

Roberto Verdum / Luis Alberto Basso / Dirce Maria Antunes Suertegaray

Organizadores

Rio Grande do Sul



Paisagens e Territórios em Transformação

Rio Grande do Sul

Paisagens e Territórios em Transformação



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL

Reitor

Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor e Pró-Reitor
de Coordenação Acadêmica
Rui Vicente Oppermann

EDITORA DA UFRGS

Diretora

Sara Viola Rodrigues

Conselho Editorial

Alexandre Ricardo dos Santos

Carlos Alberto Steil

Lavinia Schüler Faccini

Mara Cristina de Matos Rodrigues

Maria do Rocio Fontoura Teixeira

Rejane Maria Ribeiro Teixeira

Rosa Nívea Pedroso

Sergio Antonio Carlos

Sergio Schneider

Susana Cardoso

Valéria N. Oliveira Monaretto

Sara Viola Rodrigues, presidente

Roberto Verdum / Luis Alberto Basso / Dirce Maria Antunes Suertegaray
Organizadores

Rio Grande do Sul

Paisagens e Territórios em Transformação

Segunda Edição


UFRGS
EDITORA

© dos autores
1ª edição: 2004

Direitos reservados desta edição:
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Carla M. Luzzatto
Revisão: Maria da Glória Almeida dos Santos
Editoração eletrônica: Fernando Piccinini Schmitt
Editoração adicional: Luciane Delani

R585 Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação. / organizado por Roberto Verdum, Luis Alberto Basso e Dirce Maria Antunes Suertegaray. – 2. ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. 360p. : il. ; 16x23cm

Inclui figuras, gráficos, quadros e tabelas.
Inclui referências.

1. Geografia – Rio Grande do Sul. 2. Paisagens – Transformações – Degradações ambientais – Reconstrução. 3. Problemas ambientais – Brasil – Rio Grande do Sul – Ações políticas – Ações técnicas. 4. Paisagem metropolitana – Transformações – Degradação da água – Bacias hidrográficas. 5. Bacia hidrográfica – Rio Ibicuí – Qualidade da água. 6. Sociedades humanas – Integração – Relações dinâmicas – Natureza. 7. Disputas territoriais – Aspectos econômicos – Indutores de renda – Força produtiva. 8. Transformações agrárias – Reforma agrária – Rio Grande do Sul. 9. Paisagens – Imagens – Representações. 10. Disputas territoriais – Território regional – Identidade – Gaúchos. 11. Geografia – Transformações espaciais – Educação formal – Educação informal – Relações – Sociedade gaúcha. I. Verdum, Roberto. II. Basso, Luis Alberto. III. Suertegaray, Dirce Maria Antunes.

CDU 911.375:504(816.5)

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)

ISBN 978-85-386-0165-4

A qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Ibicuí

Luís Alberto Basso

Márcia dos Santos Ramos Berreta

Karolina Turcato

INTRODUÇÃO

O presente capítulo aborda a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Ibicuí, localizada na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul. Dentro do território brasileiro, o rio Ibicuí é um dos principais afluentes do rio Uruguai e suas águas destinam-se principalmente à irrigação do arroz.

Baseia-se em pesquisa desenvolvida por um grupo de pesquisadores do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), cujo projeto intitulado “*Arenização e gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Ibicuí - Rio Grande do Sul – Brasil*” teve financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) entre os anos de 2008 e 2010. Um dos objetivos daquele projeto foi avaliar a qualidade das águas superficiais da bacia do rio Ibicuí em função do uso e ocupação da terra, especificamente nas sub-bacias dos arroios Miracatu e Caraguataí e sanga do Araçá, localizadas na margem direita do rio Ibicuí, nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana.

Em uma bacia hidrográfica a qualidade da água dos rios é resultante das condições naturais e dos usos e ocupação da terra. Mesmo em bacias hidro-

Luís Alberto Basso é professor associado do Departamento de Geografia/Instituto de Geociências/UFRGS.

Márcia dos Santos Ramos Berreta é doutoranda do Programa de Pós Graduação em Geografia/ Instituto de Geociências/UFRGS.

Karolina Turcato é bacharel em Geografia/Instituto de Geociências/UFRGS.

gráficas preservadas nas suas condições naturais, a qualidade das águas pode ser afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, ao incorporar sólidos em suspensão ou dissolvidos, por exemplo. Assim, ambientes aquáticos podem incorporar, ao longo do tempo, substâncias provenientes de causas naturais, sem nenhuma contribuição humana, em concentrações raramente elevadas que, no entanto, podem afetar o comportamento químico da água e seus usos mais relevantes. Ao mesmo tempo, na medida em que a sociedade ocupa o solo gerando poluentes na forma dispersa ou concentrada, disponibilizam-se substâncias que tem uma implicação direta na qualidade da água (Von Sperling, 2007).

Estudos relacionados à qualidade das águas superficiais em bacias hidrográficas com intensa irrigação e uso de agrotóxicos, como a do Ibicuí, são importantes porque a poluição gerada contribui, ao mesmo tempo, para o agravamento da escassez hídrica e à demanda de investimentos elevados para devolver ao ambiente suas características naturais. Além disto, as questões relacionadas à disponibilidade e qualidade das águas em uma bacia podem gerar conflitos de usos com outras atividades.

Conforme Telles e Domingues (2006), a irrigação de culturas agrícolas pode salinizar os solos, carrear para os corpos hídricos superficiais e subterrâneos muitas das substâncias empregadas para elevar a produtividade das lavouras, principalmente os fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, promovendo a deterioração da qualidade dos rios à jusante das captações de água e dos mananciais subterrâneos.

Os aspectos mais graves dos poluentes referem-se às substâncias potencialmente tóxicas, que são oriundas dos agroquímicos. Estas substâncias, classificadas em contaminantes orgânicos e metais, se dissolvem na água, acumulam-se nos sedimentos distribuídos e acumulados na cadeia alimentar por meio do processo de bioacumulação provocando efeitos de toxicidade crônica e aguda sobre os organismos aquáticos e, inclusive na espécie humana. Essa poluição difusa contribui também para a eutrofização dos ambientes aquáticos causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas através da redução do oxigênio dissolvido e, por consequência, deteriorando a qualidade das águas (Branco; Azevedo; Tundisi, 2006).

