

Análise Espacial da Demanda Hídrica no Setor Agroindustrial do Vale do Taquari, RS, Brasil

Spatial Analysis of Water Demand in the Agroindustrial Sector in the Vale do Taquari, RS, Brazil

Laura Kehl¹ , Guilherme Garcia de Oliveira²  & Carlos Cândido da Silva Cyrne¹ 

¹ Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajeado, RS, Brasil

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Departamento Interdisciplinar, Tramandaí, RS, Brasil

E-mails: lah.kehl@hotmail.com; g.g.oliveira10@gmail.com; cyrne@univates.br

Resumo

A demanda hídrica está aumentando de forma gradativa e preocupante, tanto para a produção agropecuária e industrial, quanto para o uso doméstico. Ainda que o Brasil possua uma quantidade significativa de recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, sabe-se que a distribuição temporal e espacial não é homogênea. Neste estudo foi realizado um diagnóstico comparativo da demanda hídrica no setor agroindustrial do Vale do Taquari, RS, analisando o contexto espacial com geoprocessamento e incorporando diferentes fontes: estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); outorgas da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA-RS); consulta a prefeituras e indústrias. Considerando os dados do IBGE, a demanda foi estimada em 172,9 mil m³.dia⁻¹. O volume outorgado foi de 157,6 mil m³.dia⁻¹, enquanto que a consulta local às prefeituras e indústrias revelou um valor de 222,9 mil m³.dia⁻¹. Isso indica uma relativa incerteza na estimativa de consumo hídrico quando utilizados os dados do IBGE e as outorgas da SEMA-RS. Em municípios mais dependentes do setor agroindustrial, os volumes outorgados são inferiores às estimativas de consumo hídrico, indicando que parte dos produtores rurais e de abatedouros não possui outorga, com poços subterrâneos e/ou açudes para armazenamento de água sem a devida autorização.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Usos da água; Geoprocessamento

Abstract

The water demand is increasing gradually and alarmingly for both agricultural and industrial production, as for domestic use. Brazil has a significant amount of water resources, surface and underground, but it is known that the temporal and spatial distribution is not homogeneous. In this paper it performed a comparative analysis of water demand in the agroindustrial sector of Vale do Taquari, RS, studying the spatial context with geoprocessing and incorporating different sources: statistics from Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE); water use grant from State Department of the Environment (SEMA-RS); research at prefectures and industries. The water demand was estimated at 172.9 thousand m³.dia⁻¹ considering IBGE data. The volume granted was 157.6 thousand m³.dia⁻¹, while local research at prefectures and industries revealed a value of 222.9 thousand m³.dia⁻¹. This indicates an uncertainty in the estimation of water consumption when using the IBGE and SEMA-RS data's. In municipalities that are more dependent on the agroindustrial sector, the volumes granted are lower than the estimates of water consumption, indicating that part of the rural producers and slaughterers do not have concession, with underground wells or dams for the water surface storage without proper authorization.

Keywords: Water resources; Water use; Geoprocessing

1 Introdução

Um dos recursos que mais desperta a atenção da sociedade é a água. A demanda por recursos hídricos, em nível mundial, vem aumentando de forma gradativa e preocupante, tanto para a produção agropecuária e industrial, quanto para o uso doméstico.

O Brasil, de modo geral, possui recursos hídricos em abundância, com destaque especial à região Amazônica, do Pantanal, do Sudeste e do Sul. Estes recursos devem ser conservados para garantir sua qualidade e disponibilidade em períodos futuros, dando prosseguimento para seu uso na produção agrícola, pecuária, indústria e consumo humano (Palhares 2016).

Ainda que o Brasil possua uma quantidade significativa de recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, sabe-se que a distribuição temporal e espacial não é homogênea. No aspecto temporal, deve-se considerar a sazonalidade das precipitações (estações chuvosas e secas) e as estiagens que atingem todas as regiões do país com relativa frequência, dependendo de fenômenos climáticos globais (como o El Niño e a La Niña). Além disso, a água não é bem distribuída espacialmente, tendo regiões com menor disponibilidade desse recurso, em especial, a região nordeste do Brasil (Araújo et al. 2013; Tucci 2014).

