurradas
BACIAS E COBERTURAS SEDIMENTARES	PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS	Patamares da Serra geral	Relevo de encosta Platô Escarpa Relevo de cuesta Arenítico-Basáltica
	DEPRESSÃO CENTRAL GAÚCHA	Depressão do Rio Jacuí	Superfície Aplainada, pedimento, coxilhas, ruptura de declive
EMBASAMENTO EM ESTILOS COMPLEXOS	PLANALTO SUL RIO-GRANDENSE	Planalto Residual Canguçu	Maciço de Porto Alegre Coxilhas
		Planalto rebaixado Marginal	Superfície Aplainada, pediplano

Fonte: PROTEGER (1994, p.16)

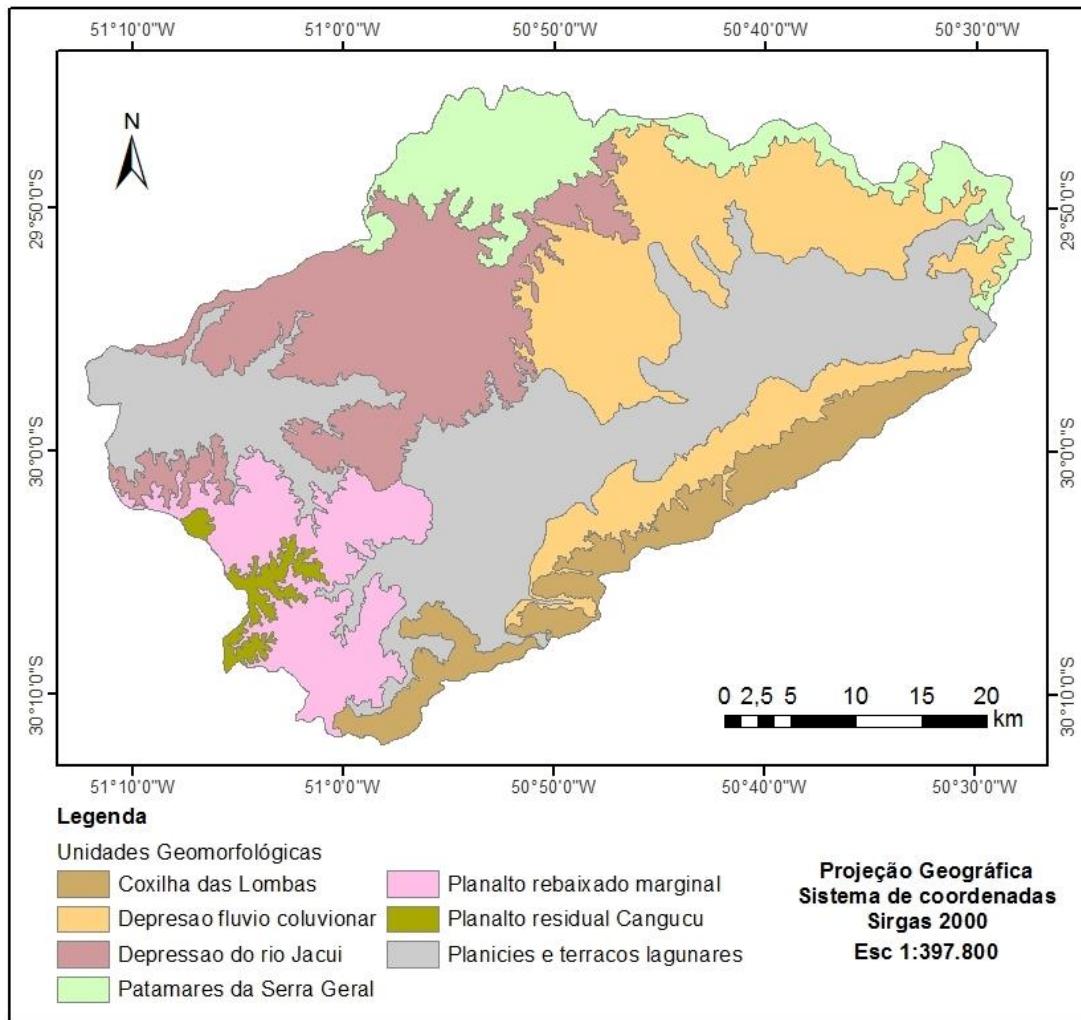


Figura 5. Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Gravataí. Fonte: Modificado de PROTEGER, 1994.

Segundo Mello (1998) as altitudes na bacia variam desde cotas inferiores a 20 m, localizadas no centro da bacia, na calha do rio Gravataí, cuja planície varia de 8 a 20 km de largura, até cotas de 350 m, situadas no norte da bacia, associadas aos derrames basálticos e que constituem os divisores entre a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí e do Rio dos Sinos.

A configuração geomorfológica e hidrográfica faz com que as áreas úmidas da BHRG se transformem em bacias de acumulação de água, em função das baixas cotas altimétricas registradas nestes ambientes, o que dificulta o escoamento superficial e contribui para a grande quantidade de umidade presente nas áreas de banhado.

Essas áreas são de extrema importância para conservação, pois 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, Figura 6.

A hidrodinâmica do Banhado Grande perfaz um ciclo de inundações sazonais, que apresenta maiores inundações nos períodos típicos de maior precipitação na região da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí, que ocorre entre o inverno e a primavera (MELLO, 1998). Segundo Junk *et al.* (1989), a principal função de força responsável pela existência, produtividade e interações da biota maior em sistemas rio-planície de inundaçāo é o pulso de inundaçāo, que constitui uma via de interação lateral.

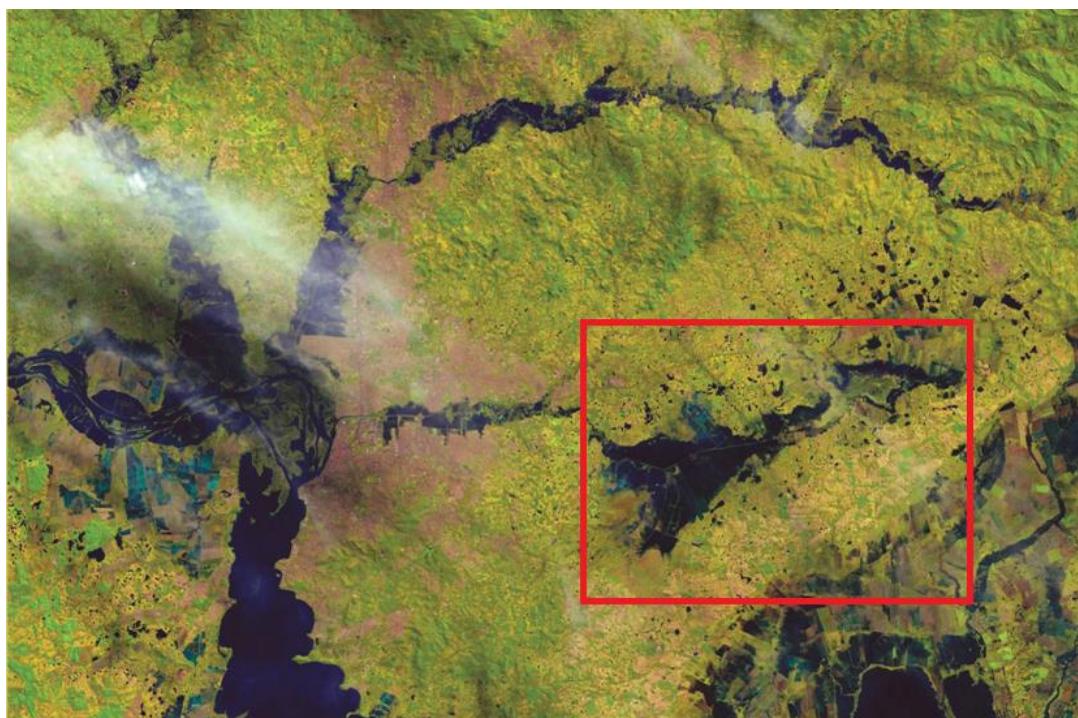


Figura 6. Imagem do Sensor OLI do satélite Landsat 8, agosto de 2013. Mostra na área em destaque a conectividade entre as áreas úmidas da APABG (Banhados e Planície de inundaçāo) durante um pulso de inundaçāo.

A BHRG localiza-se, parte no bioma Mata Atlântica (25% da área da bacia, especialmente na encosta do Planalto) e parte no bioma Pampa (75% da área). Entre as formações vegetais naturais encontra-se a presença da Floresta Estacional Semidecidual. (Rio Grande do Sul, 2012). No levantamento florístico de fragmentos florestais na bacia Oliveira *et al.* (2005), verificaram que fragmentos de mata paludosa podem ser encontrados no Alto Gravataí (junto ao bordo do banhado Chico Lomā e Sanga da Porteira), e assim como todos os fragmentos desse tipo de floresta situados na Planície Lagunar, se constituem os últimos e escassos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual submetidos à influência fluvial permanente na bacia.

Teixeira *et al.* (1986) identificaram a área do entorno dos banhados como campos úmidos, alagados em significativa parte do ano, principalmente no período de estação chuvosa. Esta formação campestre, normalmente posicionada nas bordas e adjacências dos banhados, não se constitui em banhados, em função da constituição da cobertura florística de gramíneas homogêneas de pequeno porte e da presença da “estação seca”.

Já as áreas de banhado, segundo o autor, são dominadas pela comunidade vegetal de macrofitas aquáticas, permanentemente alagados, sendo identificadas duas principais formações vegetais que variam com a região de dominância dentro do banhado. É identificado o “banhado baixo”, composto por espécies de macrófitas flutuantes, fixadas em solos flutuantes de baixo e médio porte, e o “banhado alto”, composto por espécies de macrófitas aquáticas de grande porte fixadas ao solo.

Atualmente, na cobertura vegetal ao longo do rio e nos limites dos banhados, predomina faixas de matas com Ingás e Maricás e áreas de campo com pastagens e cultivo de arroz. Nas áreas da APA com altitudes até 20m, predominam cultivos anuais, oricultura, pastagem cultivada e silvicultura.

A BHRG apresenta duas regiões com características de ocupação bem diversas, uma com forte atividade agropecuária, com predomínio de lavouras de arroz no curso superior e médio do rio, respectivamente na região do Banhado Grande e do Banhado dos Pachecos, e outra no trecho inferior do rio, com uso urbano e industrial e alta densidade populacional. De acordo com Kirchhof (2016), o arroz na bacia é cultivado entre 96 produtores em 13.809 hectares de área: 36,5% em Santo Antônio da Patrulha; 13,6% em Glorinha; 39,3% em Viamão; 6,4% em Porto Alegre; 2,9% em Gravataí; 0,25% em Cachoeirinha e 0,79% em Alvorada, gerando pelo menos 500 postos de trabalho. Os sistemas de cultivo predominantes são o cultivo mínimo e pré-germinado, respectivamente 70% e 30% da área cultivada.

As classes de uso e ocupação do solo identificadas por Rio Grande do Sul (2012) são: campo (50,81%), lavoura de arroz (19,98%), mata (11,12%), área urbana (7,65%), banhado (3,96%), água (2,04%), campo úmido (1,06%), solo descoberto (2,43%) e reflorestamento (0,89%).

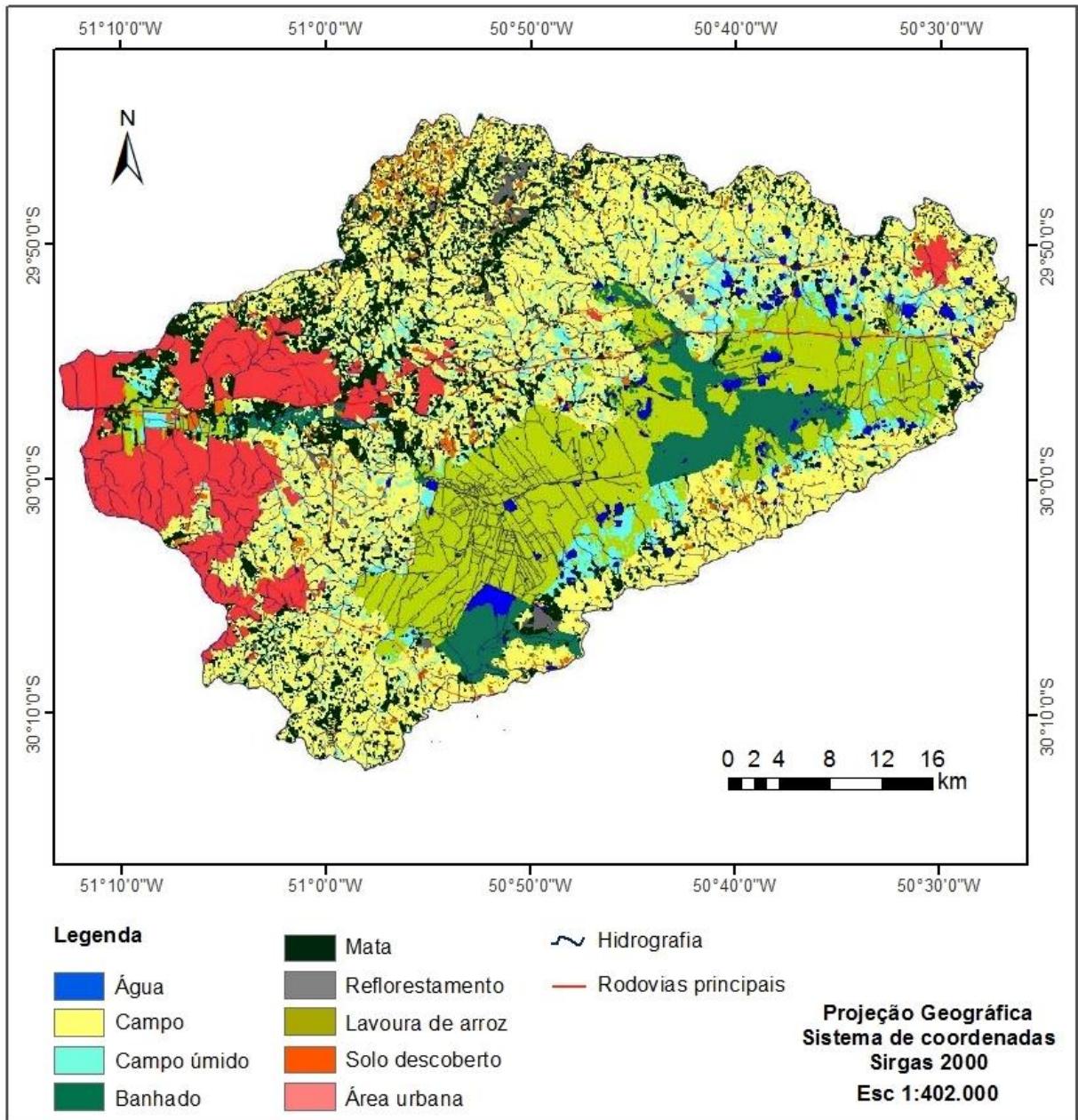


Figura 7. Uso do solo na bacia do rio Gravataí. Fonte: Modificado de Rio Grande do Sul, 2012.

1.4.2 APA do Banhado Grande

A Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande foi criada a partir do DECRETO N° 38.971, de 23 de outubro de 1998, pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul, com os seguintes objetivos: 1) preservar o conjunto de banhados formadores do rio Gravataí, conhecidos pelos nomes de Banhado Grande, Banhado do Chico Lomã e Banhado dos Pachecos localizados nos municípios de Glorinha, Gravataí, Santo Antônio da Patrulha e Viamão, respectivamente; 2) a compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a

proteção dos ecossistemas naturais ali existentes; 3) conservar os solos e dos recursos hídricos; 4) implementar estratégias de gerenciamento em nível de bacia; 5) contribuir para a otimização da vazão do rio Gravataí; 6) proteger a flora e a fauna nativas, principalmente as espécies da biota, raras, endêmicas, ameaçadas ou em perigo de extinção e 7) recuperar as áreas degradadas com vista à regeneração dos ecossistemas naturais. Quanto às atividades e empreendimentos dentro da APA, o decreto prevê que serão permitidos apenas os compatíveis com os objetivos de conservação mencionados no mesmo.

O complexo do Banhado Grande é apontado como uma área importante para a conservação de aves, com relevância mundial. (SEMA, 2000). Aves de interesse especial para conservação ocorrem na APA, entre as quais o veste-amarela (*Xanthopsar flavus*), a noivinha-de-rabo-preto (*Heteroxolmis dominicana*), o macuquinho-da-várzea (*Scytalopus iraiensis*) e o curiango-do-banhado (*Eleothreptus anomalus*). Além disso, na Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos ocorre o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*). (FMMA, 2014)¹. Ainda merecem destaque o jacaré-de-papo-amarelo, que utiliza seus refúgios para nidificar e criar seus filhotes, o narcejão, a corruíra-do-campo e o maçarico-real.

A APABG possui outras duas UCs em seu interior, o Refúgio de Vida Silvestre - RVS Banhado dos Pachecos e a Reserva Ecológica do Banhado Grande. O RVS Banhado dos Pachecos foi criado pelo Decreto Estadual N° 41.559, de 24 de abril de 2002 com o objetivo de proteger seus ecossistemas, com exemplares da flora e fauna silvestres das formações remanescentes da Planície Lagunar, principalmente aqueles relacionados aos banhados; a conservação das nascentes formadoras do Rio Gravataí e a realização de pesquisas científicas e a Educação Ambiental. Localiza-se no município de Viamão, próximo ao limite sul da APA do Banhado Grande, com área aproximada de 2.543,46 ha.

A Reserva Ecológica do Banhado Grande até agora de fato não foi implementada. Para Brenner (2016), essa demora pode estar associada ao fato de os limites originais da Reserva estarem inseridos em mais de um município (Gravataí e Glorinha), dificultando o seu processo de implantação.

A APABG também comprehende áreas da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. A Reserva da Biosfera é um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento

¹ FMMA. Fundação Municipal do Meio Ambiente de Gravataí. Relatório de Vistoria Técnica. Rio Gravataí, trecho médio superior. 2014. Relatório não publicado.

ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações, sendo também reconhecida pelo Programa Intergovernamental “O Homem e a Biosfera – MaB”, estabelecido pela Unesco, organização da qual o Brasil é membro. (BRASIL, 2000)

Na APABG, a Reserva da Biosfera é constituída por duas Zonas Núcleo e uma ampla Zona de Amortecimento e Conectividade, Figura 8. As Zonas Núcleo correspondem ao Banhado Grande e ao Banhado dos Pachecos, e possuem como função a proteção da biodiversidade, por ser o habitat de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção, áreas consideradas de alta prioridade para conservação da biodiversidade com alta restrição de uso, e áreas de formação de mosaicos e corredores ecológicos. (LINO *et al.*, 2009)

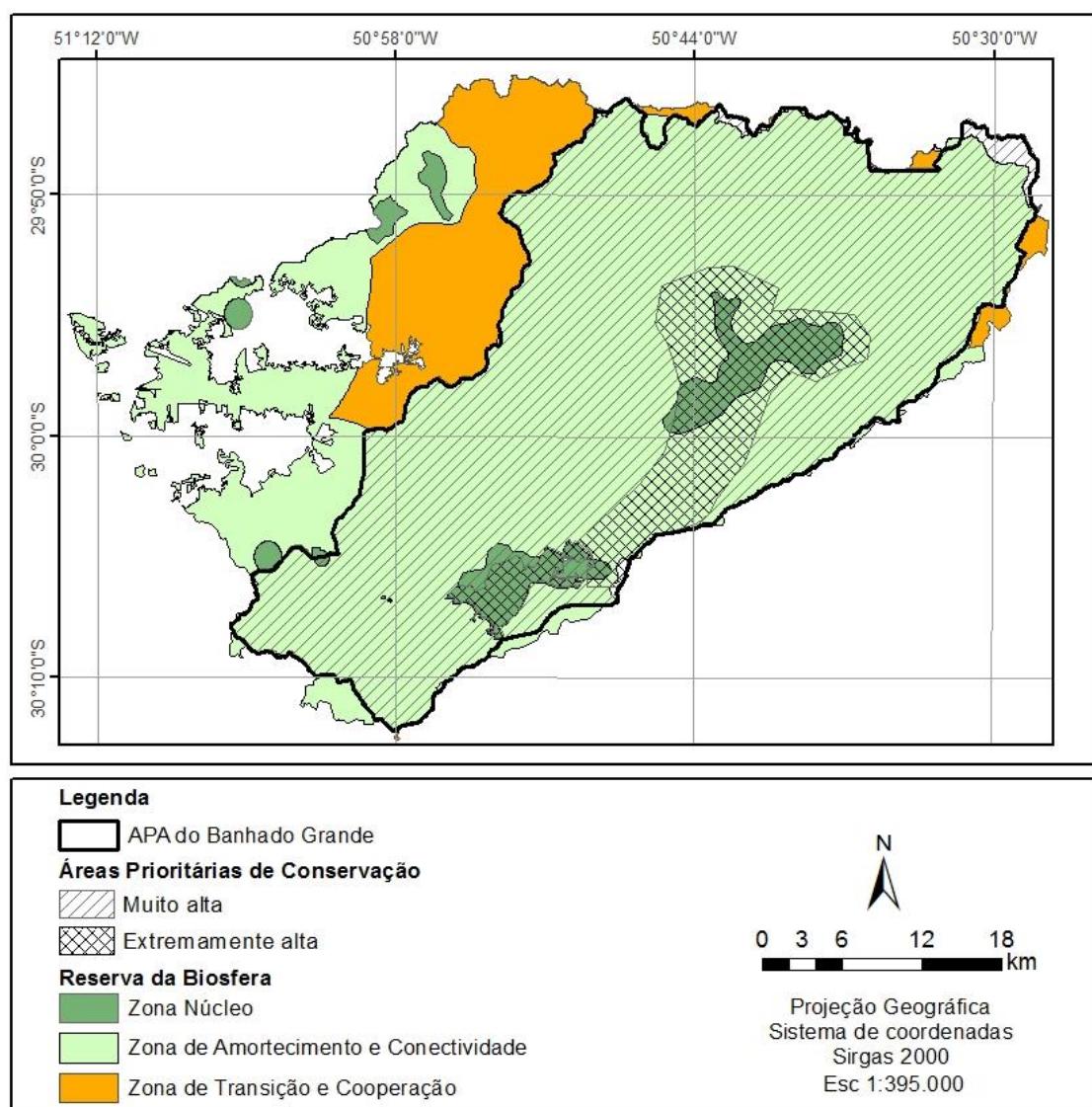


Figura 8. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e áreas prioritárias pra conservação na área de estudo.

Na Zona de Amortecimento e Conectividade só são admitidas atividades que não resultem em dano para as áreas-núcleo tendo por objetivos minimizar os impactos negativos sobre estes núcleos e promover a qualidade de vida das populações da área, especialmente as comunidades tradicionais. Nos limites norte e oeste da APA encontra-se a Zona de Transição e Cooperação, onde os processos de ocupação e o manejo dos recursos naturais devem ser planejados e conduzidos de modo participativo e em bases sustentáveis.

Além das áreas de banhado serem protegidas pelas restrições de gestão da APA e da Reserva da Biosfera, a Portaria Nº 09, de 23 de janeiro de 2007, do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007) estabelece como áreas com prioridade extremamente alta de conservação devido a existência de espécies em extinção e a biodiversidade, e por serem formadores do rio Gravataí. Uma área para contemplar a conexão entre os banhados através de corredor ecológico também possui prioridade extremamente alta de conservação. A APABG possui prioridade de conservação muito alta devido aos aspectos já citados e por possuir características de sítio Ramsar devido à presença de turfeiras, sendo as principais ameaças a caça, uso de agrotóxicos, drenagens e canalização do rio Gravataí.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi estruturado em quatro tópicos que abrangem a temática da pesquisa. Inicialmente, aborda-se sobre as Áreas de Proteção Ambiental e a questão da sustentabilidade nos meios de produção. O segundo tópico explana sobre as áreas úmidas, suas funções e características. O terceiro tópico aborda as questões relacionadas à rizicultura e, por fim, no quarto tópico discute-se sobre os conceitos de impacto ambiental, os impactos decorrentes do cultivo de arroz e metodologias para avaliação destes impactos.

2.1 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Aprovado pela Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, o Sistema Nacional de Áreas de Conservação (SNUC) estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação no Brasil e reconhece doze categorias de proteção divididas em dois grandes grupos, as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. (BRASIL, 2000).

Segundo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016), as Unidades de Uso Sustentável são áreas que visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse grupo, atividades que envolvem coleta e uso dos recursos naturais são permitidas, desde que praticadas de uma forma que a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos esteja assegurada. As categorias de uso sustentável são: Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Extrativista, Área de Proteção Ambiental (APA) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Segundo Sousa *et al.* (2011) a maior parte das UC terrestres brasileiras são APAs (no âmbito nacional, fica apenas atrás dos Parques Nacionais, e no estadual, é a campeã, com 39% da área das unidades) com grande dificuldade na gestão dessa categoria, principalmente pelo grande número de áreas privadas e a diversidade de usos permitidos. O predomínio dessa categoria é explicado, em parte, por ser de mais fácil criação, já que não demanda desapropriação e não apresenta tanta resistência à sua implantação (PÁDUA, 2011).

As APAs são Unidades de Conservação de Uso Sustentável, em geral extensas, com certo grau de ocupação humana, com atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais

importantes para a qualidade de vida e o bem estar das populações humanas e possuem como objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (ICMBIO, 2016).

Poucos são os estudos que analisam a questão da sustentabilidade dos meios de produção e uso do solo em APAs. Para Miranda (1995, apud Rodrigues, 2005), por sustentabilidade pode entender-se como a habilidade de um sistema para manter sua produtividade em resposta ao stress em ausência de entradas adicionais de matéria e energia. É necessário distinguir entre problemas de impacto ambiental da agricultura e a sustentabilidade dos sistemas de produção, que são inseparáveis, mas distintos. O impacto ambiental é uma das dimensões da sustentabilidade, já que é impossível realizar agricultura sem impacto ambiental.

Segundo Rodrigues (2005), a sustentabilidade na agricultura deve ser avaliada considerando-se basicamente processos socioeconômicos e ambientais. Os processos socioeconômicos são determinantes dos fenômenos ecológicos ou ambientais que ocorrem na agricultura em qualquer região.

2.2 ÁREAS ÚMIDAS

De acordo com Junk (2012), áreas úmidas são ecossistemas específicos, cuja presença, extensão e características estruturais e funcionais dependem das peculiaridades climáticas, hidrológicas e geomorfológicas regionais. Na literatura internacional existem vários conceitos para áreas úmidas que são definidos, principalmente, a partir de características de nível de inundação e saturação do solo com água, vegetação e tipos de solos característicos, não existindo assim um único conceito ecologicamente correto para tal.

A primeira definição do conceito de áreas úmidas surge na Convenção de Ramsar, realizada no ano de 1971, no Irã. Esta convenção estabeleceu uma ampla definição dos tipos de zonas úmidas, incluindo mangues e pântanos, lagos e rios, prados úmidos e turfeiras, oásis, estuários, deltas e planícies de maré, áreas marinhas perto da costa, manguezais e recifes de corais, totalizando 42 diferentes tipos de zonas úmidas, estendendo seus limites até a profundidade de 6 metros. A finalidade desta convenção foi estabelecer um enquadramento de ação nacional e cooperação internacional para a conservação e uso racional destes ambientes e dos seus recursos. (RAMSAR, 2013).

No Brasil, a denominação das áreas úmidas varia de acordo com a região. Para Irgang e Gastal (1996, apud Guasselli, 2005), no Rio grande do Sul o termo banhado é utilizado para a denominação de áreas úmidas, como terras alagadas e/ou alagáveis, com flora e fauna bem características e adaptadas a este sistema. A palavra é de origem espanhola, por isso bastante difundida no Estado (em outras regiões do país é chamado de brejo ou pantanal).

Segundo Carvalho e Ozório (2007), os banhados se formam em regiões planas com origem de sedimentação ou acordoamentos paralelos à linha de costa, onde a água doce é represada e flui lentamente. A água que os banhados são nutridos deriva de corpos hídricos que os circundam como lagoas, lagunas, rios, afloramentos de lençol freático e precipitações pluviométricas. Os banhados podem ser conectados com outros corpos hídricos, como planície de inundação, ou atrelados a lagoas e rios no período de cheias, ou permanecerem isolados.

Quanto à formação das áreas úmidas, Winter (1988, apud Mello, 1998) diz que, topograficamente, a existência de depressões no terreno e as baixas declividades explicam a lenta drenagem. As características pedológicas da área, isto é, a presença de solos orgânicos, pouco permeáveis, constituídos por siltes e areias finas, de origem fluvial, favorecem o movimento vertical da água, fazendo-a aflorar à superfície. Entretanto, são os processos hidrológicos (relações entre a água na superfície, na atmosfera e no subsolo) que vão determinar a permanência, ou não, dessa água na superfície, originando as áreas úmidas.

Para Diegues (1990), entre as principais funções hidrológicas das áreas úmidas está a capacidade de armazenar e liberar água, atuando no controle das inundações e na descarga de água nas épocas de estiagem, conhecido como efeito “esponja”. Para Carvalho e Ozório (2007), além de ser o habitat de inúmeras espécies de aves, mamíferos e anfíbios, os banhados possuem importantes funções hidrológicas, tais como: a recarga de aquíferos subterrâneos, proporcionam condições favoráveis para purificação da água e também atuam como estabilizadores climáticos.

Ainda, segundo Diegues (1990) as áreas úmidas atuam na retenção de sedimentos, que não só reduzem a erosão, como também retém nos sedimentos elementos tóxicos, como inseticidas e fungicidas, que de outra forma passariam mais rapidamente para a cadeia trófica. Outra função dessas áreas é a retenção e acumulo de nutrientes, constituindo-se em áreas altamente produtivas e habitats para inúmeras espécies, desde endêmicas até migratórias.

Os banhados também atuam como fonte e reservatório de carbono, pois, através da decomposição e respiração dos organismos, liberam para a atmosfera terrestre gás metano

(CH₄) e gás carbônico (CO₂) e, através do processo da fotossíntese, aprisionam o CO₂. Tais processos atuam de maneira importante na composição de gases da atmosfera e em fenômenos globais, como o “efeito estufa” (IBAMA, 2000 apud CARVALHO; OZÓRIO, 2007).

Para Mello (1998), há uma carência generalizada de critérios uniformes para indicar atividades possíveis ou restritas nas áreas adjacentes aos banhados. Comenta que a incapacidade dos técnicos de planejar usos em torno dos banhados deve-se à falta de informações sobre os efeitos que as alterações no uso do solo provocam na sua dinâmica. Atualmente estes ambientes vêm sendo valorizados, mas ainda vem sofrendo uma série de impactos, que reduziram drasticamente sua área total.

2.3 RIZICULTURA

A partir de 1970, os efeitos da Revolução Verde são observados com o crescente processo de mecanização e modernização da agricultura. Graças ao acesso às linhas de financiamento, há um aumento considerável no número de produtores voltados à orizicultura, ocasionando a ampliação na área cultivada (GASPI; LOPES, 2011).

Segundo FARSUL (2016), o Brasil é um dos dez maiores produtores de arroz do mundo, ocupando atualmente o nono lugar no ranking. Com uma produção nacional estimada em 10 milhões de toneladas para o ano de 2016, o Estado do Rio Grande do Sul apresenta os índices mais elevados de produtividade desse cereal no país, com uma produção de 7 milhões de toneladas na safra 2015/2016.

A região metropolitana de Porto Alegre (RMPA) foi uma das pioneiras na produção de arroz irrigado no Estado. As áreas de cultivo ocorriam principalmente em Guaíba e Gravataí no início do século XX, e adotavam técnicas de irrigação empregadas por empresas agrícolas alemãs, que seriam difundidas em todas as regiões do estado, em especial nas zonas de maior disponibilidade hídrica. O primeiro grande arrozal irrigado na RMPA se estabeleceu no município de Gravataí, em 1905 (MERTZ, 2002).

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta predomínio do cultivo de arroz em várzea, no qual se pratica a irrigação por inundação. No ecossistema de várzea, predomina o arroz irrigado por sistema convencional, plantio direto, cultivo mínimo, pré-germinado e transplante de mudas. (EMBRAPA, 2005).

Os solos onde é cultivado o arroz irrigado por inundação são chamados de solos

hidromórficos, cuja característica principal é a deficiente drenagem natural, normalmente restrita pelo relevo predominantemente plano, que apresenta uma camada de baixa permeabilidade (BARRIGOSSI *et al.*, 2004).

De acordo com IRGA (2011), para a sistematização das lavouras de arroz irrigado é necessário condicionar os solos anteriormente ao cultivo, com a instalação de um sistema planejado de estradas e acessos, remoção de detritos vegetais, sistemas de captação de água, canais de irrigação primários e secundários e sistema de drenagem adequado às condições de topografia e terreno da lavoura. As principais estruturas necessárias para tal são os canais de irrigação, os canais de drenagem, as estradas internas, pontes e bueiros, entaipamento, nivelamento da superfície do solo em nível (quadros ou talhões), ou aplaínamento da superfície do solo em desnível em que a declividade do solo é mantida.

A oricultura gaúcha caracteriza-se pela predominância do cultivo irrigado extensivo, dentro de um sistema empresarial, exercido principalmente por grandes e médios produtores, onde é tradicionalmente conduzida em rotação com pastagem. (AGEITEC, 2016). A rotação de culturas consiste em intercalar, anualmente, espécies vegetais numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, propósitos comerciais e de recuperação do solo.

Para Lorensi (2008), a oricultura no Rio Grande do Sul é uma das atividades do setor primário da mais alta e estável produtividade. Apesar de sua importância econômica e social, a lavoura arrozeira tem sido muito visada quanto aos aspectos ambientais e é lembrada como grande consumidora de água.

A quantidade de água utilizada na lavoura de arroz é, normalmente, baseada em dois enfoques: agronômico e gestão. O enfoque agronômico baseia-se na quantidade estimada de água usada para cada hectare plantado de arroz irrigado, conforme recomendações técnicas. Quanto à gestão, importa-se com a quantidade real dos recursos hídricos usados para irrigação, pois a falta de uma fiscalização mais intensa permite que os produtores excedam a quantidade necessária ao plantio, podendo ocorrer conflitos de demanda para outros usos.

Segundo a Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2014), o volume de água requerido pelo arroz irrigado por inundação do solo é o somatório da água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar a evapotranspiração e repor as perdas por percolação e fluxo lateral. No cálculo da necessidade de água de uma lavoura, devem-se incluir ainda as perdas nos canais de irrigação. Assim, a quantidade depende, principalmente, das condições climáticas, como temperatura, radiação e umidade, entre outros, do manejo da

cultura, das características físicas do solo, das dimensões e revestimento dos canais, do ciclo da cultivar, da localização da fonte e da profundidade do lençol freático.

Nas culturas de arroz irrigado, a evapotranspiração, a infiltração lateral e a percolação são responsáveis pela maior percentagem da demanda hídrica. SOSBAI (2014). Portanto, a demanda hídrica para a irrigação é maior em anos com temperatura elevada e baixa precipitação e umidade relativa do ar.

Na literatura são encontrados vários autores que procuraram estimar um consumo médio de água para a irrigação das lavouras orizícolas da região sul do país. (ROSSO, 2007; ACOSTA, 2005; ROSA, 2009). Rosa (2009) inicialmente estimou um consumo de 15.173 m³/ha de água para 100 dias de irrigação de arroz. Entretanto, após várias tentativas de ajuste de modelo foi possível perceber que esse valor estava muito elevado, desse modo, através de tentativas de ajuste variando a demanda chegou-se a um valor de consumo de água de 10.000 m³/ha.

De acordo com IRGA (2011), para irrigar um hectare de arroz são necessários cerca de 8.000 a 14.000 m³ de água. A contribuição de água de precipitação pluvial é variável entre os anos e pode ser de 30 a 50% da água utilizada durante o ciclo de cultivo do arroz. O tempo de irrigação da cultura é de 80 a 100 dias, dependendo da época de semeadura e do ciclo da cultivar. As lavouras devem ser irrigadas de forma contínua até cerca de quinze dias após o florescimento, quando deverá ser suspensa a entrada da água, além de prever a vazão de 3 a 5 L/s/ha para a inundação inicial da lavoura e prever a vazão de 1,0 a 1,5 L/s/ha para a manutenção da lâmina de água que deve ser mantida com 2,5 cm.

Ainda, segundo SOSBAI (2014), no sistema de semeadura com sementes pré-germinadas, além da água necessária durante o ciclo da cultura, deve-se somar as necessidades para o preparo do solo, que normalmente é feito sob condições de inundação. Neste sistema, o período de irrigação é proporcionalmente maior, iniciando-se já no preparo do solo, sendo normalmente necessários de 1.000 a 2.000 m³/ha para essa fase.