No Rio Grande do Sul a irrigação de extensas lavouras de arroz representa o mais intenso uso dos recursos hídricos, sendo responsável por aproximadamente 80% do consumo de água doce no estado. Esse alto consumo é observado especialmente na bacia hidrográfica do rio Ibicuí e foi intensificado com a adoção de políticas de financiamento agrícola e da industrialização das culturas de arroz a partir dos anos 1940, do trigo nos anos 1950 e 1960, e da soja nos anos 1970, que modificaram bruscamente a organização do espaço

agrário dessa região. A conjuntura das alterações da matriz produtiva induziu impactos ambientais negativos, principalmente sobre os recursos hídricos no sudoeste do estado (Verdum, 2004). Atualmente os municípios dessa bacia configuraram-se como os maiores produtores orizícolas do estado.

Braga, Porto e Tucci (2006) ressaltam que faz parte do gerenciamento dos recursos hídricos o controle ambiental a fim de impedir que os problemas decorrentes da poluição das águas venham a comprometer seu aproveitamento múltiplo e integrado dos recursos hídricos. Isso somente é possível quando se dispõe de um conjunto de informações obtidas a partir de um monitoramento que represente adequadamente a situação da bacia.

Este monitoramento é representado pelo acompanhamento de um conjunto de parâmetros, geralmente mensuráveis, de natureza química, física e biológica, que refletem as características das águas de um determinado lugar. Essas características devem ser mantidas dentro de certos limites, os quais são representados por padrões, valores orientadores da qualidade de água adotados pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) que institui legalmente as restrições legais de uso para a proteção dos corpos d'água.

Para o entendimento dessa problemática, o presente artigo está estruturado em duas partes. A primeira trata de uma caracterização da sub-bacia hidrográfica do rio Ibicuí apresentando seus principais aspectos físicos e socioeconômicos, demandas e usos, bem como os principais problemas relacionados à poluição hídrica. No segundo momento, apresenta-se a pesquisa realizada em três sub-bacias hidrográficas, localizadas às margens do rio Ibicuí onde a orizicultura é a principal atividade econômica da região.

A bacia hidrográfica do rio Ibicuí situa-se na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. Pertence à Região Hidrográfica do Uruguai¹, sendo a maior em área do estado com 47.320 km², incluindo seu principal afluente o rio Santa Maria (MMA, 2006). Por motivos relacionados a interesses locais foi criado em 1994 um Comitê de Bacia distinto para a sub-bacia hidrográfica do rio Santa Maria (15.784 km²)². Trata-se do maior afluente do Ibicuí e pertence geograficamente à sua bacia. Atualmente a bacia hidrográfica do rio Ibicuí, para fins de gestão das águas³, ocupa uma área de 31.536 km².

A bacia do Ibicuí limita-se ao norte com a do Butuí-Icamaquã e Piratinim; ao sul com as bacias do Quaraí e Santa Maria; a leste com as bacias do Alto e Baixo Jacuí e Vacacaí-Vacacaí Mirim; e a oeste com o rio Uruguai na divisa com a Argentina (Figura 1).

¹Conforme Resolução CNRH nº 30/2003 e Lei nº 10350/1994, o estado do Rio Grande do Sul é dividido em três Regiões Hidrográficas: Litoral, Guaíba e Uruguai.

²Decreto Estadual nº 35 103 de 01 de fevereiro de 1994.

³A criação do Comitê desta bacia ocorreu em agosto de 2000.

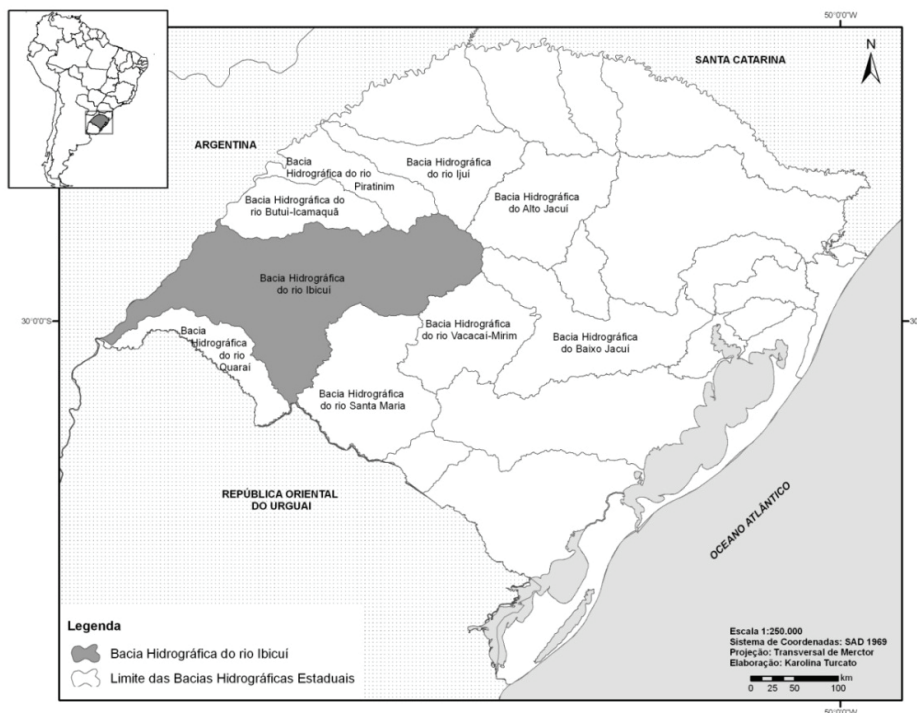


Figura 1. Mapa da localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Ibicuí no estado do Rio Grande do Sul.

Os principais cursos d'água da bacia, além do próprio Ibicuí, são os rios Ibicuí-Mirim, Toropi, Jaguarí, Itu, Jaguarzinho, Santa Maria, Ibirapuitã e os arroios Caverá, Miracatu, Pai Passo, Inhandui, Ibirocai, Touro Passo e Bororé (Figura 2). Ao todo são 55 arroios desaguando no rio Ibicuí.