Em síntese, a necessidade de água do arroz irrigado por inundação do solo é alta, variando, porém, com as condições climáticas, atributos e tipo de solo, manejo da cultura e a duração do ciclo da cultivar. Também as dimensões e revestimento dos canais, localização da fonte de captação e a profundidade do lençol freático influenciam o volume de água requerido pela cultura. SOSBAI (2014). Logo, não existe uma relação segura entre as variáveis envolvidas que permita estabelecer o real consumo em uma lavoura, em cada safra.

Segundo as recomendações técnicas da SOSBAI (2014), são indicados os

procedimentos de adubação e calagem do solo para os sistemas de cultivo de arroz. A calagem é definida como a prática de utilização de produtos que atuam como agentes corretivos da acidez do solo e como fontes de cálcio e de magnésio para as plantas, notadamente o calcário.

As recomendações de adubação são estabelecidas conforme os teores de matéria orgânica (nitrogênio), fósforo e potássio a partir da coleta de amostras de solo para avaliar a fertilidade da lavoura. Com base nestes resultados realiza-se a adubação com aplicação de nutrientes, a partir de doses padronizadas e tabeladas. Os nutrientes utilizados são: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, calcário, fertilizantes minerais como ureia, sulfato de amônio, superfosfatos e cloreto de potássio e fertilizantes orgânicos de origem vegetal e animal.

No cultivo de arroz irrigado é comum a aplicação de agrotóxicos ou agroquímicos para controle de plantas daninhas, insetos e doenças da lavoura e o uso de adubos sintéticos. Existem uma série de recomendações técnicas e leis ambientais estaduais e federais para o uso destes agrotóxicos, no entanto, seu uso e manejo inadequados têm contribuído para o agravamento dos efeitos indesejáveis ao ambiente.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Para Sánchez (2013), na literatura técnica há várias definições de impacto ambiental, quase todas elas largamente concordantes quanto a seus elementos básicos, embora formuladas de diferentes maneiras.

Wathern (1988, apud Sánchez, 2013) define impacto ambiental como a mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada.

Já a resolução 001, de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA), que regula em âmbito federal a realização de Estudos de Impactos Ambientais e a apresentação dos respectivos RIMAs (Relatórios de Impactos Ambientais), define impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem estar das populações; II – as atividades sociais e

econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais.

O resultado da modernização do campo e da introdução de novas técnicas agrícolas representou um aumento significativo na produção de alimentos, mas, paralelo a isso, ocorreu, também, uma série de desequilíbrios no meio ambiente. A atividade agrícola tem uma grande parcela de responsabilidade na redução dos recursos naturais e na diminuição da qualidade ambiental (BARRIGOSSI *et al.*, 2004).

Um exemplo de programa para o desenvolvimento da agricultura que teve grandes implicações sobre o meio ambiente foi o Programa de Aproveitamento Racional das Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS). Segundo Presa (2010), o programa foi elaborado através do Decreto n. 86. 146 de 23 de junho de 1981 e visava à utilização econômica das várzeas em todos os Estados brasileiros através do saneamento agrícola, drenagem e irrigação e propunha obter maior produtividade agrícola, como alternativa para continuar o processo de modernização da agricultura em todo o país. De acordo com o folder explicativo do programa, o Brasil possuía em 1980, 30 milhões de hectares de várzeas irrigáveis, sem qualquer aproveitamento. Assim, o programa previa a incorporação de 1.227.200 hectares de várzeas irrigáveis ao processo produtivo no quinquênio 1981-1985.

Muitos rios no Brasil tiveram seus leitos retificados para propiciar a drenagem de áreas de várzea para aproveitamento agrícola. Para Silva e Wilson Jr (2005), a retificação ou canalização de cursos da água ocorre mais frequentemente em zonas urbanas com objetivo de aumentar a área habitável e drenar as águas pluviais. Já nas zonas rurais as retificações objetivam geralmente a drenagem de áreas úmidas visando o aumento da área cultivável e o bombeamento para irrigação e dessedentação de animais. Estas obras de canalização, em conjunto com ações de desmatamento para a implantação de agricultura levam a uma maior produção de escoamentos superficiais e de sedimentos na bacia.

Ainda segundo Silva e Wilson Jr. (2005), a retificação do leito de um rio implica em que para uma mesma energia potencial, o rio tenha um menor trajeto a percorrer. Assim, muitos efeitos são percebidos com destaque para:

Diminuição da frequência de extravasamento de cheias pequenas e médias; Aumento das velocidades; Diminuição da biota aquática e terrestre, gerando empobrecimento do ecossistema; Erosão das áreas de jusante; Redução do perfil com encurtamento do rio e aprofundamento do leito; e interrupção da conexão entre margens. (SILVA; WILSON JR, 2005).

Os impactos ambientais resultantes da atividade agrícola acabam por degradar a própria base produtiva, comprometendo sua eficiência, em razão da agricultura ser altamente dependente do meio natural. Com o emprego descontrolado de fertilizantes e agrotóxicos, têm-se como impactos imediatos a perda de nutrientes do solo, a contaminação dos mananciais de água e comprometimento dos demais recursos naturais, podendo representar acréscimo nos custos de produção aos agricultores (MORI; LANZER, 2011). A agricultura está diretamente relacionada a problemas como erosão dos solos, desmatamentos, drenagem de banhados, uso de agrotóxicos, entre outros exemplos dos prejuízos causados aos recursos naturais. (DAL SOGLIO, 2009)

No caso da oricultura irrigada, o sistema de manejo e cultivo empregado nas lavouras tem sido considerado o responsável pelo alto impacto ambiental, verificado na qualidade da água dos rios e barragens, em função do manejo inadequado no momento da irrigação da lavoura, principalmente no caso do preparo do solo e na aplicação dos agroquímicos (TOLEDO *et al.*, 2002).

Segundo IRGA (2011), na visão dos órgãos ambientais estaduais, a lavoura de arroz é considerada como de alto impacto ambiental. Isso se deve ao fato de ser uma lavoura irrigada por inundação, geralmente próxima a rios lagos e açudes, as águas de drenagem poderiam conter partículas de solo em suspensão, com alta concentração de nutrientes minerais ou escape de defensivos agrícolas aplicados na lavoura.

Outros fatores de impactos referem-se ao manejo inadequado da área potencializando os riscos eventuais de contaminação dos recursos hídricos. A biodiversidade também poderia ser afetada comprometendo o equilíbrio necessário para a sustentabilidade ambiental. Outro fator refere-se ao elevado volume de água utilizado pela lavoura que coincide com períodos cíclicos de estiagem, principalmente onde os mesmos mananciais hídricos abastecem a população e geram conflitos pelo uso da água. (IRGA, 2011).

Botana (2011) verifica a seguinte situação ao analisar os conflitos e a perda de áreas úmidas geradas pela produção arrozeira na província de Corrientes – Argentina:

Grandes canales se han construido que desgarran el paisaje, tendientes a desagotar los humedales y acondicionarlos para la implantación de los cultivos. El movimiento de enorme cantidad de suelo y el bombeo del agua desde los esteros, lagunas, o perforaciones propias, provocan cambios importantes, que se traducen no solamente en la regeneración de las comunidades ictícolas, sino en la propia subsistencia de las mismas por incidencia sobre la cadena trófica del ecosistema. Es más grave aun el impacto porque cuando se deriva el agua de las arroceras hacia los

humedales, ya que arrastra consigo excedentes de fertilizantes y agroquímicos que contaminan los ambientes. (BOTANA, 2011, p.9).

Com a introdução da irrigação, grandes áreas passam a incorporar-se ao sistema produtivo. Porém, os projetos de irrigação podem interferir em diversas áreas, necessitando muitas vezes de infraestruturas de apoio, externas aos sistemas de irrigação, tais como: represas, reservatórios, açudes, poços, estações de bombeamento, canais de transporte d'água, desvio e retificação de corpos d'água etc., que resultam em mudanças nas zonas afetadas, especialmente nas bacias hidrográficas. (DIAS, 1999).

Segundo Kingsford (2000), estes barramentos podem eliminar os fluxos das planícies aluviais, capturando os pulsos de inundação e, em seguida, liberando diretamente para dentro do canal principal do rio. Os barramentos nos afluentes a montante de áreas úmidas também interferem na sua dinâmica, diminuindo o fluxo de água que chegam até elas, prejudicando seus ciclos de inundação e a biota adaptada a estas dinâmicas.

De acordo com Rosa (2009), em áreas onde há altos índices de lavouras de arroz, as altas taxas de evapotranspiração somadas à retirada de água para irrigação e a escassez de chuva característica do período de verão no Estado, podem fazer com que alguns pontos do rio tenham suas vazões drasticamente diminuídas.

Apesar dos impactos ambientais negativos que a rizicultura irrigada pode ocasionar, é relevante destacar os impactos ambientais positivos deste cultivo para o ambiente. Segundo Rolon (2013), as lavouras de arroz irrigado são consideradas por diversos pesquisadores como agroecossistemas de áreas úmidas artificiais e apresentam uma série de características em comum com as áreas úmidas naturais por manter, na maior parte do seu ciclo, grandes áreas inundadas. Assim, se configuram como habitats importantes para muitas espécies de invertebrados, plantas, peixes, anfíbios e aves aquáticas. Entretanto, a biodiversidade em cada um desses ambientes é diversificada e com fauna e flora heterogênea, pois as práticas agrícolas funcionam como um filtro, selecionando quais espécies poderão ou não ocorrer no local. Contudo, para a autora, as lavouras de arroz não podem ser consideradas substitutas para as áreas úmidas tradicionais.

De acordo com Rodrigues (2005), existem poucos estudos de impacto da agricultura, e menos ainda estudos utilizando indicadores de monitoramento direto. Segundo Rodrigues e Irias (2004), a abordagem dos impactos ambientais potenciais da agricultura irrigada pode ser realizada com diversos níveis de detalhamento e alcance dos parâmetros de qualidade ambiental utilizados. Pode-se empregar desde indicadores objetivos de qualidade da água,

considerados em unidades específicas e base metodológica complexa de determinação; até fatores de ordem social, como modificações das relações trabalhistas e da base econômica.

Conforme Sánchez (2013) há diversos tipos de ferramentas utilizáveis para auxiliar na tarefa de identificar os impactos ambientais. Tais instrumentos são desenvolvidos para facilitar o trabalho de quem está realizando a análise, mas não se trata de “pacotes” acabados.

Costa *et al.* (2005), destacam a importância de se utilizar parâmetros, tanto quantitativos quanto qualitativos, para a avaliação de impactos ambientais, de modo que se possam obter dados que tornem o estudo mais realístico. Neste sentido, técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilitam detectar e quantificar as transformações no uso da terra, assim como a evolução das atividades antrópicas que causam impacto ao meio, sendo um importante instrumento para monitoramento e planejamento ambiental, que pode facilitar a tomada de decisões em relação à minimização e controle dos efeitos causados pelo homem na natureza.

As técnicas de sensoriamento remoto aliadas aos sistemas de informação geográfica permitem identificar as características dos agentes modificadores do espaço, reconhecer e mapear, além de estimar a extensão e a intensidade das alterações provocadas pelo homem, contribuindo significativamente para o monitoramento presente e futuro dos fenômenos analisados (GOMES, 1995 apud Ortiz, 2005).

Tanto Costa *et al.* (2005), quanto Sánchez (2013), discorrem sobre métodos de avaliação de impacto ambiental para empreendimentos, sendo os principais: Ad hoc, Listagens (Check-lists), Matrizes de Interação/identificação e Redes de Interação.

O método mais comumente utilizado em Estudos de Impacto Ambiental são as matrizes de interação. Para Sánchez (2013), a matriz de interação tem este nome somente devido a sua forma. É composta de duas listas dispostas na forma de linhas e colunas. Em uma das listas são elencadas as principais atividades ou ações que compõem o empreendimento analisado e na outra são apresentados os principais componentes ou elementos do sistema ambiental, ou ainda processos ambientais.

Conforme Rovere (2001):

As matrizes de interação são técnicas bidimensionais que relacionam ações com fatores ambientais. Embora possam incorporar parâmetros de avaliação, são métodos basicamente de identificação. Entre os mais conhecidos encontra-se a Matriz de Leopold, elaborada em 1971 para o Serviço Geológico do Ministério do Interior dos Estados Unidos. (ROVERE, 2001, p. 15).

No esforço pioneiro de sistematizar a analise dos impactos, os autores prepararam uma lista de 100 ações humanas que podem causar impactos ambientais e outra lista de 88 componentes ambientais que podem ser afetados por ações humanas. Para cada empreendimento, os analistas deveriam selecionar as ações que se aplicavam ao caso em estudo ou criar eles mesmos suas próprias listas de ações e aplicar o mesmo procedimento. Depois de selecionar as ações e os componentes ambientais pertinentes, o analista deve identificar todas as interações possíveis, marcando a célula correspondente com números que correspondem a uma magnitude e importância de interação em uma escala arbitrária de 1 a 10. (SÁNCHEZ, 2013)

A matriz também teria uma função de comunicação, pois serviria como um “resumo do texto da avaliação ambiental” e possibilitaria que os vários leitores dos estudos de impacto determinem rapidamente quais são os impactos considerados significativos e sua importância relativa. (LEOPOLD *et al.*, 1971).

Para Sánchez (2013) hoje em dia há inúmeras variações da matriz de Leopold que, na verdade, pouco tem a ver com a original, a não ser a forma de apresentação e de organização das linhas e colunas. As variações de matriz podem ocorrer em função do tipo de empreendimento, da intensidade do detalhamento da analise, do modo de agrupar ou categorizar os elementos do meio afetado, por exemplo: meio natural, meio humano e paisagem ou meio físico, biótico e socioeconômico. Encontram-se também variações das estruturas da matriz, como mais de dois campos, por exemplo, mostrando além da correlação entre ações e impactos, os mecanismos pelos quais elas ocorrem. Outra variação decorre dos critérios de classificação de cada interação, como natureza do impacto (benéfico ou adverso) e possibilidade de ocorrência de cada impacto apontado.

Ainda de acordo com o autor, uma das críticas a matriz de Leopold e suas congêneres é que representam o meio ambiente como um conjunto de compartimentos que não se inter-relacionam. Devido a isso, a identificação dos impactos deverá ser feita por meio de enunciados apropriados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta sessão são apresentados os materiais e procedimentos metodológicos para atingir os objetivos propostos neste trabalho. Inicialmente realizou-se a revisão bibliográfica abrangendo as discussões conceituais sob o tema pesquisado, embasando as escolhas dos materiais e procedimentos utilizados para sua realização. Os materiais utilizados foram os seguintes:

- i bases vetoriais: rede de drenagem, na escala 1:50.000, referente à cartografia da Divisão de Serviços Geográficos do Exército (DSG). (HASENACK;WEBER, 2010);
- ii imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat 5, ano 1985, 1996, 1996, 2005, 2009 e, do sensor OLI do satélite Landsat 8, ano 2016, órbita/ponto 221/81, adquiridas nos meses de janeiro e fevereiro dos anos mencionados, através do catálogo de imagens no sítio www.inpe.br;
- iii dados de vazão obtidos através do Plano de Bacia do rio Gravataí, respectivos aos anos de 1940 a 2009 em:
<http://www.comitegracatahy.com.br/index.php/comite-gravatahy-documentos/category/3-plano-de-bacia>;
- iv Softwares ArcGIS10.2, Microsoft Office Excel e Word 2010.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em cinco etapas. A primeira etapa consistiu no mapeamento temático com imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, com as classes de cultivo de arroz, banhados e barragens, com a finalidade de verificar a evolução espaço-temporal da rizicultura na APABG e alterações nas áreas de banhado. O mapeamento temático também serviu como base para avaliar as intervenções sobre os cursos hídricos, através do mapeamento das barragens.

Com base no conhecimento prévio da época de cultivo e das fases fenológicas da cultura do arroz, definiu-se que o período mais adequado para obtenção das imagens para o mapeamento e quantificação das áreas de arroz situa-se nos meses de janeiro e fevereiro, pois, segundo o Relatório Técnico (2008)² este período é o mais adequado principalmente porque a

² Relatório Técnico. Monitoramento das culturas de arroz no Estado do Rio Grande do Sul. Contrato de Cooperação Técnica. UFRGS; CEPSRM; FEPAM. 2008. Relatório Não Publicado

cultura se mostra de forma homogênea e em fase de intensa atividade fotossintética. As áreas semeadas mais tarde com arroz já ultrapassaram as fases iniciais e a superfície tende a estar totalmente coberta pelo dossel vegetativo, eliminando a interferência da lâmina d'água de irrigação. No mesmo sentido, as áreas semeadas precocemente, de forma geral, se encontram em fase de pré-florescimento e florescimento e, portanto, também em considerável atividade fotossintética.

O mapeamento foi elaborado por interpretação visual das imagens, para uma maior precisão na separação dos “alvos”: arroz, banhado e barragens e também na sua quantificação. Avaliou-se além do comportamento espectral, padrões como forma e textura típicas das lavouras de arroz, bem como as formas e texturas das áreas de banhado e de barragens, adotando-se uma escala de visualização e vetorização constante de 1:24.000. Foram empregadas também composições coloridas com diferentes combinações de bandas a fim de melhor visualizar as áreas de arroz. Optou-se por trabalhar com as bandas TM 4, 5 e 3 e OLI 5, 6 e 4. Para o ano de 2016, utilizou-se também uma imagem do mês de março, devido ao plantio tardio provocado pelo excesso de chuvas na região.

A quantificação das classes foi realizada a partir da ferramenta Calculadora Geométrica do software ArcGis 10.2, obtendo-se o valor da estimativa da área cultivada com arroz por safra e barragens na APABG. As áreas de banhado não foram quantificadas, pois estas variam de acordo com os pulsos de inundação, sendo delimitadas apenas pelos seus limites visíveis e pela resposta espectral da vegetação predominante destas áreas.

A segunda etapa consistiu em verificar as intervenções nos cursos hídricos na APABG, decorrentes das atividades de irrigação e evolução da rizicultura. Para esta análise foram utilizadas a base vetorial da rede de drenagem, respectiva a vetorização da carta SH.22-X-C-IV-3, datum Corrego Alegre/ Torres, ano da foto 1975, executada pela Divisão de Serviços Geográficos do Exército (DSG); mapeamento das áreas de banhado e barragens; imagens do satélite Landsat 5 e Landsat 8 e fotos aéreas históricas georreferenciadas.

A terceira etapa compreendeu a análise das vazões mensais disponíveis, antes da obra de retificação do rio, que foi finalizada por volta do ano de 1970, e comparação com as vazões após a obra, a fim de verificar se houve mudanças significativas na dinâmica de vazões do rio Gravataí. Para tanto, foram identificadas as estações fluviométricas, dentro dos limites da BHRG, com uma série temporal de dados consistente, abrangendo o período anterior e pós a obra de canalização do rio Gravataí, que possibilitem uma análise comparativa entre os registros de vazão destes dois períodos.

A estação fluviométrica Passo das Canoas contempla série histórica de dados de vazão com período de observação desde dezembro de 1939 (DNOS, 1985), mas segundo dados disponíveis no HIDROWEB/ANA para esta estação, apenas os anos de 2002, 2006 e 2007 encontram-se completos. Assim, devido a ausência de uma série histórica consistente, utilizaram-se os dados de vazão modelados e disponíveis no Plano de Bacia do rio Gravataí, para a estação fluviométrica Passo das Canoas, originando a série histórica de vazões mensais de 1940 a 2009 no ano hidrológico.

A estação Passo das Canoas apresenta registro de nível com curva chave consolidado, que consiste na relação nível do rio x vazão, usada como equação de ajuste dos dados brutos de vazão. Dessa maneira, os dados de vazões disponíveis no Plano de Bacia, e utilizadas neste trabalho, foram gerados considerando a curva-chave consolidada da estação Passo das Canoas. Para a geração dos gráficos de vazões mensais médias, mínimas e máximas dos dois períodos analisados, pré e pós-obra de retificação do rio, utilizou-se o Excel versão 2010.



Figura 9. Localização da estação fluviométrica Passo das Canoas.

A quarta etapa consistiu em estimar as demandas de água para irrigação anual do cultivo de arroz na APABG, utilizando-se da metodologia aplicada por Rosa (2009). A metodologia consistiu em calcular as demandas indiretamente, através das imagens de satélite, em que foi determinada a área irrigada das lavouras e realizada uma estimativa do consumo

médio por hectare. Para esta pesquisa, o consumo médio por hectare teve como base a vazão de referência de 10.000 m³/ha (vazão 1,4 L/s/ha) estimada por SOSBAI (2014), para um período médio de irrigação de 80 a 100 dias.

A quinta etapa consistiu na análise e apresentação dos impactos ambientais decorrentes da produção orizícola, partindo dos resultados obtidos nesta pesquisa, nas etapas 1, 2, 3 e 4, juntamente com auxílio de trabalhos de campo realizados na APABG e informações secundárias obtidas em vistorias da Fundação do Meio Ambiente de Gravataí. Também são verificados os impactos potenciais de acordo com a bibliografia utilizada no referencial teórico. Para sintetizar os impactos identificados e potenciais decorrentes da produção orizícola utilizou-se uma variação da matriz de interação tipo Leopold semelhante à utilizada por Rodrigues (2005)³, Figura 9. A matriz cruza as intervenções e atividades decorrentes da produção orizícola com os componentes ambientais sob os quais causam impactos (recursos hídricos, biodiversidade, solos e população).

Atividade Área de impacto	Agricultura	Pecuária
Vegetação	Impacto	Impacto
Solos	Impacto	Impacto
Recursos hídricos	Impacto	Impacto

Figura 9. Matriz de interação de impactos ambientais utilizada por Rodrigues (2005).

Para esta análise, não serão verificados os fatores sociais que envolvem o meio de produção e economia do cultivo de arroz irrigado, pois, segundo Dias (1999) o adequado dimensionamento dos impactos sobre o meio antrópico e socioeconômico exige um conhecimento aprofundado e atualizado da estrutura social, econômica, demográfica e cultural da população atingida.

³ Rodrigues (2005) avalia os impactos ambientais da agricultura e pecuária sobre o meio na APA de Guarapeçaba através de uma matriz de avaliação de dupla entrada. A matriz cruza as atividades agropecuárias com os espaços ambientais sobre os quais causam impacto: 1) vegetação; 2) água; e 3) solo.

4. RESULTADOS

4.1 ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ E BANHADOS NA APABG

As estimativas agrícolas oficiais no Brasil são elaboradas pelo IBGE através do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) e da Produção Agrícola Municipal (PAM). Para Klering (2007), embora a coleta de dados referentes a estatísticas agrícolas oficiais esteja baseada em conceitos e protocolos adotados internacionalmente, as informações geradas possuem caráter subjetivo. O uso de imagens de satélite e geoprocessamento para estimar áreas agrícolas ou safras têm sido cada vez mais empregados objetivando um menor grau de erro a partir de ferramentas como a análise espectral das culturas. Assim, visando estimar a área plantada com rizicultura e análise espaço-temporal realizou-se o mapeamento das lavouras na APA do Banhado Grande entre os anos de 1985 a 2016, Figura 10.

A partir da Figura 10, é possível observar o ciclo de rotação do cultivo, que na APABG ocorre principalmente com alternância de pastagens e criação bovina, além de outras culturas. A área de arroz irrigado por safra, mapeada através das imagens do satélite Landsat aumentou, em área, aproximadamente 6.426 ha da safra de 1984/85 para a safra de 2015/16, cerca de 116%. Destaca-se a expansão das áreas de lavouras, que apresenta uma grande variação entre as safras de 1984/85 e 1993/94, com um aumento em área plantada de mais de 4.000 ha, e entre as safras de 1995/96 e 2004/05, também com diferença de mais de 4.000 ha. Já entre os anos de 2009 a 2016, observa-se pequena variação na área plantada, com cerca de 1.400 ha, Figura 11.

A partir do mapeamento foi possível quantificar a área produtiva com cultivo de arroz na APABG, que ocupa uma área plana com cerca de 27.100 ha, Figura 12. A área produtiva inclui, além das áreas de cultivo de arroz da safra anual, também as áreas de rotação, representando a extensão das áreas na APA que são ocupadas pelo cultivo desde 1985 até 2016. Assim, verificou-se que a orizicultura se concentra, predominantemente, na área do Sistema Banhado Grande, nas áreas planas da planície de inundação do rio e nas áreas lindeiras aos banhados Grande e Dos Pachecos.

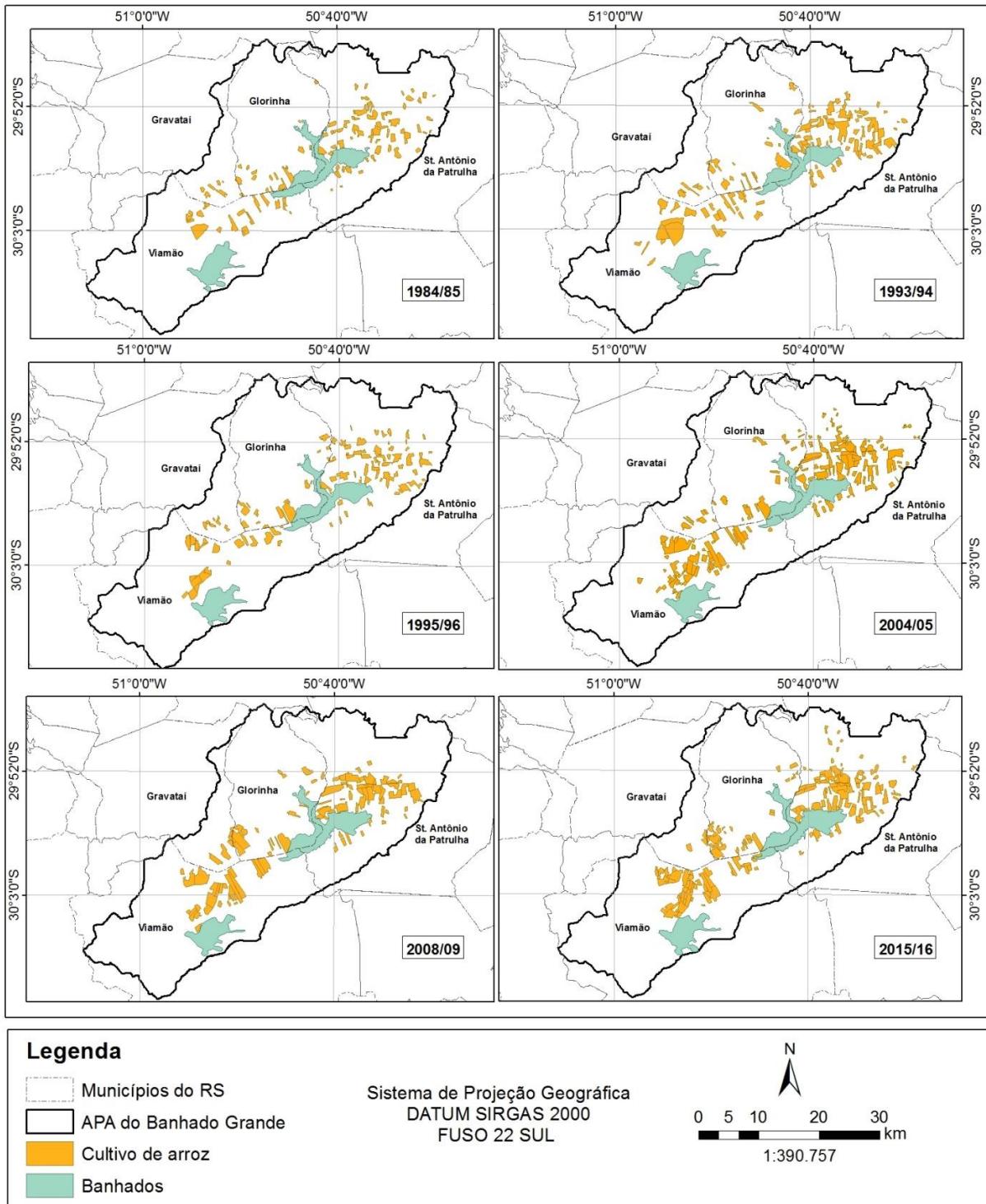


Figura 10. Mapeamento das áreas com cultivo de arroz e banhados, entre 1985 e 2016, APABG - RS.

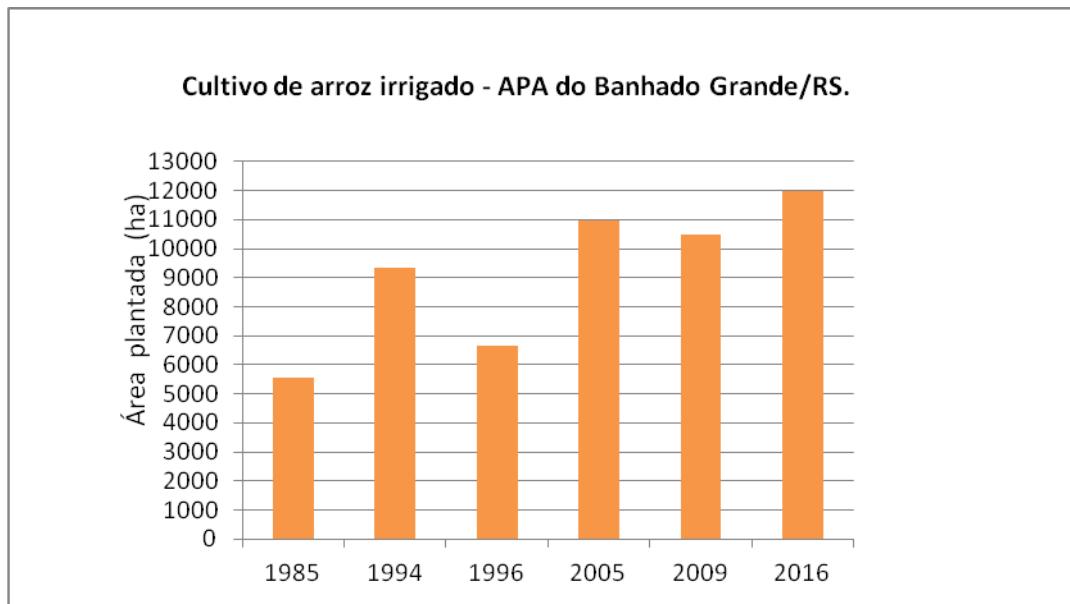


Figura 11. Quantificação das áreas com cultivo de arroz, APABG – RS.

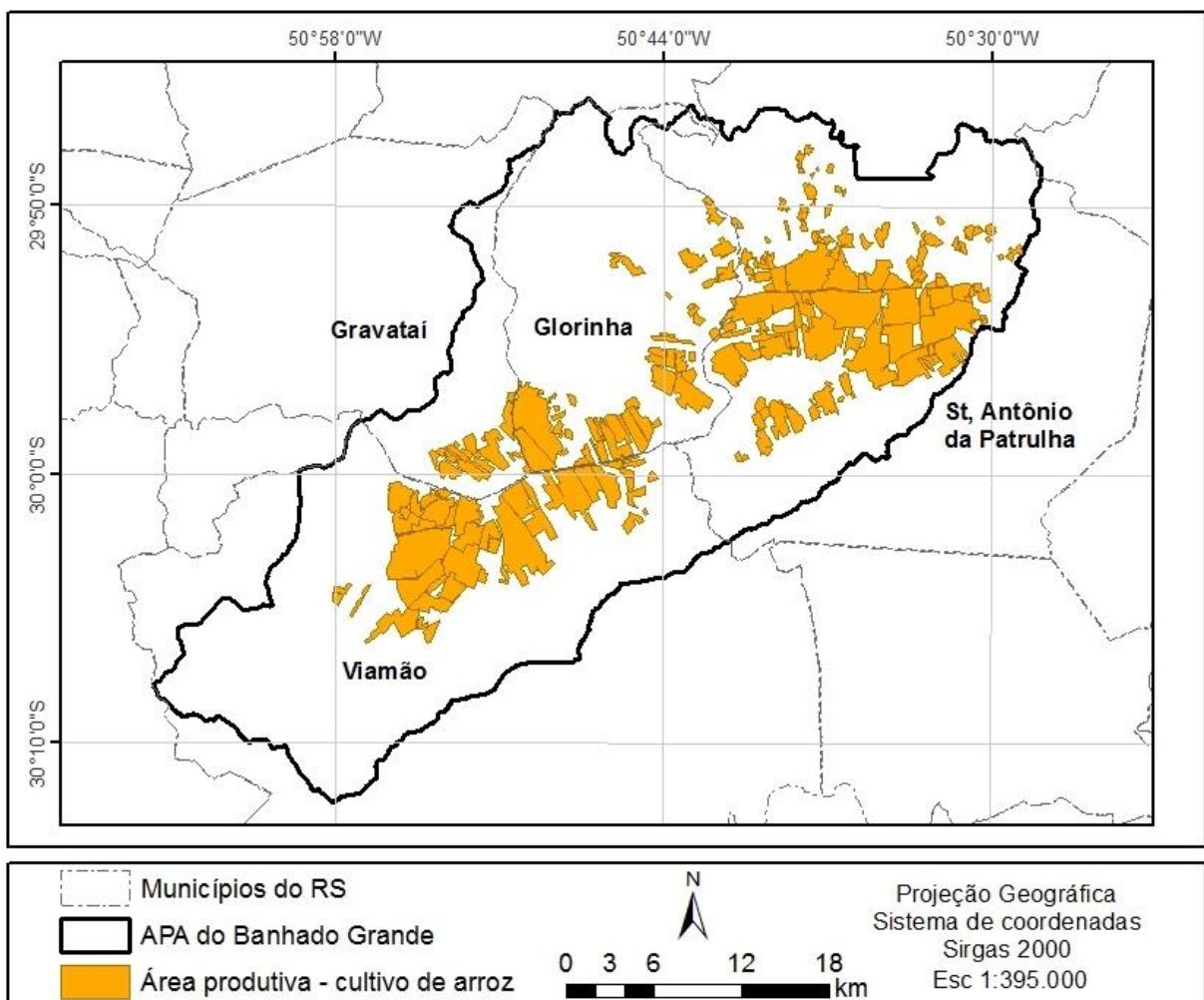


Figura 12. Área produtiva com cultivo de arroz, 1985 a 2016, APABG – RS.

A área total de arroz irrigado mapeada através das imagens do satélite Landsat aumentou, em área, cerca de duas vezes das safras de 1984/85 para a safra de 2015/16. A Figura 10 permite verificar que em todos os municípios pertencentes à APABG houve cultivo de arroz no período analisado, com destaque para os municípios de St. Antônio da Patrulha e Viamão com as maiores áreas plantadas.

A partir da série temporal de mapeamento também é possível identificar o aumento das áreas de lavouras sobre as áreas úmidas da planície de inundação do rio e próximas às áreas de banhados ao longo dos anos. A ocupação de lavouras mostra um avanço nas áreas limite do Banhado Grande, principalmente nos municípios de St. Antônio da Patrulha e Glorinha, e também o avanço das lavouras sobre as áreas de banhado.

4.2 INTERVENÇÕES NOS CURSOS HÍDRICOS DECORRENTES DAS ATIVIDADES DE IRRIGAÇÃO

4.2.1 Obra de retificação do rio Gravataí

As intervenções decorrentes das atividades agrícolas na bacia do rio Gravataí iniciaram na década de 1960, com a execução de um canal de macrodrenagem pelo extinto DNOS entre os anos de 1963 e 1969, com o objetivo de melhorar as condições de escoamento na área e a drenagem dos banhados (DNOS, 1985). Conforme Mello (1998) antes da década de 1950 considerava-se que as áreas de banhado possuíam pequeno valor, exceto se pudessem ser drenadas, aterradas ou protegidas por diques, de modo a permitir usos agrícolas, industriais, comerciais ou residenciais. Considerando o cenário de expansão agrícola da década de 1960/70, a obra de canalização do rio objetivou adequar as áreas inundadas da bacia à agricultura, embora o próprio DNOS não deixe explícito este objetivo.

Segundo IPH (2010), em 1958 o DNOS planejou um sistema de drenagem, que consistia em um canal de 35 km de comprimento em direção Leste-Oeste e que deságua no rio Gravataí. Além disso, foram planejados mais dois canais laterais para a drenagem da parte sul do banhado (banhado dos Pachecos) e para o deságue do arroio Vigário. Na Figura 13, o canal do DNOS aparece como realizado (linha cheia) e projetado (linha pontilhada), atingindo a totalidade do Banhado dos Pachecos e do Banhado Grande, chegando aos arroios Chico Lomã e Passo Grande.