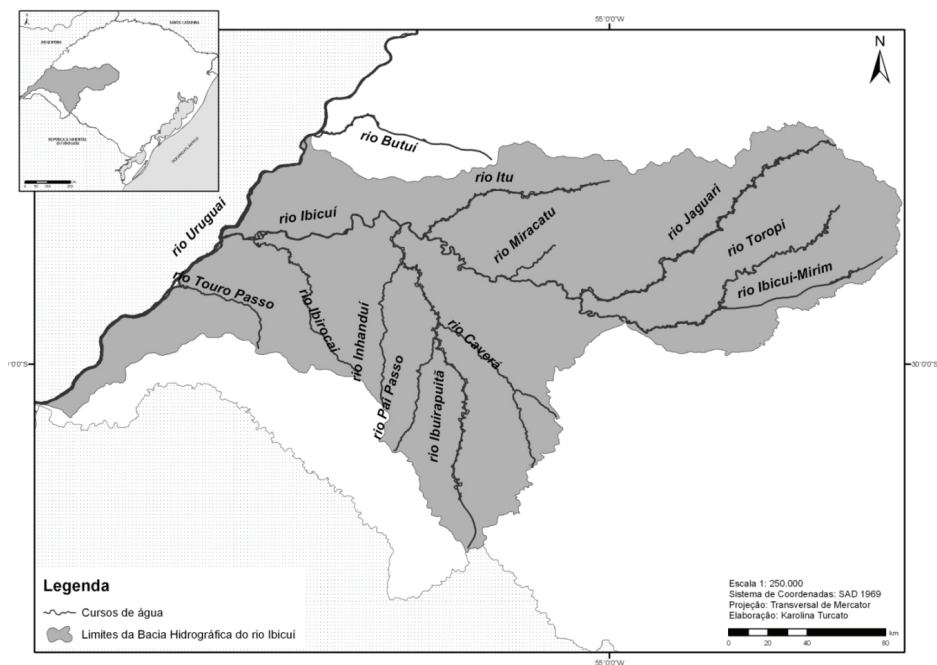


Figura 2. Mapa da rede hidrográfica da bacia do Ibicuí.

O rio Ibicuí é o principal formador da bacia de mesmo nome. “Ibicuí” significa “terra de areia” na língua Tupi-guarani, o que é possível de se observar nas extensas praias de areias brancas ao longo do seu curso. Ele é formado pela confluência dos rios Ibicuí-Mirim e Toropi, no limite dos municípios de Cacequi, São Pedro do Sul e São Vicente do Sul. Ele percorre 386 km até a foz no rio Uruguai, localizada no limite dos municípios de Uruguaiana e Itaquí. Os mais importantes tributários são os rios Santa Maria, Ibirapuitã, Toropi, Jaguarí e Itu.

Uma característica importante do Ibicuí é a sua navegabilidade, que se torna possível devido a sua pequena declividade, que varia apenas 44 metros desde as nascentes até a foz, e ao seu substrato arenoso que durante o período de cheias permite o tráfego de embarcações pelo seu canal. De acordo com o Projeto Brasil das Águas⁴, ocorrido em 2007, dos sete rios brasileiros estudados, somente no rio Ibicuí era possível a navegação da nascente até a foz.

Em toda sua extensão, existe apenas uma cidade (Manoel Viana) situada em suas margens e um distrito (Passo do Umbu). As terras em seu entorno constituem em grandes fazendas e, praticamente, ninguém mora na beira do rio. Essas terras pertencem aos municípios de São Pedro do Sul, São Vicente do Sul, Cacequi, São Francisco de Assis, Manoel Viana, Jaguarí, Alegrete, Itaquí e Uruguaiana, englobando uma população de 336.132 habitantes pertencentes a esses municípios contíguos ao rio (IBGE, 2010). Porém, a bacia do Ibicuí abrange 30 municípios com população total de 414.320 habitantes, onde doze desses municípios localizam-se totalmente dentro da bacia e os demais se incluem parcialmente nela (Figura 3) (Comite Ibicuí, 2011).

No verão, quando o nível do rio está mais baixo e surgem suas extensas praias de areias brancas, é justamente a época em que ocorre a retirada de água para a irrigação dos arrozais, principal atividade agrícola da bacia, acarretando uma sensível diminuição da sua vazão e agravando os conflitos pelos usos múltiplos da água.

De acordo com dados da Secretaria da Coordenação e Planejamento do Rio Grande do Sul – Seplag (2011), nessa região do estado predomina a estrutura fundiária da grande propriedade rural, pois de 60% a 90% da área total dos municípios é composta por propriedades acima de 500 hectares. Esta formação latifundiária faz parte da colonização europeia no Vale do Uruguai, ocorrida ainda no séc. XVII e depois intensificada com o povoamento português e a continuidade da criação de gado. Atualmente essas propriedades têm como principais atividades produtivas a pecuária extensiva, os cultivos de arroz irrigado, milho, sorgo e trigo, e, mais recentemente, a introdução da lavoura de soja e a monocultura do eucalipto.

Conforme Medeiros, Robaina e Moraes (2001) esta ampla área de terra, sobre a qual escoam o rio Ibicuí constitui-se de três compartimentos geomorfológicos: as planícies aluviais diferenciadas, em geral, por sedimentos pleistocênicos e recentes, tais como os existentes ao longo do rio Ibicuí e dos

⁴No Projeto Brasil das Águas - Sete Rios, os rios foram selecionados em um workshop realizado em Brasília com a participação das mais diversas autoridades, cientistas e pesquisadores vinculados ao tema água. Os rios selecionados foram o Guaporé (MT e RO), o rio Verde (MT), o rio Araguaia (GO, MT, TO e PA), o rio Grande (BA), o rio Miranda (MS), o rio Ribeira (PR e SP) e o rio Ibicuí.