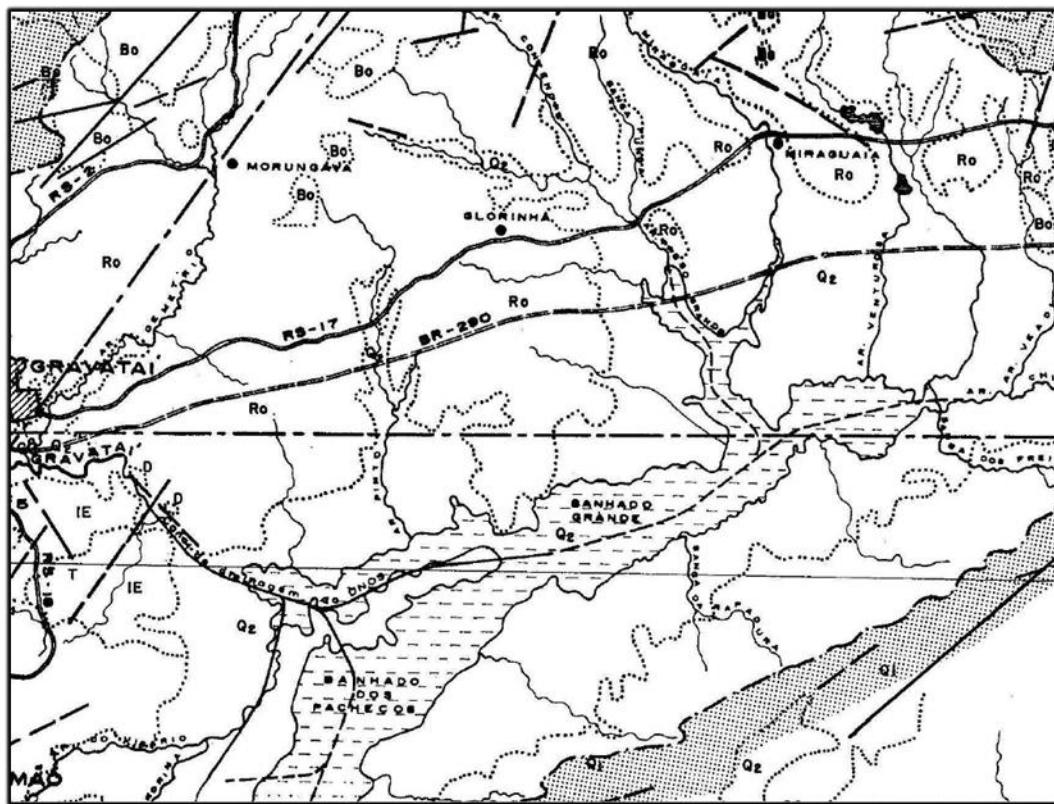


Figura 13. Traçado do canal projetado e o construído pelo DNOS na década de 1960, sobre mapa geológico. Fonte: IPH, 2010.

A Figura 14 mostra uma foto aérea da década de 1940, que ainda apresenta o traçado original do rio e sua característica meandrífica. Destaca-se, nessa foto, nas áreas mais escuras, a planície de inundação do rio Gravataí em período de cheia, e os seus meandros. E ainda que a maior parte das áreas úmidas estão conectadas pela inundação.

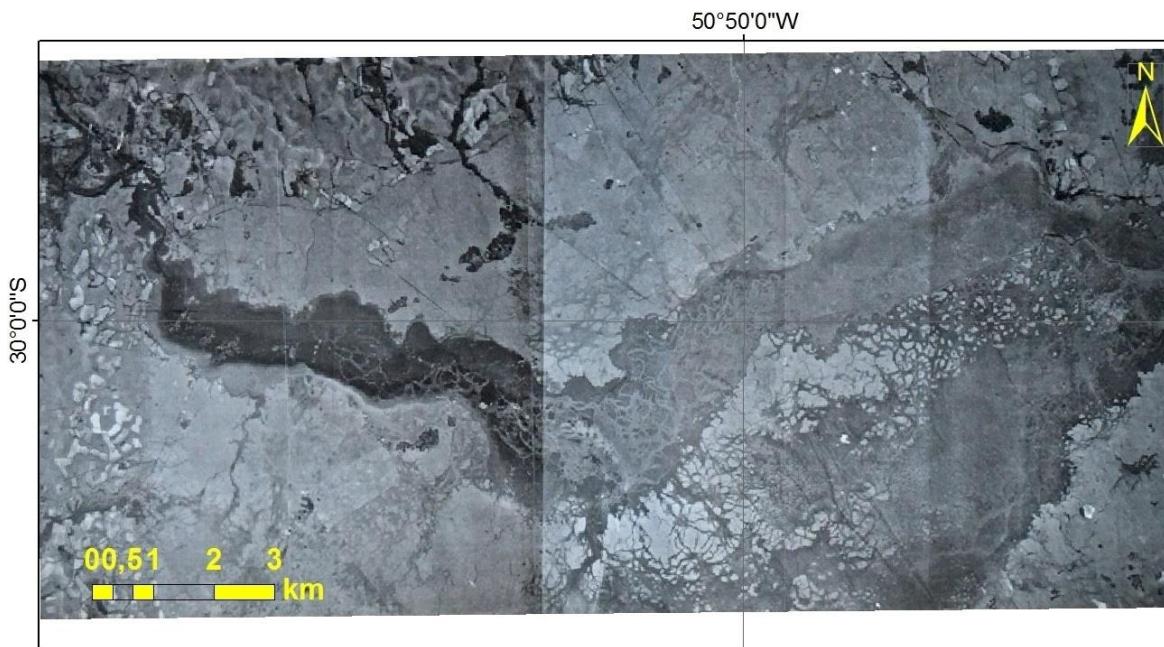


Figura 14. Foto aérea da década de 1940, anterior a abertura do canal do DNOS. Fonte: AEBA (Associação dos ex-bolsistas na Alemanha).

Após o início da obra de canalização do rio Gravataí, a abertura do canal foi interrompida posteriormente ao estudo de uma consultoria alemã (AGRAR UND HYDROTCHNICK, 1972 apud IPH, 2010). Esse estudo indicava os impactos negativos que a drenagem da área de banhados traria ao rio Gravataí, ressaltando que os canais já concluídos não eram suficientes para a drenagem do banhado com fins de aproveitamento agrícola. Destaca ainda que a ampliação do sistema de canais poderia aumentar, consideravelmente, os danos causados pelas cheias pela rápida evacuação das águas do banhado.

A Figura 15 mostra um mosaico de fotos aéreas georreferenciadas de 1975. Destaca-se a extensão parcial do trecho canalizado pelo DNOS, e a ocupação pelas lavouras de arroz.

Após a interrupção da obra planejada de canalização pelo DNOS, canais secundários foram construídos pelos produtores de arroz, ampliando o canal em direção ao banhado Grande. Considerando o final do trecho já construído, com cerca de 20 km, este trecho ampliado corresponde a 5,8 km. Ainda segundo IPH (2010), a abertura indiscriminada destes drenos alterou ainda mais o regime hídrico da bacia, pois geraram caminhos desimpedidos para o escoamento das águas. A Figura 16 mostra a evolução deste sistema de drenagem, bem

como a malha de canais construídos para irrigação das lavouras de arroz.



Figura 15. Trecho parcialmente canalizado pelo DNOS sobre mosaico de fotos aéreas de 1975. Fonte: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul.



Legenda

- Trecho do rio retificado pelo DNOS
- Prolongamento do trecho retificado

Figura 16. Trecho ampliado do canal de drenagem sobre a área do Banhado Grande. Fonte: Imagem do sensor OLI - Landsat 8, jan/2015.

4.2.2 Análise das vazões antes e pós-obra de canalização

Para entender alguns impactos decorrentes desse trecho de rio canalizado, a partir do relatório do DNOS de 1985 foram analisadas as vazões do rio com base na estação fluviométrica Passo das Canoas no período de 1940 a 1981. Segundo este relatório, intervenções nos cursos hídricos como as realizadas na bacia do Gravataí geralmente resultam em alterações no regime hídrico, no que concerne as vazões extremas: as vazões máximas aumentam, por maior facilidade de escoamento, e as vazões mínimas ficam mais frequentes, pela eliminação das áreas pantanosas que supriam as vazões durante períodos sem precipitação. Porém, esta alteração não foi observada no rio Gravataí.

Neste sentido, visando comparar estes estudos e verificar se ocorreram alterações na vazão, ocasionadas pelas obras de retificação, realizou-se a análise da série histórica dos dados de vazão anteriores à retificação do rio, compreendendo as vazões entre os anos de 1940 a 1970, e pós-retificação, compreendendo as vazões entre os anos de 1970 a 2009.

A análise dos valores máximos, mínimos e médios de vazão diária para estes dois períodos, mostra que no período após a retificação do rio Gravataí ocorreu o aumento das vazões máximas e médias e o decréscimo da vazão mínima, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios, máximos e mínimos de vazão diária.

Período	Vazão (m³/s)	Vazão (m³/s)
	1940 a 1970	1970 a 2009
Vazão diária média	19,59	32,35
Vazão diária máxima	251,61	297,50
Vazão diária mínima	6,01	4,58

O fato de a maior vazão diária registrada ocorrer no período pós-retificação está de acordo com DNOS (1985), onde as vazões máximas medidas pelo método tradicional, de barco, também foram registradas em julho de 1976, com 172 m³/s e em setembro de 1972 com 114m³/s. Já as máximas vazões anuais modeladas por curva chave foram, segundo o estudo, de 279 m³/s em maio de 1941 e de 242m³/s em agosto de 1965.

Destaca-se que os valores máximos de vazão registrados pelo DNOS foram anteriores a conclusão do canal de macrodrenagem. A vazão máxima ajustada por curva chave para a mesma estação fluviométrica observada no presente estudo foi maior que as registradas pelo DNOS e após a conclusão do canal, com 297,5m³/s.

As Figuras 17, 18 e 19 apresentam, respectivamente, a variação mensal das vazões médias, máximas e mínimas do rio Gravataí. A Figura 16 mostra que as vazões médias mensais têm uma variação considerável ao longo do ano hidrológico nos dois períodos analisados. Mostra também a tendência de aumento das vazões médias no período após a retificação do rio. A vazão média máxima, respectiva ao período pré-retificação, foi de 23,91 m³/s no mês de setembro e a vazão média mínima foi de 3,46 no mês de janeiro.

No período pós-retificação, a vazão média máxima foi de 43,15m³/s no mês agosto e a vazão média mínima foi de 6,91 no mês de janeiro. Respectivamente, para o primeiro período a amplitude entre o mês com menor vazão média (janeiro) e o mês de maior vazão média (setembro) foi de 20,45 m³/s. No segundo período, a amplitude entre o mês de menor vazão média (janeiro) e o mês de maior vazão média (agosto) foi maior, 36,24 m³/s.

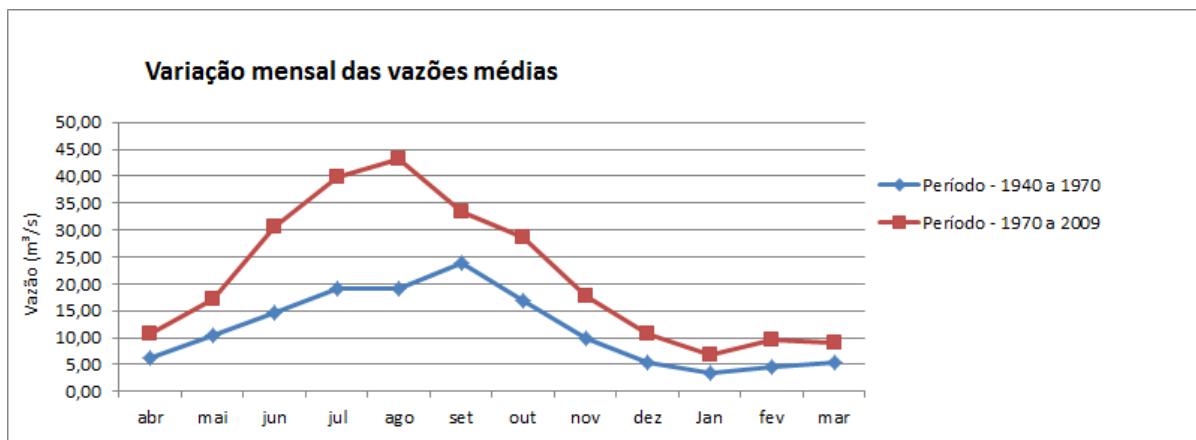


Figura 17. Variação mensal das vazões médias, antes e pós-retificação do rio Gravataí.

A Figura 18, de vazões máximas mensais, mostra também um grande aumento nos valores de vazão, principalmente entre os meses de maior precipitação na bacia (junho a outubro). A vazão máxima registrada para o período pré-retificação foi de 42,89 m³/s, no mês de setembro e a vazão mínima foi de 6,27 m³/s no mês de janeiro. No período pós-retificação, a vazão máxima registrada foi de 74,93 m³/s no mês de setembro e a mínima foi registrada no mês de janeiro, com 15m³/s. A amplitude entre o mês com menor vazão máxima (janeiro) e o mês de maior vazão máxima (setembro) foi de 36,62. Já no período pós-retificação, a amplitude entre o mês de menor vazão máxima (janeiro) e o mês de maior vazão máxima (agosto) foi maior, 59,93m³/s.

Pode-se inferir que as vazões máximas aumentaram devido a facilidade de escoamento no leito retilíneo, que proporciona o aumento da velocidade das águas. No período anterior a retificação, o leito meandrante proporcionava o amortecimento e a diminuição da velocidade.

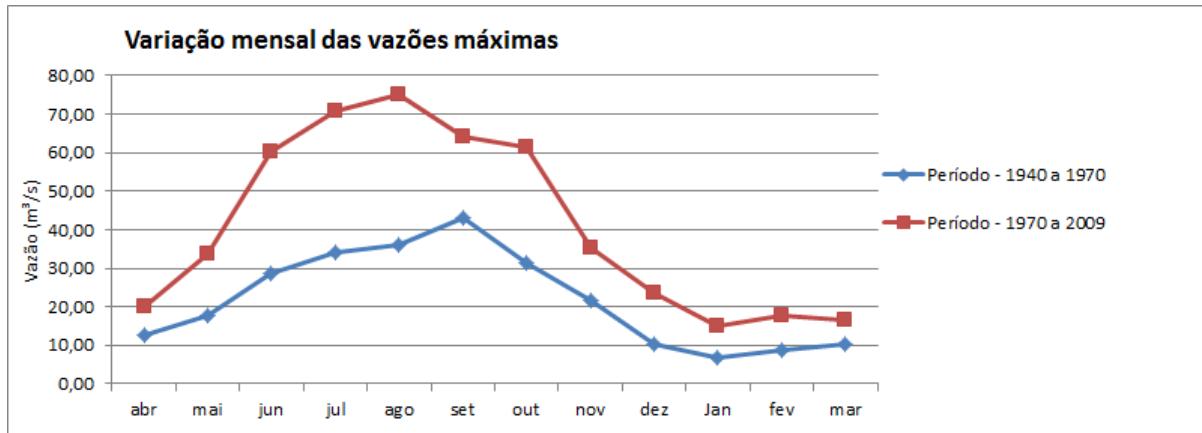


Figura 18. Variação mensal das vazões máximas, antes e pós-retificação do rio Gravataí.

A Figura 19, de vazões mínimas mensais, também mostra o aumento das vazões em relação ao período pré-retificação. A vazão mínima máxima respectiva ao período pré-retificação foi de 8,82m³/s no mês de setembro e a mínima das vazões mínimas foi de 2,27 no mês de janeiro. Já no período pós-retificação, a vazão mínima máxima foi de 20,27m³/s no mês de agosto e a mínima das vazões mínimas foi de 3,14 no mês de janeiro.

Para o primeiro período, a amplitude entre o mês com menor vazão mínima (janeiro) e o mês de maior vazão mínima (setembro) foi de 6,55m³/s. Já no período pós-retificação, a amplitude entre o mês de menor vazão mínima (janeiro) e o mês de maior vazão mínima (agosto) foi maior, 17,13m³/s.

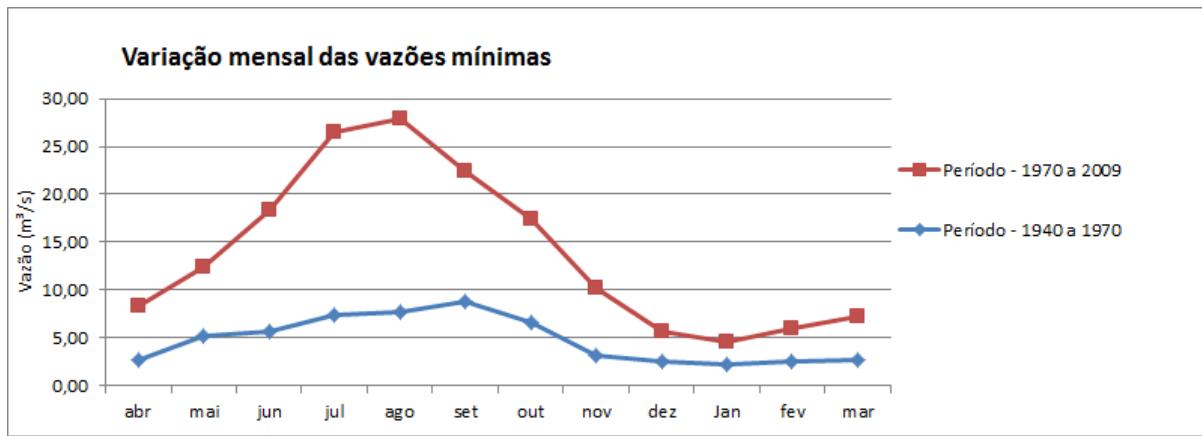


Figura 19. Variação mensal das vazões mínimas, antes e pós-retificação do rio Gravataí.

A análise do comportamento das vazões nas Figuras 17, 18 e 19 mostra, no primeiro momento, o aumento das vazões médias, máximas e mínimas no período após a retificação do rio, bem como a maior amplitude nos valores de vazão deste período. Esta tendência de aumento das vazões na bacia após a retificação do rio é consoante aos resultados encontrados por Brenner (2016), ao analisar as vazões anuais no período entre os anos de 1940 a 2009.

O aumento na velocidade do escoamento das águas também se intensifica com as grandes precipitações. Cera e Ferraz (2015) analisaram a tendência da precipitação no Rio Grande do Sul durante o período de 1940 a 2008 e seus resultados mostram uma tendência de aumento da precipitação em grande parte do Estado no período entre 1982 a 2006. Porém, para as regiões próximas a bacia do rio Gravataí, litoral e parte da região norte, as tendências foram negativas. Já Rossato (2011), ao analisar as precipitações no período de 1931 a 2007 para 11 localidades no Estado, verificou o incremento das chuvas no período entre 1970 a 1977 em quatro localidades, sendo uma delas Porto Alegre, município mais próximo à bacia do Gravataí.