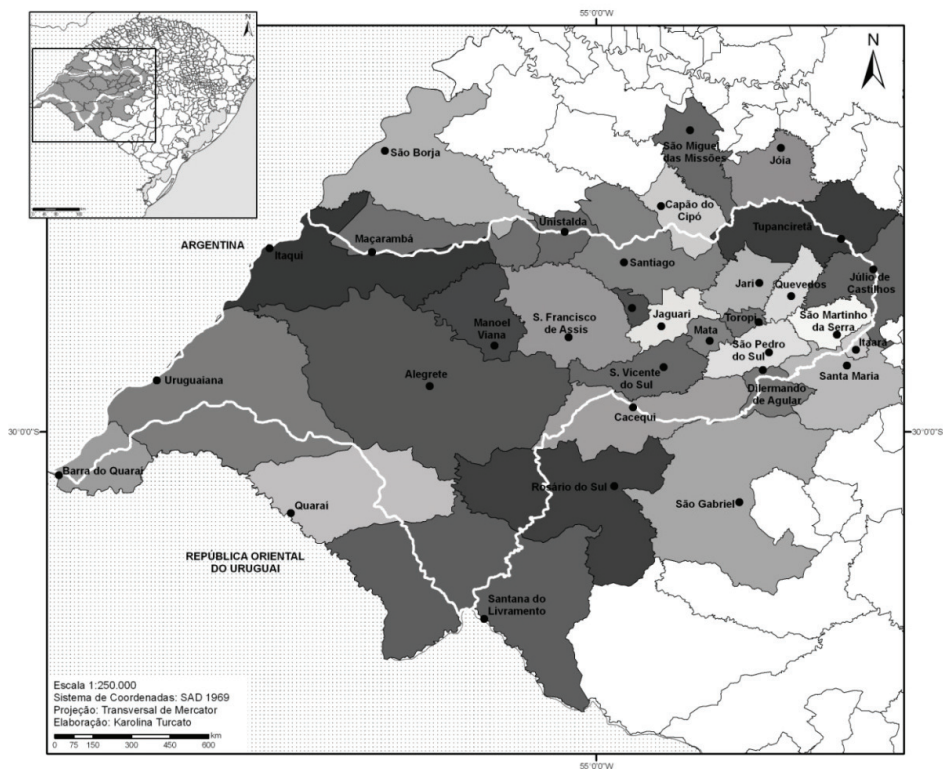


Figura 3. Mapa da localização dos municípios dentro da área da bacia do Ibicuí.

rios Jaguarí e Toropi; as extensas áreas de colinas alongadas com sedimentos arenosos; e os relevos tabulares, que formam cerros mesetiformes, em cotas variando entre 160 m e 300 m.

A caracterização do uso da terra na bacia pode ser entendida com base nas unidades de paisagem, identificadas por Suertegaray e Guasselli (2004). É possível localizar na bacia do rio Ibicuí três subunidades de paisagem: Agrícola, Campos Limpos e Campos Sujos.

No setor correspondente à Depressão Central a subunidade de paisagem Campos caracteriza-se originalmente pela cobertura vegetal de gramíneas associada à mata galeria ao longo dos cursos d'água. Historicamente, essa área constituía-se de grandes e médias propriedades para a pecuária. A partir das primeiras décadas do século XX, as várzeas dos rios que drenam essa unidade deram lugar a novas paisagens Agrícolas, com predominância do cultivo de arroz.

Por outro lado, na Cuesta de Haedo, localizada no curso médio do rio Ibicuí em direção à foz, a subunidade de paisagem Agrícola caracteriza-se pela presença de colinas com predominância de lavouras de trigo e soja, e nas várzeas, os arrozais. A subunidade de paisagem de Campos Limpos é representada por uma cobertura de campos (gramíneas de baixo porte) que recobrem os solos rasos, desenvolvidos a partir de rochas basálticas. O uso da terra ali é predominantemente pastoril. Já, a subunidade de paisagem de Campos Sujos, caracteriza-se por uma cobertura vegetal formada por gramíneas de diferentes portes associadas à vegetação arbustiva de pequeno tamanho.

Cabe ressaltar que em determinados setores da bacia encontram-se as áreas que sofrem o processo de arenização, onde ocorre o afloramento do Arenito Botucatu. Sobre esta formação assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição hídrica e eólica. São nestes depósitos que se originam os areais (Suertegaray; Guasselli; Verdum, 2001).

PRINCIPAIS USUÁRIOS DAS ÁGUAS DA BACIA DO IBICUÍ

A vazão média anual na foz do rio Ibicuí é da ordem de 644, 23 m³s⁻¹, volume suficiente para suprir a demanda total de todos os usos consuntivos existentes na bacia. A disponibilidade hídrica para cada habitante da bacia é de 78.716 m³ano⁻¹. Esses valores relacionam-se ao regime de precipitação marcado por uma regular distribuição de chuvas ao longo do ano, onde o verão apresenta características de *déficit* de umidade e o inverno constitui o período de excesso hídrico (MMA, 2006).

Para fins de determinação das demandas/consumos de água na bacia do rio Ibicuí, consideram-se os seguintes usos consuntivos:

- Abastecimento público
- Criação Animal (dessedentação)
- Irrigação de lavouras de arroz

O uso preponderante das águas superficiais na bacia do Ibicuí refere-se à irrigação de arroz praticada nos meses de novembro a fevereiro. A área aproximada dos arrozais é de 318.100 ha com aproximadamente 3.000 lavouras. A captação de água é feita diretamente nos cursos fluviais ou nos 6.000 açudes cadastrados, consumindo 3.817 hm³/ano/safra (120 dias). Nos meses de pico (dezembro e janeiro) chega-se a 515,44 m³/s, se for considerado o consumo médio praticado na bacia com base nos dados cadastrais, valores esses que decrescem para, respectivamente, 416,01 hm³/ano/safra ou 374, 50 m³s⁻¹ com base na modelagem distribuída empregada (CRH, 1998).

Conforme o Instituto Riograndense do Arroz (Irga, 2011), os municípios com o maior número de orizicultores cadastrados na safra 2008/09 foram Alegrete, São Borja, Uruguaiiana e Itaqui. Juntos, eles foram responsáveis por 75% dos usuários de irrigação de arroz no estado.

Na Tabela 1 encontram-se relacionados os municípios que se destacam pela produção de arroz na bacia do Ibicuí, na safra 2008/2009.

Tabela 1
MUNICÍPIOS QUE SE DESTACAM PELA PRODUÇÃO
DE ARROZ NA BACIA DO IBICUÍ, NA SAFRA 2008/2009

Municípios	Área Plantada (ha)	Produção (t)
Uruguaiiana	102.495	829.677
Itaqui	83.060	621.073
Alegrete	61.000	449.692
São Borja	51.505	379.875
Rosário do Sul	22.000	155.232
Cacequí	16.500	108.339
Quaraí	12.581	96.811
São Vicente do Sul	12.645	87.611
Santana do Livramento	10.400	71.600
Manoel Viana	4.800	30.301
São Francisco de Assis	4.400	29.526

Fonte: Irga, 2011.

Os usos mais nobres das águas superficiais na bacia são o abastecimento público dos maiores municípios da bacia e a recreação de contato primário - balneários, estes encontrados às margens dos rios da região.

O abastecimento urbano é feito através de 87 captações através de poços tubulares profundos e em oito captações situadas em águas superficiais. Na área rural tem-se cerca de 1.000 poços tubulares profundos cadastrados utilizados, prioritariamente, para suprimento humano e dessedentação de animais. A população urbana abastecida por água da bacia atinge 336.911 e a rural é de 88.120 pessoas consumindo, de acordo com as estimativas realizadas, respectivamente, 1,178 m³s⁻¹ e 0,01 m³s⁻¹. O rebanho de animais

de pequeno porte localizados na bacia atinge a cifra de 4.000.000 de cabeças, enquanto que os animais de grande porte totalizam 2.659.533 cabeças, consumindo $1,457 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (CRH, 1998).

Conforme as demandas hídricas superficiais por setor usuário, em hm^3/ano na bacia hidrográfica do rio Ibicuí pode-se estabelecer a seguinte estimativa (Figura 4):

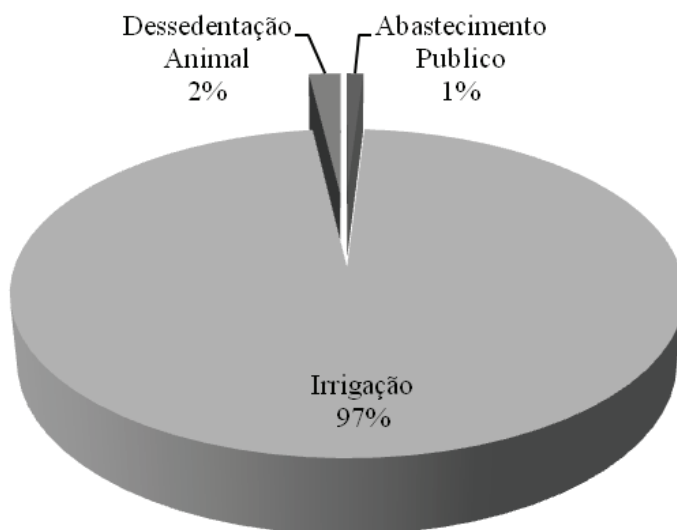


Figura 4. Estimativa da demanda hídrica por setor de usuário na bacia do rio Ibicuí (CRH,1998).

QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA E FONTES POLUIDORAS

Estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Ibicuí denominado “*Avaliação Quali-quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água*” (CRH, 1998)⁵, demonstrou que no período do estudo, em 1997, as águas apresen-

⁵Relatório Final realizado pela empresa STE - Serviços Técnicos de Engenharia SA referente à Proposta Técnica apresentada a Contratante (SOPSH - CRH - FRH/RS).

taram um Índice de Qualidade das Águas (IQA) que variou de regular a boa. Foram realizadas duas campanhas de monitoramento (verão e primavera) onde se analisaram mais de 30 parâmetros em 13 pontos de amostragens. Nas amostras coletadas não foram detectados pesticidas organoclorados e fosforados, encontrando-se baixos teores de matéria orgânica. Entretanto, alguns parâmetros apresentaram valores elevados em alguns pontos da bacia, como o alumínio, o ferro e os coliformes fecais.

Também foram levantadas e estimadas as cargas potencialmente poluidoras dos recursos hídricos em função do uso e ocupação do solo na bacia. Avaliou-se a contribuição da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio, fósforo, coliformes fecais e metais das seguintes fontes:

1. Esgotos sanitários (urbano e rural)
2. Drenagem pluvial urbana
3. Drenagem pluvial rural (irrigação, mata nativa e pecuária)
4. Resíduos sólidos
5. Efluentes líquidos industriais

Os principais contribuintes de matéria orgânica encontrados nas águas coletadas referem-se principalmente aos animais, de pequeno e grande porte, os resíduos sólidos (lixo) e o esgoto doméstico das cidades (Figura 5).

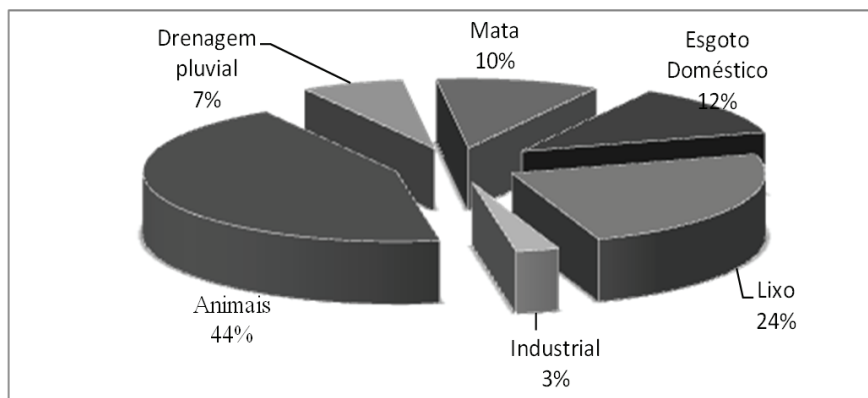


Figura 5. Participação percentual da DBO por fontes poluidoras (CRH, 1998).