Estas análises também podem contribuir com o acréscimo nos valores de vazão após os anos de 1970, visto que, de acordo com Silva e Wilson Jr (2005, p.32), “a retificação do leito de um rio implica em que para uma mesma energia potencial, o rio tenha um menor trajeto a percorrer tendo, como consequência, entre outros, aumento das velocidades”. Logo, com o aumento de energia, o rio percorre este mesmo trajeto mais rapidamente.

Destaca-se também o deslocamento do pico de maiores vazões mensais, que no período anterior à obra de retificação ocorria no mês de setembro e, após a obra, se antecipou, ocorrendo no mês de agosto em todas as vazões analisadas. Este deslocamento do pico de vazões mensais pode ter ocorrido devido ao aumento de áreas com cultivo de arroz irrigado na APA ao longo dos anos. Justamente no mês de setembro, os agricultores iniciam a atividade de preparo do solo e as inundações nas lavouras para semear o cultivo, podendo assim, a atividade de irrigação influenciar no sentido de diminuir a vazão neste mês, devido ao desvio das águas do rio para as lavouras.

4.2.3 Barramentos em cursos hídricos

A disponibilidade de água na BHRG durante o verão é limitada, na sua quantidade, como resultado das precipitações moderadas, altas taxas de evaporação, elevada demanda de água para irrigação do arroz e aumento da demanda para abastecimento doméstico e industrial; e na sua qualidade, pelo fato de que a quantidade de água remanescente resulta insuficiente para diluir a carga de poluentes transportada, derivada da atividade agropecuária, entre outras. (IPH; CPRM, 2002).

A ampliação das áreas de cultivo gerou, consequentemente, o aumento da demanda de água para irrigação, por conseguinte, o número de reservatórios de água, como barragens e açudes, também aumentou na bacia. Os reservatórios tem o objetivo de armazenar a água e

utilizá-la durante os meses de estiagens para a irrigação da rizicultura, prática amplamente utilizada pelos orizicultores no Rio Grande do Sul. A Figura 20 evidencia o aumento da quantidade de barramentos, bem como sua evolução espaço-temporal na APABG entre 1985 e 2016.

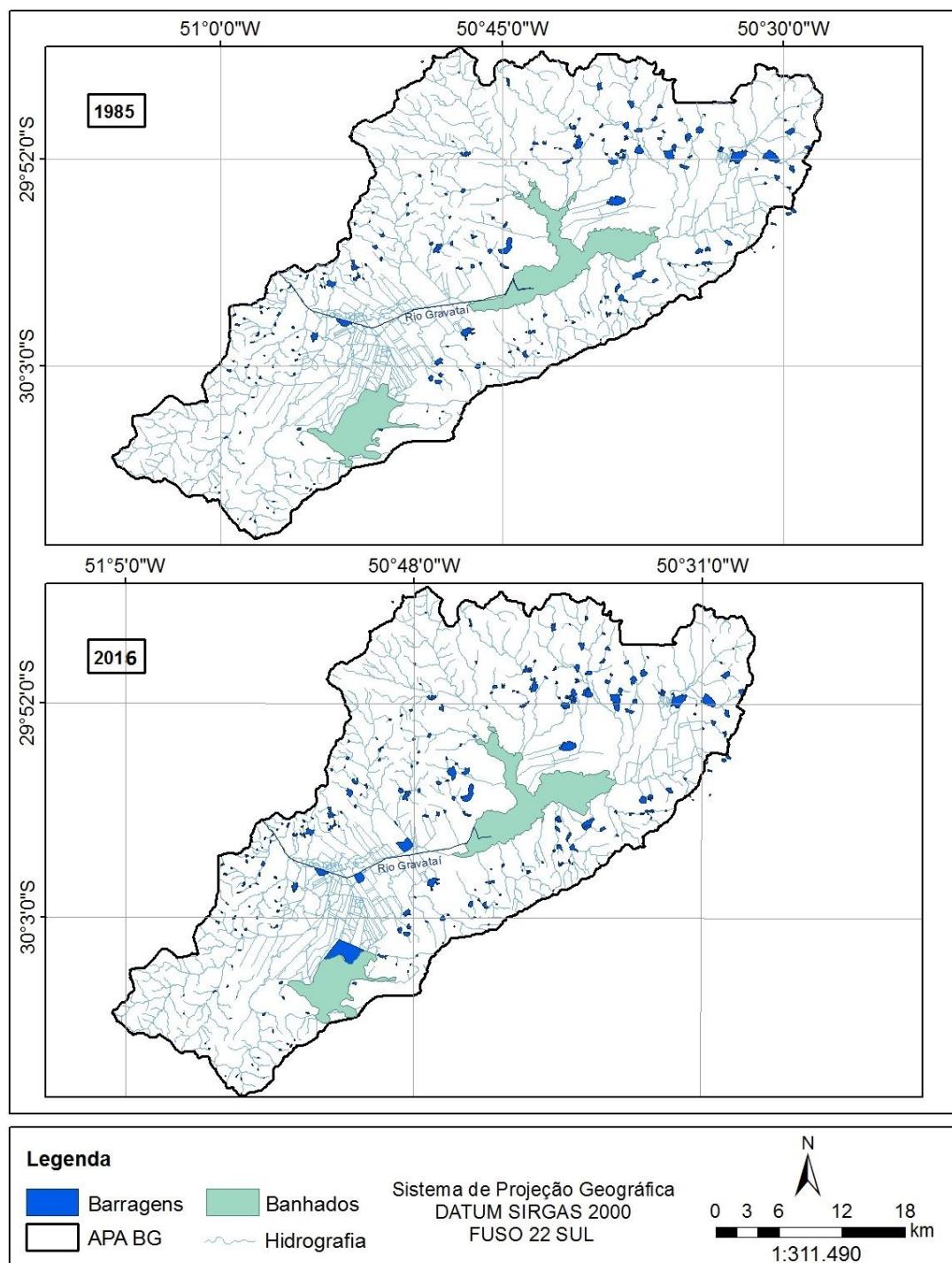


Figura 20. Evolução espaço-temporal dos barramentos nos cursos hídricos, APABG – RS.

A partir do mapeamento, foi verificado que atualmente existem 287 barragens na APABG, com áreas superficiais que variam de 0,26 ha a 449 ha, totalizando em uma área alagada com cerca de 2.374 ha. Entre os anos de 1985 a 2016 foram construídos 72 novos barramentos nos cursos hídricos na APABG, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Quantificação dos barramentos

Ano	Quantidade de barragens	Área (ha)
1985	215	1.551,35
1994	253	2.159,63
2005	267	2.207,73
2015	287	2.374,44

O maior número de barragens se concentra principalmente nas áreas mais altas da APA, sobre os cursos hídricos que alimentam o banhado Grande e próximo a planície de inundação do rio. As maiores barragens encontram-se nas áreas mais planas, próximas a planície: uma com 449 ha de superfície, construída para irrigação no assentamento Filhos de Sepé, em Viamão e, a outra, próxima ao curso principal do rio, com cerca de 113 ha.

4.3 DEMANDA DE ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO NA APABG

Na bacia do rio Gravataí, a irrigação é o uso mais importante em termos de quantidade utilizada de água. A maior demanda hídrica é no período de verão (84%), frente à demanda total, entre os meses de setembro a março. Quando analisado o consumo hídrico, esta concentração chega a 95%, Figura 21. Entende-se por demanda hídrica a quantidade de água necessária, ou que é solicitada para a execução de uma determinada atividade, representando assim, a quantidade de água que é extraída do manancial. Enquanto que o consumo hídrico é entendido como a parcela da demanda que é efetivamente utilizada (ou gasta) no desenvolvimento de determinada atividade. (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

O monitoramento das áreas agrícolas irrigadas é uma exigência da legislação ambiental Brasileira, a partir da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e define a obrigatoriedade da quantificação da demanda de água destinada para a irrigação das lavouras para os procedimentos de outorga e licenciamento ambiental. A concessão de outorga no Estado fica no encargo do Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e está condicionada às prioridades de uso e aos valores de cobrança estabelecidos nos Planos de Recursos Hídricos.

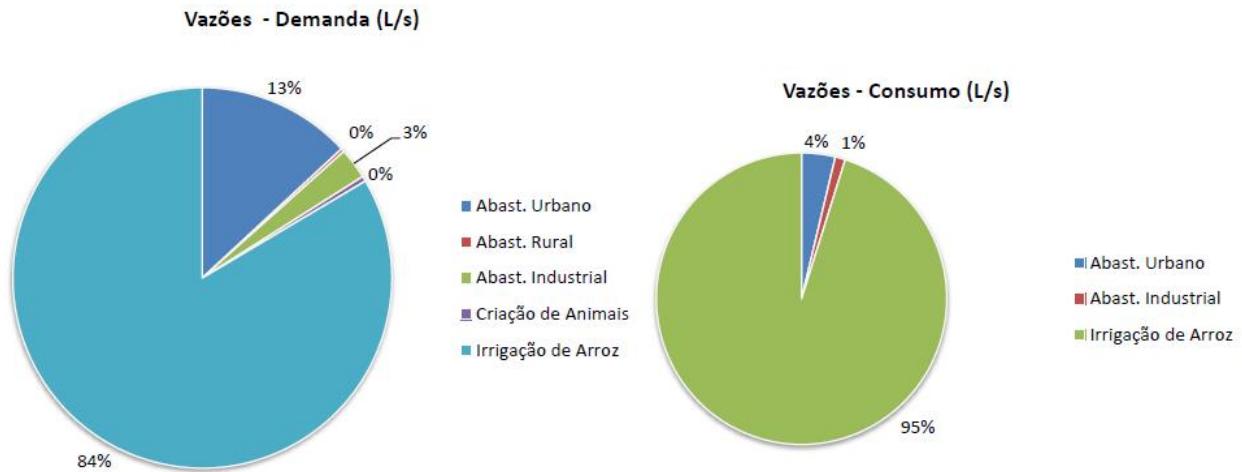


Figura 21. Representação da demanda e consumo hídrico (L/s) por setor na BHRG. Fonte: Adaptado de Rio Grande do Sul, 2012.

A estimativa da demanda de água para a irrigação na safra 2015/2016, foi realizada com base na vazão de referência de 10.000 m³/ha (1,4 L/s/ha), estimada por SOSBAI (2014). Com a metodologia utilizada, estima-se que na safra de 2015/2016 foi utilizado aproximadamente um volume de água de 119.637.910 m³/safra, com uma demanda total de 16.748,13L/s/ha, entre os municípios compreendidos pela APABG.

Tabela 3. Demanda de água para irrigação na APABG

Municípios - APABG	Cultivo de arroz irrigado Área plantada (ha)	Total do volume (m ³ /safra)	Demandada (L/s/ha)
Sto. Antônio	5.536,23	55.362.300	7.750,72
Viamão	4.435,41	44.354.410	6.209,57
Glorinha	1.765,22	17.652.200	2.471,31
Gravataí	226,09	2.269.000	316,53
Total	11.962,95	119.637.910	16.748,13

Considerando que o valor total de demanda de água por ano para irrigação da oricultura depende do manejo realizado pelos produtores, os valores máximos estimados de demanda para o cultivo podem chegar a 15.000 m³/ha/safra, de acordo com IRGA (2011). Desta forma, é possível estimar que o valor máximo da demanda para irrigação na APABG pode chegar a 142.768.260 m³/safra.

O resultado da vazão de demanda obtido de 16.748 L/s/ha está em conformidade com os dados do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Gravataí. Segundo o plano, a demanda para uso na irrigação chega a 9.646,0 L/s/ha de acordo com o banco de dados da FEPAM, enquanto que a demanda nos processos de outorgas oficiais para uso na irrigação chega a 16.143 L/s/ha.

Utilizando os dados de disponibilidade hídrica estimados pelo Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí, o volume armazenado de água na bacia, incluindo as áreas dos banhados Dos Pachecos, banhado Grande e os reservatórios, é de 212.703.480,165 m³. Assim, o total do volume de água demandado para a safra 2015/2016 (119.637.910 m³) representa 56% do volume armazenado nas represas e nos banhados. De acordo com IRGA (2016)⁴, 76% das áreas de lavoura na bacia são irrigadas com água captada nos reservatórios e 25% com captação direta no rio.

Ainda conforme o Plano de bacia, a bacia do rio Gravataí tem o balanço hídrico crítico, com o somatório das demandas para abastecimento urbano, rural, industrial, criação animal e irrigação correspondendo a 15.802,5 L/s e consumos 11.160 L/s que superam as disponibilidades da ordem de 11.000 L/s, ainda que algumas sub-bacias apresentem excedente hídrico. Neste somatório, a demanda para irrigação corresponde a 13.196 L/s para uma área irrigada de 11.401 ha na safra 2011/2012.

Tabela 4. Análise integrada de demandas. Adaptado de Rio Grande do Sul (2012).

Abastecimento (setor)	Urbano	Rural	Industrial	Criação Animal	Irrigação	TOTAL
Vazões-Demanda (L/s)	2.075,60	45,4	416,3	69,2	13.196	15.802,50
Participação (%)	13%	0%	3%	0%	84%	100%
Vazões-Consumo (L/s)	415,1	9,1	124,9	55,4	10.556	11.160,50
Participação (%)	4%	0%	1%	0%	95%	100%

Fonte: Adaptado de Rio Grande do Sul (2012).

Para uma área irrigada de 11.962,95 (safra 2015/2016) temos uma demanda de irrigação de 16.748,13 L/s/ha. A partir deste resultado, temos que o total das demandas de abastecimento para a bacia em 2016, ultrapassa 19.354,5 L/s, considerando que os valores de demandas para os outros setores correspondem aos estimados para o ano de 2011, ou seja, não atualizadas.

4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA ORIZICULTURA

Para apresentação dos impactos ambientais identificados decorrentes da produção orizícola, parte-se de uma matriz de interação que cruza as intervenções e atividades da produção orizícola com os componentes ambientais sob os quais causam impactos (recursos hídricos, biodiversidade, solos e população) e a descrição dos impactos. Os impactos identificados na matriz (Quadro 2) partem dos resultados obtidos nesta pesquisa, nas etapas 1,

⁴ IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. Caracterização técnica sobre a área de arroz na Bacia do rio Gravataí. 2016. Relatório não publicado.

2, 3 e 4, juntamente com auxílio de trabalhos de campo realizados na APABG, informações secundárias da Fundação do Meio Ambiente de Gravataí e da bibliografia consultada para o referencial teórico. Essa matriz tem uma função de comunicação, um “resumo do texto da avaliação ambiental” (LEOPOLD *et al.*, 1971).

Quadro 2. Matriz de identificação de impactos, APABG – RS

Produção orizícola, atividades e intervenções	Componentes ambientais				Descrição do Impacto
	Recursos Hídricos	Biodiversidade	Solos	População	
Expansão do cultivo					Redução e perda de função das áreas úmidas
					Supressão de formações originais de mata e campo nativo; fragmentação de habitats entre áreas úmidas
					Supressão da vegetação ciliar
Retificação do rio e canais de irrigação					Alteração na dinâmica de vazão do rio
					Modificações na dinâmica de inundação do banhado Grande afetando, consequentemente, a biota adaptada
					Desestabilização da estrutura do solo e erosão no Banhado Grande
					Redução da função de efeito esponja do banhado
					Redução do tempo de concentração de água na bacia contribui com aumento de inundações a jusante
Irrigação					Redução do tempo de concentração de água na bacia contribui com agravamento do baixo nível do rio
					Impacto positivo - lavouras inundadas apresentam características em comum com as áreas úmidas naturais
					Deriva de água do rio na estação de verão
Rotação com pastagem e produção bovina					Conflitos de demanda de água nos meses de verão
					Degradação da cobertura vegetal
					Compactação do solo e a geração de caminhos preferenciais de escoamento superficial (erosão hídrica)
Barramentos nos cursos hídricos					Potencial interferência sobre a dinâmica das áreas úmidas, afetando, consequentemente, a biota adaptada
					Potencial redução das vazões a jusante dos barramentos
Manejo inadequado de lavouras e agroquímicos					Contaminação das águas do rio com sedimentos e agrotóxicos
					Intermitênciam no abastecimento de água para a população
					Destrução da vegetação ciliar devido a aplicação de agrotóxicos, afetando também a fauna

4.4.1 Impactos sobre os recursos hídricos

A manutenção e preservação das áreas de banhado da APABG são de extrema importância para a bacia como um todo, tanto por ser nascente do rio Gravataí quanto por sua função de regular as vazões do rio.

O avanço da rizicultura sobre as áreas de banhado tem causado sua redução e perda de função, como é possível perceber na área em destaque na Figura 22. Nessa área o proprietário avançou a lavoura (talhões delimitados) sobre o banhado Grande. Este trecho do Banhado Grande, que nas safras de 1984/1985 ainda se mantinha integral, vem sendo gradativamente ocupado pelas lavouras.