Gastaldini e Irion(2003) quantificaram e localizaram as cargas poluidoras potenciais atuais na bacia hidrográfica do rio Ibicuí. Identificaram como principais agentes poluidores: os esgotos domésticos (urbanos e rurais), os efluentes líquidos industriais, a drenagem pluvial urbana, a drenagem pluvial rural (irrigação e mata nativa), a drenagem pluvial rural (atividade de pecuária), os resíduos sólidos urbanos, os resíduos sólidos industriais e os resíduos sólidos rurais.

Na Tabela 2 estão as principais cargas poluidoras geradas na bacia conforme conclusão dos autores.

Tabela 2
PRINCIPAIS CARGAS POLUIDORAS
GERADAS NA BACIA DO IBICUÍ.

CARGA POTENCIAL	FONTE POLUIDORA
Orgânica	44% ⇨ pecuária 24% ⇨ disposição de resíduos sólidos 12 % ⇨ esgotos sanitários
Nitrogênio	72% ⇨ irrigação do arroz 23% ⇨ pecuária
Fósforo	48% ⇨ mata nativa 31% ⇨ irrigação do arroz 14% ⇨ pecuária
Coliformes fecais	78 % ⇨ animais de grande e pequeno porte 22% ⇨ esgotos sanitários

Fonte: Gastaldini e Irion(2003).

Estes dados foram gerados a partir de fontes secundárias e estimativas. Eles mostram a pecuária como fonte predominante de poluição do tipo orgânica (DBO) e de coliformes fecais, seguida do lixo e dos esgotos domésticos. Também fica evidente que o cultivo de arroz contribui significativamente com a carga de nitrogênio, 72%, derivada principalmente dos fertilizantes aplicados nessa lavoura.

POLUIÇÃO POR NITROGÊNIO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO IBICUÍ: O CASO DAS SUB-BACIAS DA SANGA DO ARAÇÁ E DOS ARROIOS MIRACATU E CARAGUATAÍ

O projeto Brasil das Águas em abril de 2007 já indicava elevada concentração de nitrogênio total, principalmente na forma de nitrogênio amoniacal e nitrato, no município de Alegrete (88 mil habitantes), indicativo do aporte de esgotos domésticos no rio Ibirapuitã, afluente do Ibicuí. Outro ponto da bacia, como o localizado no rio Uruguai junto à foz do rio Ibicuí, apresentava concentração máxima de nitrogênio total, representado quase que exclusivamente pelo nitrato. A elevada concentração de nitrato naquele rio, o Uruguai, é bem conhecida e foi atribuída à intensa atividade agrícola e à suinocultura na bacia (Brasil das Aguas, 2007).

Com o intuito de verificar a poluição derivada de nitrogênio nas águas, foram selecionadas três sub-bacias hidrográficas localizadas na margem direita do rio Ibicuí, nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana. A sub-bacia da Sanga do Araçá possui uma área de drenagem de 8.115 ha, enquanto que a do arroio Miracatu é de 59.166 ha e a do arroio Caraguataí é de 25.618 ha.

Assim como ocorre para a grande bacia do Ibicuí, nessas sub-bacias há predomínio do cultivo de arroz e soja e, mais recentemente, surge outra opção econômica: a silvicultura, cuja área é de pequena dimensão. Esse novo cultivo somente foi observado na sub-bacia do arroio Miracatu.

Diante dos diferentes impactos ambientais negativos associados à utilização de água superficial em sistema de produção agrícola, destacando-se, nesse caso, as águas de drenagem dos arrozais, buscaram-se determinar os possíveis desdobramentos do uso de fertilizantes nitrogenados empregados no cultivo de arroz e da soja associados à fragilidade do meio aos processos erosivos, bem como a provável contaminação do Aquífero Guarani, pois a área de estudo situa-se em área de recarga desse manancial.

Para tanto, foram estipulados objetivos específicos, tais como: i) analisar as concentrações de nitrato (NO_3), nitrito (NO_2), nitrogênio amoniacal (NH_3) e nitrogênio orgânico (N_2), além da condutividade elétrica (CE), pH e temperatura nos exutórios das sub-bacias selecionadas; ii) classificar as águas das sub-bacias utilizando como referência a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, que classifica os corpos de água doce do território nacional e iii) estimar a carga de nitrogênio aportada por uma das sub-bacias ao rio Ibicuí.

A partir da análise de imagens de satélite e cartas topográficas, do predomínio do uso da terra agrícola, assim como da existência de rede de drenagem que recebesse os efluentes agrícolas carregados de nutrientes das lavouras de arroz e/ou soja, foram selecionados três pontos de coleta de amostras de água: Ponto 1, na sub-bacia da Sanga do Araçá; Ponto 2, na sub-bacia do Arroio Miracatu; e Ponto 3, na sub-bacia do Arroio Caraguataí (Figura 6).

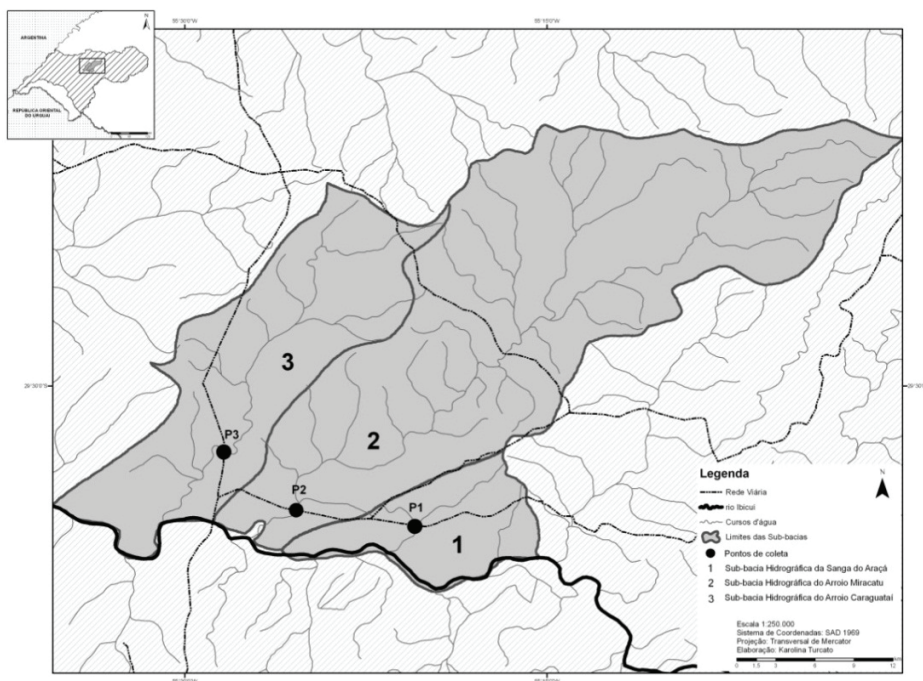


Figura 6. Mapa de localização dos pontos de coleta.