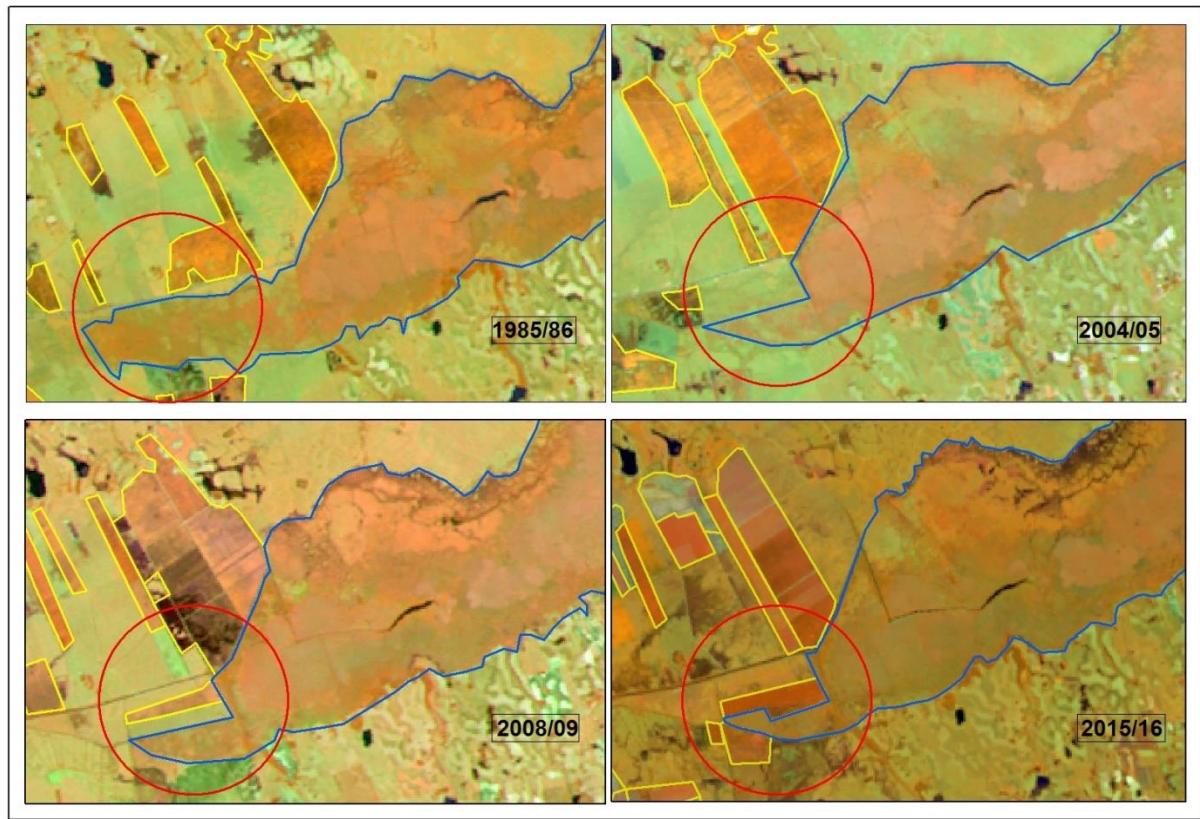


Figura 22. Sequência temporal de imagens Landsat, entre 1985 e 2016, mostra os talhões de cultivo de arroz, o limite do banhado Grande e uma área de avanço da rizicultura sobre o banhado Grande, APABG – RS.

De acordo com Burger (2000), os maiores impactos sobre os banhados e áreas úmidas costeiras são causados pela expansão agrícola. Na região Sul este é o principal problema destes ambientes, que são drenados para cultivo de arroz. O cultivo do arroz irrigado também ameaça as áreas úmidas costeiras em algumas áreas da região Sudeste (norte do Rio de

Janeiro e Espírito Santo), e na região Norte, especialmente no Maranhão. Para Carvalho e Ozório (2007), as principais ameaças para os banhados da Região Hidrográfica do Lago Guaíba são as drenagens, o cultivo de lavouras de arroz, a pastagem do gado, despejo de lixo doméstico e expansão urbana.

Guasselli *et al.* (2015) analisaram a evolução espaço-temporal das áreas de produção de arroz na Região Metropolitana de Porto Alegre visando verificar os impactos ambientais sobre as áreas úmidas entre o período de 1985 a 2009. Destacaram o aumento das áreas de lavouras orizícolas e a diminuição das áreas de banhados. Segundo o estudo, as áreas ocupadas pelo cultivo que merecem maior atenção devido aos impactos são as de transição dos banhados, principalmente por serem relacionadas com os pulsos de inundação na área da planície de inundação.

As infraestruturas de apoio aos projetos de irrigação, como reservatórios de água, retificações, canais e desvios, resultam em mudanças nas zonas afetadas. A retificação do rio Gravataí, além de diminuir as áreas úmidas na bacia, gera alterações no seu escoamento superficial evidenciadas pela análise da série histórica de vazões, onde se evidenciou o aumento da velocidade de escoamento das águas, o que reflete em grandes impactos na bacia como um todo.

Com a retificação do rio, a função de efeito “esponja” dos banhados, que consiste no amortecimento dos picos das cheias a partir da acumulação das águas e sua liberação nos períodos de estiagens, foi afetada, ocorrendo à redução do tempo de concentração das águas na bacia devido à rápida drenagem das águas acumuladas no Banhado Grande. Do mesmo modo, os canais de irrigação também contribuem para a drenagem mais rápida da na área da planície de inundação do rio.

Foi constatado o aumento da quantidade de barragens na APABG ao longo dos anos analisados, indicando que foi necessário realizar intervenções nos cursos da água para manter reservatórios para irrigação, além da disponibilidade hídrica natural. Como na APABG as barragens se concentram sobre os afluentes do rio que fluem para a planície de inundação e em direção aos banhados, os impactos potenciais, de acordo com Kingsford (2000), são respectivos as interferências destes barramentos sobre a dinâmica destas áreas úmidas, diminuindo o fluxo de água que chega até elas, prejudicando seus ciclos de inundação e a biota adaptada a estas dinâmicas.

Rosa (2009), ao analisar a influência da irrigação do arroz nas vazões naturais do rio Vacacaí, no período de 1996 a 2004, constatou que a redução das vazões ocorre devido a

efeitos combinados de enchimento dos reservatórios, evaporação e infiltração de água nos períodos que testemunham a construção das barragens, e sua utilização para fins de irrigação. A diminuição das vazões fica ainda mais crítica com a escassez de chuva característica do período de verão na região, que pode fazer com que alguns pontos do rio tenham suas vazões drasticamente diminuídas.

Ainda sobre as interferências dos barramentos e canais de irrigação, para Dias (1999) o desvio e a perda de água em função da irrigação reduzem a vazão que chega aos usuários a jusante, reduzindo o potencial de diluição e depuração de despejos, podendo aumentar os riscos de contaminação, prejudicando espécies aquáticas e gerando conflitos entre os usuários do mesmo rio.

De acordo com IRGA (2011) no sistema de plantio pré-germinado, o preparo do solo normalmente é feito sob condições de inundação. Este sistema de cultivo pode levar a problemas relacionados ao manejo de água nas lavouras, sobretudo relacionados a presença de sólidos suspensos, turbidez e nutrientes, que podem levar à paralisação das captações dos sistemas de abastecimento urbano.(RIO GRANDE DO SUL, 2012).

O manejo inadequado das lavouras em algumas propriedades na APABG com sistema pré-germinado tem gerado consequentes episódios de contaminação das águas do rio Gravataí. Durante a fase de preparo do solo para o plantio de arroz, tratores e máquinas revolvem a terra, assim, a água que entra nos talhões, volta para o rio com muito sedimento em suspensão e produtos usados nas lavouras que, associado às estiagens e baixo nível do rio, reduzem seu potencial de diluição e depuração destes despejos.

De acordo com a Fundação do Meio Ambiente de Gravataí (FMMA, 2014), esta entidade realizou avaliação da qualidade das águas, com amostras de água superficial colhidas em ponto a jusante e a montante dos lançamentos das lavouras de arroz irrigado no ano de 2013. A partir de um Relatório de Vistoria Técnica com análise destas amostras, foi comprovado o aumento nos teores de nitrogênio, sólidos totais e turbidez, alterando as propriedades físico-químicas das águas, repercutindo em impactos negativos neste ambiente.

A Tabela 5 aponta os resultados da avaliação da qualidade das águas em amostras em pontos a montante e jusante dos lançamentos da lavoura de arroz em fase de preparo, respectivamente nas coordenadas 28°58'39.10"S 50°42'42.51"O e 30°00'43.20"S 50°52'53.10", segundo o relatório de vistoria Técnica da FMMA. Os resultados estão de acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Ainda, segundo o relatório da FMMA, em outubro de 2014, durante uma atividade de fiscalização da Fundação do Meio Ambiente, foi constado novamente o lançamento de efluentes das lavouras no rio.

Tabela 5. Parâmetros investigados a montante e a jusante dos lançamentos das lavouras de arroz no Rio Gravataí em 2013. Fonte: Adaptado de FMMA, 2014.

Parâmetro	Montante	Jusante	Conama 357/05	Situação
DBO5	5	14	Até 5	Muda classe
Fósforo	0,18	0,03	0,03	-
Nitrogênio Total	0,564	2,31	-	Aumenta
OD	3,88	5,54	Não inferior a 5	-
PH	6,58	6,73	6-9	-
Sólidos Totais	70	832	-	Aumenta
Turbidez	10	124	Até 100	Altera classe

Recentemente, em outubro de 2016, técnicos da Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) identificaram alteração da qualidade da água no ponto de captação do rio Gravataí, na localidade Passo dos Negros, próximo do Complexo da GM, novamente devido ao descarte de resíduos das lavouras de arroz. De acordo com Vargas (2016), a Patrulha Ambiental da Brigada Militar, FMMA e FEPAM sobrevoou a área e constatou que, além do despejo das águas utilizadas nas lavouras, com muita terra e produtos usados na agricultura, o nível do rio Gravataí estava baixo, motivado pela falta de chuva nos meses de setembro e os primeiros dias de outubro.



Figura 23. Lançamentos dos efluentes das lavouras de arroz irrigado no Rio Gravataí. Fonte: Primeira imagem: Relatório de Vistoria da FMMA. Out, 2014. Segunda imagem: Jornal Vale 7, out, 2016.

4.4.2 Impacto sobre a biodiversidade

A partir da retificação do rio Gravataí que propiciou a expansão das áreas orizícolas na bacia, grandes áreas foram incorporadas ao sistema produtivo, ocorrendo à supressão das áreas de banhado, de formações originais de mata e espécies arbustivas e herbáceas dos campos nativos. Segundo Ecoplan Engenharia e CORSAN (1992, apud Leite, 2011), o intenso uso e ocupação antrópica do solo na região, através de lavouras, principalmente de arroz e do pastoreio, causou significativos impactos na ocorrência das formações originais de mata, campo nativo e cobertura vegetal original nas áreas alagáveis.

A sistematização das lavouras de arroz irrigado, juntamente com as edificações rurais (silos, aglomerados residências, assentamento, condomínios rurais) gerou a fragmentação dos habitats entre as áreas úmidas. De acordo com Mello (1998) o Sistema Banhado Grande formava um extenso mosaico de áreas úmidas que chegou a ocupar uma área de 450km², sendo 138km³ permanentemente alagada e que hoje se restringe a dois remanescentes isolados por extensas lavouras de arroz: o Banhado Grande (cerca de 5000 ha) e o Banhado dos Pachecos (cerca de 2000 ha).

Para Krob (2015) uma das principais ameaças sobre a espécie do Cervo do Pantanal é o declínio genético causado pelo isolamento decorrente da fragmentação de seu habitat. Mesmo dentro da população relictual, um pequeno grupo de indivíduos ocupa a área do Refúgio Banhado dos Pachecos e, supostamente, mantém-se isolado de outros indivíduos que ocupam a APA devido a barreiras antrópicas existentes entre eles.

Do mesmo modo, a diminuição do tempo de concentração de água na bacia e nas áreas úmidas influencia diretamente na dinâmica da biota. Conforme Junk *et al.* (1989) os pulsos de curta duração, geralmente imprevisíveis, ocorrem em canais de baixa ordem, ou em ambientes muito modificados pelo homem. Devido à drenagem de baixa ordem, os pulsos são breves e imprevisíveis, os organismos têm limitadas adaptações para a utilização da zona de transição aquática-terrestre; e os organismos aquáticos beneficiam-se indiretamente do transporte de recursos alimentares dentro do ambiente lótico. Inversamente, um pulso previsível de longa duração envolve adaptações e estratégias dos organismos para uma eficiente utilização dos atributos da Zona de Transição aquática terrestre.

Para Accordi *et al.* (2003), a hidrodinâmica, a dinâmica de inundações e a disponibilidade de recursos e nutrientes também são fatores que vão definir os padrões de distribuição da vegetação de macrófitas aquáticas e da fauna no Banhado dos Pachecos.

Os impactos dos barramentos relacionados à biota referem-se à transformação do sistema terrestre em aquático e a destruição da vegetação terrestre, reduzindo os espaços para a fauna. Outros impactos como a interrupção da migração de peixes, alterações na composição da ictiofauna e mortandade de peixes a jusante das barragens também podem ocorrer e são mais graves na implantação de grandes barragens. (DIAS, 1999).

A vegetação desempenha papel fundamental na proteção dos cursos d'água e do solo, em especial, as matas ciliares as margens dos corpos hídricos, que são protegidas pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº. 12.651, de 25 de maio de 2012 como Áreas de Preservação Permanentes (APPs), por possuir a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Adicionalmente, as zonas ciliares são habitat de diversas espécies nativas da fauna e da flora, além de servir como corredores e abrigo para diversas outras espécies.

Durante um trabalho de campo no rio Gravataí, em 22 de janeiro de 2015, foi constatado a destruição da vegetação ciliar devido à aplicação aérea de herbicidas no limite de uma propriedade orizícola com o canal do rio Gravataí, no município de Viamão. Segundo FMMA (2014), esta situação já havia sido verificada em 27 de outubro de 2014 a partir da vistoria realizada por esta fundação, que constatou que o trecho de vegetação destruída possuía 660 metros de extensão em ambas as margens do canal e estas ocupavam apenas, entre 15 e 23 metros de largura. A Figura 24 mostra a situação do trecho de mata ciliar atingida em outubro de 2014, totalmente seca, e em janeiro de 2015, iniciando sua recomposição.



Figura 24. Vista da vegetação destruída pelos agrotóxicos em ambas as margens do canal do rio. A primeira imagem corresponde a situação constatada pela FMMA em 2014 e a segunda imagem corresponde a situação constatada em trabalho de campo, em janeiro de 2015.

Também foram registrados mais de 50 ninhos no trecho atingido pela destruição da vegetação pelos agrotóxicos. Ninhos de João de Barro (*Furnarius rufus*) foram os mais atingidos, identificando-se outras formações de espécies diferentes, Figura 25.



Figura 25. Ninho atingido por aplicação aérea de herbicida. Fonte: FMMA, 2014.

O fato de os agricultores levarem suas lavouras até a borda do canal do rio Gravataí deixando, as margens desprovidas de vegetação, auxiliou no solapamento destas em vários trechos. Atualmente as APPs estão sendo preservadas devido ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) obrigatório para todos os imóveis rurais e pela restauração do corredor ecológico, acordado com o ministério publico (IRGA, 2016). Porém, durante outro trabalho de campo em 21 de julho de 2016, foi verificado um trecho do canal ainda sem vegetação em APP marginal e erosão de suas margens no município de Glorinha, mais precisamente, nas coordenadas geográficas 29°59'22.85"S 50°45'41.67"O, Figura 26.



Figura 26. Trecho do canal do rio Gravataí onde foi verificada falta de vegetação em APP e erosão das margens. Foto: Tássia Belloli

Apesar dos impactos negativos sobre a biodiversidade gerados pelo mau manejo e a sistematização das lavouras, a orizicultura irrigada é o cultivo que mantém as áreas da APABG mais próximas de suas características originais, por manter grandes áreas inundadas na maior parte do ciclo do cultivo.

Rolon e Maltchik (2010), ao analisar as práticas de gestão de campos de arroz após a colheita, com classes de campos inundados e secos, verificaram que ocorre diferença na composição de espécies entre os campos de arroz irrigado e secos em termos de conservação da biodiversidade. Os autores sugerem que se os produtores de arroz puderem manter parte de suas terras agrícolas inundadas durante a fase de pousio, esta prática de gestão poderia ser uma estratégia importante para a conservação da biodiversidade em áreas onde as zonas úmidas naturais foram convertidas em campos de arroz.

4.4.3 Impacto sobre os solos

Segundo IRGA (2011) os impactos para o solo a partir da orizicultura podem ser observados nas suas características químicas, físicas e/ou biológicas. A estrutura do solo é normalmente alterada pelos tipos de preparo prévio à semeadura. O revolvimento anual de outono ou de primavera causa a desestruturação do solo. O preparo do solo com a lâmina de

água, típica de sistema pré-germinado, intensifica esse processo. Embora haja a ruptura física do solo, não há impacto negativo se não houver a perda de solo por erosão.

Etchelar (2014) verificou que o canal para irrigação aberto pelos rizicultores na região limítrofe entre as áreas das lavouras e o Banhado Grande, demonstra ter alterado a vazão do banhado. Com o aumento da drenagem hídrica desta área do banhado, onde ocorre o processo erosivo, a dinâmica de inundação e vegetação deste local foi prejudicada, ocorrendo a desestabilização da estrutura do solo e a possibilidade da conversão da vegetação característica de banhado por pastagens. Nessas áreas vem ocorrendo na última década um processo erosivo acelerado, levando a uma perda significativa de solo e o consequente processo de voçorocamento, Figura 27.



Figura 27. Segmento de maior alargamento da voçoroca no banhado Grande. Foto: Cecilia Balsamo Etchelar. Data: 17 de maio de 2014.

Pelo fato da oricultura no estado ser tradicionalmente conduzida em rotação com pastagem, o pisoteio do gado também contribui com os processos erosivos a partir da degradação da cobertura vegetal, compactação do solo e a geração de caminhos preferenciais de escoamento superficial (erosão hídrica).

Na APABG o gado tem contribuído com o aumento das voçorocas já instituídas, ao dessedentar-se no fluxo de água das voçorocas, como é possível perceber na Figura 28. Em

trabalho de campo foi observado, ainda, a permanência do manejo do gado a partir do muitos excrementos próximos às áreas de erosão, além de vários locais com vegetação amassada, o que não era verificado com tanta intensidade nos trabalhos de campo anteriores.



Figura 28. Presença da produção bovina na área do Banhado Grande e o impacto gerado pelas trilhas do gado. Foto: Respectivamente, 1º imagem - Cecilia Balsamo Etchelar (Julho de 2013). 2º e 3º imagem - Tássia Belloli (Julho de 2016).

4.4.4 Impacto sobre a população

A redução do tempo de concentração das águas na bacia devido à rápida drenagem das águas acumuladas no Banhado Grande contribui para as grandes inundações urbanas que atingem anualmente as populações a jusante do rio e para o agravamento dos baixos níveis e escassez de água nos períodos de estiagens. O balanço hídrico crítico da bacia, tem gerado episódios de escassez e conflitos de demanda, nos meses de verão. A Figura 29 é uma foto de janeiro de 2005, quando o Governo do Estado decretou situação de emergência para toda a área da bacia do rio Gravataí. De acordo com a Revista Evidência (2013):

Em 2005, a situação estava tão crítica que, não muito longe do centro de Gravataí, era possível atravessar o Rio a pé, sem molhar os pés. A água escassa foi parar nas manchetes dos grandes jornais, que denunciavam o lixo depositado no manancial e as práticas adotadas pelos arrozeiros de captação da água para as plantações. O Ministério Público interveio, evitando o desabastecimento da região. (REVISTA EVIDÊNCIA, 2013, on-line)⁵.