Realizaram-se quatro campanhas de amostragem das águas nos três pontos estabelecidos nas seguintes datas: 1ª saída, no dia 12 de outubro de 2008; 2ª saída, em 18 de janeiro de 2009; 3ª saída, em 20 de março de 2009 e em 13 de setembro do mesmo ano foi feita a 4ª e última campanha. As coletas foram manuais utilizando-se frascos adequados aos parâmetros analisados que foram preservados em caixa de isopor com gelo. As amostras foram coletadas próximas às margens dos cursos fluviais, exceto no ponto 2 em função do difícil acesso, onde a coleta foi feita com o auxílio de um balde lançado desde uma ponte. Foram mensurados *in situ* utilizando aparelhos portáteis os

seguintes parâmetros: condutividade elétrica (CE), pH e temperatura. Já as espécies de nitrogênio: nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) e nitrogênio orgânico (N_2) foram analisadas posteriormente no Laboratório Geral do Centro de Ecologia - Ceneco da UFRGS, seguindo metodologias e normas adequadas para cada parâmetro.

Também se estimou a vazão da Sanga do Araçá no Ponto 1. Para tanto, escolheu-se um trecho retilíneo do curso fluvial com margens paralelas. A velocidade do fluxo foi medida através do método do flutuador e com o uso do micro molinete modelo UFRGS. Para o cálculo da vazão utilizou-se a seguinte equação (Wetzel; Likens, 1991):

$$Q = w d l a / t$$

onde, Q é a vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), w é a largura da seção transversal (m), d é a medida da profundidade média da seção transversal (m), l é a distância (m) percorrida pelo flutuador no tempo t (s) e a é o coeficiente redutor para que se obtenha a velocidade média na seção. O valor adotado para o coeficiente redutor foi de 0,85.

A carga exportada de nitrogênio (e suas espécies) pela Sanga do Araçá em direção ao rio Ibicuí foi calculada a partir da equação proposta por Conte, Leopoldo (2001):

$$M = k q c$$

onde, M é a massa exportada ou descarga sólida (t mês^{-1}), k é a constante envolvendo transformações de unidades (2,592), q é a vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) e c é a concentração da variável ou parâmetro (mg L^{-1}).

Por fim, relacionaram-se as concentrações de compostos de nitrogênio encontradas nas águas com os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conama.

As coletas de amostras de água superficial foram realizadas após o início da semeadura de arroz, cujo sistema de plantio nessa região é o pré-germinado. De acordo com a Portaria nº 144/2008 do Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento (Mapa, 2009) que regulamentou o ano safra 2008/2009, as coletas não coincidiram com a época de adubação. Dados fornecidos por técnicos da Emater de Manoel Viana indicam que em 2008 foram aplicados cerca de 50-60 kg/ha de adubo, na proporção 5:25:25 (NPK).

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros analisados a partir da realização de quatro campanhas amostrais.

Tabela 3
PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA ANALISADOS
NOS TRÊS PONTOS DE COLETA E LÍMITES DA CLASSE 1
DA RESOLUÇÃO Nº 357/2005 DO CONAMA

Parâmetros	Classe 1 CONAMA	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
		12/10/2008	18/01/2009	20/03/2009	13/09/2009	12/10/2008	18/01/2009	20/03/2009	13/09/2009	12/10/2008	18/01/2009	20/03/2009	13/09/2009
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	10	0,724	0,891	0,774	1,14	0,446	0,484	0,558	0,788	0,981	0,781	0,722	0,859
NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	1	0,001	0,004	0,004	0,001	0,002	0,004	0,004	0,001	0,001	0,004	0,005	0,001
N ₂ -N (mg L ⁻¹)	--	0,606	0,837	0,136	3,35	1,11	0,397	0,564	2,31	0,78	0,361	0,159	3,49
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)	3,7 para pH ≤ 7,5	0,534	0,495	0,908	0,699	0,385	0,403	0,861	0,65	0,41	0,568	0,978	0,598
CE a 25°C (µS cm ⁻¹)	--	16,2	18	17,2	22,4	22,2	22,9	26	31,8	16,7	25,7	20,7	46
pH	6,0 a 9,0	6,9	6,7	6,9	6,8	7,1	7,3	7,4	7,5	7	7,25	7,5	7,1
Temperatura (°C)	--	23,8	23,5	21,5	18	25,4	28,1	24,2	18,9	23,7	25	22,5	17,9

As formas de nitrogênio predominantes nas águas das sub-bacias correspondem a nitrogênio orgânico (N_2) e amoniacal (NH_3). Ambas as formas estão presentes em detritos oriundos de atividades biológicas naturais. Diferentemente do que foi encontrado no Projeto Brasil das Águas (2007) em dois locais do rio Ibicuí (montante do encontro com o arroio Inhacundá e jusante de Manoel Viana), muito próximos dos três pontos do presente estudo. No Projeto as espécies predominantes de nitrogênio foram nitrogênio amoniacal (NH_3) e nitrato (NO_3). No entanto, os resultados das análises indicaram que as concentrações de nitrogênio em todas as suas formas ou espécies, foram maiores que as encontradas naquele estudo de 2007.

Todas as amostras apresentaram concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (orgânico + amoniacal) maiores do que $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, o que indica que os cursos fluviais analisados são influenciados pelo excesso de insumos orgânicos.

As análises demonstraram a predominância das formas reduzidas de nitrogênio (N_2 e NH_3), o que significa que o foco de poluição se encontra próximo do local amostrado.