Figura 29. Leito do canal do rio Gravataí em período de grave estiagem. Foto: APNG Vale do Gravataí.

⁵ <http://www.revistaevidencia.com.br/artigos/edicao-1728408/182-cap6935.html>

Como medidas urgentes e de prevenção, várias resoluções já foram aprovadas pelo Conselho de Recursos Hídricos do Estado acordando sobre a retirada de água na bacia do rio Gravataí e a definição do nível de alerta ou nível mínimo operacional para ser considerado o desencadeamento de ações destinadas a evitar problemas com o abastecimento das populações. (RESOLUÇÕES N.º 42/07 de dezembro de 2007; N.º 49/2008 de outubro de 2008; N.º 136 de novembro de 2013; N.º 177/2015 de setembro de 2015).

A resolução 177/2015, mais recente, acorda que o nível de alerta equivale a 1,00m (um metro) acima do crivo da bomba de captação da CORSAN no município de Alvorada, considerando a condição prevista de escassez de água na bacia hidrográfica do rio Gravataí, a necessidade de compatibilizar todos os usos da água garantindo a prioridade ao abastecimento público e a possibilidade de comprometimento do abastecimento das populações devido aos baixos níveis da água verificados nas captações da CORSAN nos municípios de Alvorada e Gravataí.

Segundo Rio Grande do Sul (2012) eventualmente pode haver a destinação da água captada no Arroio das Garças para a cidade de Gravataí, conforme informação da CORSAN, ainda que esta alternativa não esteja identificada no Atlas da ANA. Esta alternativa entra em operação quando há problemas com a captação no rio Gravataí. No verão de 2011 (entre os meses de janeiro e abril) a CORSAN operou parcialmente desta forma.

O episódio de alteração da qualidade da água devido ao descarte de resíduos das lavouras de arroz no rio, que ocorreu em outubro de 2016, próximo a estação de captação de água da CORSAN, em Passo dos Negros, causou intermitência no abastecimento em 48 bairros do município de Gravataí durante dois dias. A quantidade de água bombeada para a estação de tratamento foi diminuída de 500 para 250 litros por segundo. (VARGAS, 2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Existe uma série de manuais, orientações, instruções e incentivos aos agricultores quanto às boas práticas agrícolas na oricultura irrigada, fomentadas por entidades como IRGA e SOSBAI, entre outras. Essas orientações vão desde a escolha da área, culturas para rotação, sistematização das lavouras, manejo da água e práticas a serem evitadas. Entretanto, mesmo com instruções e métodos que visam diminuir os impactos da produção, na APABG tem ocorrido episódios de contaminação dos recursos hídricos por lançamentos de efluentes das lavouras, chegando a causar intermitência no abastecimento para a população.

Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, trabalhos de campo e informações secundárias, permitiram identificar transformações na paisagem e nos recursos naturais decorrentes da adequação da área para a ocupação e expansão do cultivo.

Por meio da análise espaço-temporal e quantificação das áreas orizícolas, observou-se que a área cultivada com arroz na APABG passou de 5.536 ha na safra de 1984/85 para 11.962 ha na safra de 2015/16, evidenciando um aumento de mais de 116%. Destaca-se que o cultivo de arroz vem avançando sobre as áreas de banhado e ocupando suas áreas limítrofes.

A partir da análise das áreas de cultivo de arroz foi possível identificar uma série de impactos. A ampliação das áreas de cultivo gerou, consequentemente, o aumento da demanda de água para irrigação, influenciando na construção de 72 novos reservatórios entre os anos de 1985 a 2015, a partir de barramentos nos cursos hídricos. A maior demanda de água na bacia se dá para irrigação, com consumo hídrico que ultrapassa as disponibilidades da bacia, configurando-se um balanço hídrico crítico e conflitos de demanda entre os setores em períodos que coincidem a ocorrência de estiagens e a irrigação da cultura.

A análise dos valores de vazão do rio Gravataí para os períodos pré-retificação (1940 a 1970) e pós-retificação (1970 a 2009), demonstra a redução do tempo de concentração das águas na bacia, evidenciando que a canalização do rio Gravataí afetou o seu regime. Afetou também a função e a dinâmica de inundação do banhado Grande. Trouxe consequências para a biota adaptada a essa dinâmica e, em longo prazo, para a população da bacia, contribuindo para o agravamento das estiagens e inundações a jusante. Com a dinâmica local comprometida, também vem ocorrendo um processo erosivo acelerado no banhado Grande.

A partir dos impactos identificados, pode-se inferir que a ocorrência destes não são compatíveis com os objetivos de conservação mencionados no decreto de criação da APABG, bem como com as Áreas Prioritárias de Conservação e a Reserva da Biosfera.

A persistência destes impactos indica a necessidade de ações da esfera pública em prol da proteção do Sistema Banhado Grande, de suas funções e do bem estar da população residente na área da bacia. Indica também a necessidade de ações conjuntas, entre os orizicultores e os órgãos ambientais, quanto às práticas agrícolas e de gestão nas lavouras visando o menor impacto possível sobre este sistema.

6. REFERENCIAS

- ACCORDI, I. A.; HARTZ, S. M.; OHLWEILER, A. O sistema Banhado Grande como uma área úmida de importância internacional. In: II Simpósio de Áreas Protegidas—conservação no âmbito do Cone Sul. 2003. Pelotas. **Anais**. p. 56-63, 2003.
- ACOSTA, S. P. **Estimativa do consumo de água em lavoura orizícola com o uso do modelo Pluvio- hidrométrico – MOPH.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). 89f. Universidade Federal de Santa Maria. 2004.
- AGEITEC. Agencia Embrapa de Informação e Tecnologia. Sistema de Cultivo – Arroz. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000g1wcnzza02wx5ok0ha2lipwbee146.html>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- BARRIGOSSI, J. A et al. Agrotóxicos no cultivo do arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo. **Circular Técnica**: EMBRAPA, Goiás, 2004.
- BOTANA, I. M; VERÓNICA, P.S. Conflictos ambientales en los esteros del Iberá. El caso de la pérdida de humedales generada por la producción arroceras. **Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL, P. 1-12. Costa Rica. II Semestre 2011.
- BRASIL, Lei Federal nº 9.985. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 2000.
- BRASIL. Portaria Nº 09, de 23 de janeiro de 2007. **Estabelece áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Diário Oficial da União. Brasilia. Nº 17. MMA. Ministério do Meio Ambiente.
- BRENNER, V.C. **Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do rio Gravataí – RS**. Porto Alegre. 2016. 94.f. Dissertação (Mestrado em Geociencias). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia.
- BURGER, M. I. Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira. 2010. Disponível em: <http://anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/sismica_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/Banhados.pdf>. Acesso em: 05 set . 2010.
- CARVALHO, A. B. P; OZORIO, C. P. Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 2, p. p. 83-95, 2007. Disponível em <<http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/171>>. Acesso em: 17 julho. 2016.
- CERA, J.C; FERRAZ, S.E.T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, P. 81 – 88. 2015.
- COSTA, M. V.; CHAVES, P. S. V.; OLIVEIRA, F. C. Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. In: Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2005, p. 1-15. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2005/resumos/r0005-1.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISAS EM RECURSOS MINERAIS. Mapa litológico. **Georref.** Disponível em: <http://geobank.cprm.gov.br/>. Acesso em: 07 ago. 2016

DAL SOGLIO, F. A crise ambiental planetária, a agricultura e o desenvolvimento. In: DAL SOGLIO, Fábio; KUBO, Rumi Regina. **Agricultura e sustentabilidade**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

DIAS, M. (Coord). **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. EMBRAPA Solos. 297 p. Banco do Nordeste. Fortaleza. 1999.

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. 450 p.

DNOS. Departamento Nacional de Obras de Saneamento (1985b). **Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do rio Gravataí**. Projeto de coordenação técnica Brasil-Alemanha. Estudos integrados de bacias hidrográficas, v.2. 334p.

EMBRAPA Clima Temperado. Cultivo do arroz irrigado no Brasil. 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 15 set. 2016.

ETCHELAR, C. B. **Análise do processo erosivo no banhado grande, município de Glorinha-RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). 2014. 72f. Instituto de Geociências. Curso de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

FARSUL. Federação da agricultura do Rio Grande do Sul. **Relatório econômico 2015 e perspectivas para 2016**. Disponível em: <http://federarroz.com.br/pdf/balanco2015_proj2016.pdf>. Acesso em: 02 set. 2016.

FMMA. Fundação Municipal do Meio Ambiente de Gravataí. **Relatório de Vistoria. Rio Gravataí, trecho médio superior**. 2014. Relatório não publicado.

FRANTZ, D.G; CLOVIS, C.C; ROBERTO,V; MARY ANNE, T.G. Caracterização de ambientes paludais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul em imagens orbitais TM Landsat 5. 1990. Disponível em:<<http://bibdigital.sid.inpe.br/rep-/dpi.inpe.br/marte@80/2008/08.18.14.23>

desenvolvimento_sustenta.pdf> Acesso em: 04 ago. 2011.

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

_____ ; BELLOLI, T.F; ETCHELAR, C.B. Questões ambientais associadas a produção de arroz, Região Metropolitana de Porto Alegre. In: GUASSELLI, L.A; MEDEIROS, R.M.V (org). **Impactos da produção de arroz na Região Metropolitana de Porto Alegre. Análise territorial e ambiental**. Porto Alegre. Imprensa Livre. p. 53-72, 2015.

HASENACK, H.; WEBER, E.(org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala

1:50.000. **Georref.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisas agropecuárias. 2ed. Rio de Janeiro. 2002. 92p (Séries relatórios metodológicos). Disponível em<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/>>. Acesso em 09 jun. 2014.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Categorias de unidades de conservação. Disponível em<<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/categorias>>. Acesso em 02 set. 2016

IPH. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2010. Estudo do Processo Erosivo em Área de Banhado na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sga/SGA/material-de-apoio/textos/textos-apoio/links/relatorio_IPH.pdf>. Acesso: em 02 mai. 2016.

_____. **Identificação das alternativas possíveis e prováveis para regularização das vazões do Rio Gravataí:** Relatório Final. Porto Alegre: IPH/CPRM, 2002. 207 p.

IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. **Caracterização técnica sobre a área de arroz na Bacia do rio Gravataí.** 2016. Relatório não publicado.

_____. Manual de boas práticas agrícolas. Guia para sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. IRGA, 2011. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140724115015os_1103_boas_praticas_agricolas.pdf>. Acesso em: 07 set. 2016.

JUNK, W et al. Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. Cuiabá: CPP/INAU, 2012. Disponível em <<http://www.cppantanal.org.br/wp-content/uploads/2015/06/14-12-2012.pdf>>. Acesso em 02 ago. 2016.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. ; SPARKS, R.E., 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: D.P. Dodge (Ed) Proceedings of the International Large River Symposium. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 106. 110-127 pp.

KINGSFORD, R.T. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia. **Austral Ecology**, v. 25, n. 2, p. 109-127, 2000. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1442-9993.2000.01036.x/full>. Acesso em: 11 mai. 2016

KIRCHHOF, S. Debate sobre a bacia do rio Gravataí fortalece diálogo entre entidades e produtores. **IRGA. Notícias.** Disponível em:<<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/6661/debate-sobre-a-bacia-do-rio-gravatai-fortalece-dialogo-entre-entidades-e-produtores>>. Acesso em 24 nov. 2016.

KLERING .E. V. Avaliação do uso de imagens MODIS na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. 2007. 131f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007.

KROB, A. J. D. 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. **Anais.** VIII CBUC - Trabalhos Técnicos 2015. Disponível em: <http://pwweb2.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/curicaca/usu_doc/trabalho_corredor_cervo_cbuc.pdf>. Acesso em 14 nov. 2016.

LEITE, M.G. **Análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação no Banhado Grande, Bacia Hidrográfica do rio Gravataí, RS.** 2011. 96f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio grande do Sul. Porto Alegre. 2011.

LEOPOLD, L. B; CLARCK, F. E; HANSHAW, B. B; HANSHAW, J. R. **A Procedure for Evaluating Environmental Impact.** U. S. Geological Survey Circular. 1971. V.645. Washington 1971. Disponível em <https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&q=leopold+et+al+1971>. Acesso em 25 set. 2016.

LINO, C.F; DIAS, H e ALBUQUERQUE, J.L. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: revisão e atualização dos limites e zoneamento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica em base cartográfica digitalizada.** Fase VI. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 2009. Disponível em <http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/caderno_38.pdf>. Acesso em 12 set. 2016.

LORENSI, R. P. **Automonitoramento dos Recursos Hídricos em Lavouras Orizícolas.** 2008. 90f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.

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

MERTZ, M. M et al. **Agricultura na região metropolitana de Porto Alegre - Aspectos históricos e contemporâneos.** Org. Miguel, A. L.; Grando Z. M. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2002. 157p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Categorias de Unidades de Conservação. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao>>. Acesso em 02 set. 2016.

MORI, C.; LANZER, E. A. Identificação de potencialidades de redução de custos e impactos ambientais no cultivo de arroz. **Anais.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art528.pdf>. Acesso em: 25 set 2016.

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

ORTIS, J. L. Análise da transformação do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Geociências**, UNESP, São Paulo. v. 24, n. 1, p. 77-89, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/68612>>. Acesso em: 26 set. 2016.

PÁDUA, M. T. J. Do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In: MEDEIROS, R.; ARAÚJO, F. F. S. (org.). **Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro.** Brasília: MMA, p. 21-36, 2011.

Prefeitura de Gravataí implanta rodízio na água destinada a lavouras de arroz. **Zero hora**, Porto Alegre, 01 jan. 2012. Notícias. Disponível em: <<http://am.zerohora.com.br/amp/3626692/prefeitura-de-gravatai-implanta-rodizio-na-agua-destinada-a-lavouras-de-arroz>>. Acesso em 27 set. 2016.

PRESA, J.B. Políticas Públicas e o Incentivo a Rizicultura Irrigada no Sul de Santa Catarina: O que foi o PROVÁRZEAS e suas implicações no meio ambiente (Parte 1). 2010. Disponível em: <

http://www.historiaehistoria.com.br/materia.cfm?tb=alunos&ID=340#_ftn1_. Acesso em: 01 nov. 2016.

PROTEGER. Programa Técnico Para o gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre. Geomorfologia da Bacia do rio Gravataí. Série Cartas Temáticas. Porto Alegre. Vol.1. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/Bacia_Gravatai/Referencias/Proteger_Bacia_Gravatai_1_Geomorfologia.pdf>. Acesso em 11 ago. 2016.

RAMSAR. The Ramsar Library. **Information sheet on Ramsar Wetlands.** Gland: The Ramsar Convention, 2013. Disponível em: <<http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

RELATÓRIO TÉCNICO. Monitoramento das culturas de arroz no Estado do Rio Grande do Sul. Contrato de Cooperação Técnica. UFRGS; CEPSRM; FEPAM. 2008. Relatório Não Publicado.

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.** Palácio do Piratini. Porto Alegre. 23 out. 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. Relatório Final. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. 2012.

Rio Gravataí: histórias, conflitos e esperanças. **Revista Evidencia**, Gravataí, 2013. Artigo. Disponível em: <http://www.revistaevicia.com.br/artigos/edicao-1728408/182-capa6935.html>. Acesso em: 27 set. 2016.

RODRIGUES, A. S (Org). **As condicionantes da sustentabilidade agrícola em uma Área de Proteção Ambiental - A APA de Guarapuava.** Curitiba: IAPAR, 2005. 203p.

RODRIGUES, G. S; IRIAS, L. J. M. Considerações sobre os Impactos Ambientais da Agricultura Irrigada. EMBRAPA. **7º Circular Técnica.** Jaguariúna. São Paulo. 2004. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/circular_7ID-cKH03Ez46o.pdf. Acesso em 24 set. 2016.

ROLOM, A. S. Áreas úmidas artificiais. As lavouras de arroz no Rio Grande do Sul. **Revista do instituto Humanitas Unissinos.** Ano XIII. Disponível em: <http://www.ihuonline.unisinos.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5294&secao=433>. Acesso em 25 set. 2016.

ROLOM, A. S; L. MALTCHIK. Does flooding of rice fields after cultivation contribute to wetland plant conservation in southern Brazil? **Applied Vegetation Science** . Vol 13. P. 26-35. 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1654-109X.2009.01046.x/full>>. Acesso em 25 set. 2016.

ROSA, A. L. D. **Influência da irrigação do arroz nas vazões naturais da bacia do rio Vacacaí.** 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Centro de Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Santa Maria. 2009.

ROSSATO, M.S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia.** 2011. 240f. Tese. (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

ROSSO, J. C. Avaliação do consumo de água em lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado nas condições climáticas do sul catarinense. 2007. Dissertação. (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, Brasil, 2007.

ROVERE, E. L. L. Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas – metodologia de avaliação de impacto ambiental. Brasília: IBAMA, 2001. Disponível em:
<http://www.fag.edu.br/professores/praraudo/EAIA/metodologia%20de%20AIA.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2º Ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2013. 583p.

SEMA. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Banhado dos Pachecos está Implementado. Disponível em:
http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=4&cod_conteudo=2954. Acesso em 03 nov.2016

SILVA, R.C.V; WILSON JR, G. Hidráulica Fluvial. v. II. Rio Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil.** 2014. Disponível em:
http://www.irga.rs.gov.br/upload/20141205095320recomendacoes_tecnicas_sosbai_2014.pdf. Acesso em: 20 jul. 2016.

SOUSA, N. O. M, et al. Dez anos de história: avanços e desafios do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. In: MEDEIROS, R.; ARAÚJO, F. F. S. (org.). **Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro.** Brasília: MMA, p. 7-20, 2011.
Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

TEIXEIRA, M. B.; COURAS NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. R. L.(1986) Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo Fitogeográfico. In: RADAMBRASIL, v. 33. Folha SH.22, Porto Alegre e parte das folhas SH.21, Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24027.pdf>>. Acesso em 20 jan.2016.

TOLEDO, L. G et al. Impacto Ambiental da Cultura do Arroz Irrigado com Uso de Índice de Qualidade de Água (IQA) In: **Comunicado técnico** – Embrapa. Jaguariúna, SP, Novembro, 2002. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado_08.pdf>. Acesso em: 25 set 2016.

VARGAS, K. Redução no abastecimento não é o único problema. Baixa no nível, também atinge o rio Gravataí. **Jornal Vale 7.** Vale do Gravataí. 10 out. 2016. Disponível em: <<http://vale7.com.br/2016/10/rio-gravatai/>>. Acesso em: 13 out. 2016.

VILWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. (1995). **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.