A concentração mais elevada de nitrato ($1,14 \text{ mg L}^{-1} NO_3\text{-N}$) foi determinada no ponto 1, na campanha de setembro de 2009, extrapolando o limite de $0,2 \text{ mg L}^{-1} NO_3\text{-N}$ que indica uma tendência à eutrofização do meio aquático.

Verificou-se aumento da condutividade elétrica (CE) em todos os três pontos de coleta na 4ª e última saída de campo, coincidindo com o período de maior precipitação pluviométrica na região estudada. Dessa forma, após a análise dos resultados das concentrações de compostos de nitrogênio encontrados nas amostras de água superficiais e dos valores de CE registrados se observou que esses são possivelmente provenientes da perda de nutrientes a partir de terras cultivadas em decorrência da lavagem da parte superior do solo após as primeiras chuvas, e não a partir das águas de drenagem dos arrozais.

Em relação ao pH, nos três pontos analisados, os valores variaram pouco, de 6,9 a 7,5, caracterizando as águas como neutras (valores próximos a sete), sendo consideradas próprias para qualquer tipo de uso. Os resultados das quatro campanhas de amostragem indicaram que as águas superficiais dos três pontos classificam-se, de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conama, como Classe 1, cujos principais usos destinam-se: ao abastecimento para consumo humano (após tratamento simplificado), à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças, entre outros usos da água mais nobres.

Por fim, a Tabela 4 apresenta a carga exportada mensal de nitrogênio total pela sanga do Araçá em direção ao rio Ibicuí.

Tabela 4
CARGA MENSAL EXPORTADA DE NITROGÊNIO
TOTAL PELA SANGA DO ARAÇÁ

	Nitrogênio Total (mgL⁻¹)	Vazão (m³s⁻¹)	Carga exportada (kg mês⁻¹)
12/10/2008	1,9	0,183	901,0
18/01/2009	2,2	0,461	2629,0
20/03/2009	1,8	0,227	1059,0
13/09/2009	5,1	0,305	4032,0

De acordo com a estimativa, a contribuição de nitrogênio total ao sistema receptor, o rio Ibicuí, pela sanga do Araçá pode alcançar 4.032 kg N mês⁻¹ ou 4,0 t N mês⁻¹. Verifica-se que a carga exportada pode variar consideravelmente, em função da fonte poluidora, mas principalmente pela vazão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que envolvem a análise de parâmetros que caracterizam a qualidade das águas de bacias hidrográficas com intensa atividade agropecuária, como a do Ibicuí, são relevantes para a preservação ambiental dos ecossistemas aquáticos e terrestres, assim como à manutenção da qualidade de vida da população por ela abastecida.

Os resultados do presente estudo revelaram impactos ambientais negativos gerados, principalmente, sobre os recursos hídricos e que são resultantes das relações de uso e ocupação do solo. Percebe-se que esses impactos são gerados pelo alto consumo de água doce para irrigação de extensas lavouras de arroz (importante cultura para a economia do estado) e por outras fontes geradoras de cargas potencialmente poluidoras, como a pecuária, os resíduos sólidos e os esgotos domésticos.

Mesmo assim, em relação à contaminação por nitrogênio das águas das três bacias analisadas, se verifica que as mesmas podem ser utilizadas

para usos nobres, tendo em vista sua inclusão na classe 1 da Resolução nº 357/2005 do Conama.

Propõe-se, portanto, uma reflexão quanto à gestão ambientalmente equilibrada com intuito de evitar problemas decorrentes da poluição das águas e, por consequência, a geração de conflitos entre as culturas irrigadas e as questões relacionadas à disponibilidade e qualidade das águas para aproveitamento múltiplo e integrado de outras atividades.

REFERÊNCIAS

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

BRANCO, S. M.; AZEVEDO, S. M. F. O; TUNDISI, J. G. Água e saúde humana. In: REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escritura Editora, 2006.

COMITE DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO IBICUI. *Municípios da Bacia do Rio Ibicuí*. Disponível em: <<http://www.comiteibicui.com.br/municipiosdabacia>>. Acesso em 25 de junho de 2011.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. *Avaliação de Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo*. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS - CRH/RS. *Estudo de avaliação qualitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí*. Relatórios Parciais. Porto Alegre-RS, 1998.

GASTALDINI, M.C.C.; IRION C. A. O. Levantamento Sanitário da Bacia do Rio Ibicuí – Avaliação das Cargas Poluidoras Atuais. In: *21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2003. P. 1-10.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ - IRGA. *Acompanhamento da Colheita do Arroz no Rio Grande do Sul - SAFRA 2008/09*. Disponível em: <http://www.arrozeirosdealegrete.com.br/arroz/docs/safra/dados_safra_arroz_08-09rs.pdf>. Acesso em: 23 out. 2011.

INTITUTO BRASILERIO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. *Produção Agrícola Municipal 2009*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

MEDEIROS, E.R.; ROBAINA, L. R.; MORAES, J. F. Desenvolvimento de Vossorocas e Areas na Bacia do Ibicuí, Centro-Oeste do RS. In: *VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO)*, 2001. P. 1 -8.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PESCA E ABASTECIMENTO - MAPA. *Portaria nº 144, de 11 de julho de 2008*. Anexo do Zoneamento Agrícola. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14701>> Acesso em: 23 mar 2009.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. *Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai*. Brasília: MMA, 2006.

- MOSS, G.; MOSS, M. *Projeto Brasil das Águas: rio Ibicuí*. Disponível em: <http://www.brasildasaguas.com.br/margi/docs/RIO_IBICUI.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2009.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO - SEPLAG. *Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul*. Disponível em: <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=261>>. Acesso em: 16 ago. 2011.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.. Paisagens (imagens e representações) do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. *Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação*. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2004.
- SUERTEGARAY, D.M.A.; GUASSELLI, L.; VERDUM, R. (Org.). *Atlas da Arenização – Sudoeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001.
- TELLES, D. D; DOMINGUES, A. F. Águana agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: Capitatecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, São Paulo, 2006.
- VERDUM, R.. Depressão periférica e planalto: Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. *Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- VON SPERLING, M. *Estudo e modelagem da qualidade da água de rios*. UFMG: Belo Horizonte, 2007.
- WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. *Limnological Analyses*. 2. ed. New York: Springer - Verlag, 1991.