Quando o planejamento e a gestão dos recursos hídricos não consideram a heterogeneidade na distribuição natural da água, frequentemente, são observados grandes prejuízos socioeconômicos. Entre 2001 e 2015, estima-se que aproximadamente 903 milhões de pessoas foram afetadas por estiagens e escassez hídrica em todo o mundo, com 21,1 mil mortes e prejuízos de US\$ 76,5 bilhões de dólares em função desse tipo de ocorrência. No Brasil, nesse mesmo período, foram 33 milhões de pessoas afetadas, com prejuízos estimados em US\$ 8,1 bilhões de dólares (CRED 2018). Esses dados atestam a importância de um gerenciamento mais eficiente dos recursos hídricos e a adoção de políticas públicas voltadas ao atendimento das necessidades da população, de modo a atender aos usos múltiplos da água nas bacias hidrográficas brasileiras.

A agropecuária é uma das atividades econômicas mais relevantes nos 36 municípios da região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul (RS), Brasil, fornecendo matéria-prima para uma grande parcela das indústrias locais do setor agroalimentar. A atividade de pecuária e produção leiteira é fortemente dependente de recursos hídricos utilizando-se de expressiva quantidade de água para alimentação dos animais, dessedentação, higienização dos locais de criação, abate e industrialização/processamentos de alimentos (Schneider & Carra 2016).

Praticamente todas as atividades humanas utilizam a água, sendo que os usos podem ser divididos em consuntivos e não consuntivos. O uso consuntivo ocorre quando somente parte da água captada retorna ao curso d'água de origem, como abastecimento urbano e industrial, irrigação, dessedentação de animais, entre outros. O uso não consuntivo é quanto toda água captada retorna ao curso natural, como geração hidrelétrica, navegação fluvial, recreação e lazer, entre outros (Setti et al. 2000).

A produção de alimento deve aumentar nas próximas décadas para atender à demanda global de alimentos. Assim, a capacidade de produção de alimentos será limitada pela quantidade de terra e água, cada hectare de terra utilizado terá de produzir rendimentos que são substancialmente maiores do que os níveis de produção atuais. No entanto, algumas regiões possuem um potencial maior do que outras para apoiar rendimentos mais elevados, de forma sustentável, devido ao seu clima favorável, a qualidade do solo e, em alguns casos, o acesso à irrigação (Ittersum et al. 2013).

A água é fundamental para o desenvolvimento da sociedade, dos animais e de suas funções fisiológicas. O consumo de água varia de acordo com cada espécie, assim como a quantidade de água em seu organismo. A água constitui entre 50% e 80% do organismo dos animais, sendo que os animais mais jovens possuem proporcionalmente maior quantidade de água (Dumont et al. 2013; Palhares, 2013).

Conforme Christofidis (2006); e Tundisi (2008), a produção de alimentos é o setor econômico que mais utiliza água no mundo e, especificamente, no Brasil. De acordo com o Plano de Bacia do Taquari-Antas (SEMA 2012), os setores primários de criação de animais ($2,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e agricultura irrigada ($6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), além dos setores industriais que processam alimentos ($1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), apresentam o maior percentual de consumo de água na região, com aproximadamente 75% do consumo total, seguidos pelo consumo de água para abastecimento urbano. Ainda assim, a demanda hídrica no setor agroindustrial é pouco abordada em pesquisas científicas, principalmente por ser um recurso muito barato e abundante na região (Palhares 2013).

É neste contexto que se faz necessária uma análise da demanda hídrica para diagnosticar quais são as áreas com maior consumo, qual é a fonte dos recursos hídricos (superficial ou subterrânea), qual é a finalidade do uso da água e se as atividades possuem outorga (autorização) de utilização de recursos hídricos. Para tanto, as geotecnologias surgem como ferramentas fundamentais para uma análise espacial da demanda hídrica, subsidiando um planejamento ambiental mais adequado, em que se possa estabelecer um uso mais racional dos recursos naturais e, em especial, dos

recursos hídricos, bem como ações de controle, proteção e conservação ambiental (Campos 2015; Jensen 2000; Ruhoff 2004).

O objetivo deste estudo foi realizar um diagnóstico comparativo da demanda hídrica para o setor agroindustrial no Vale do Taquari, RS, analisando o contexto espacial a partir de técnicas de geoprocessamento e incorporando dados de diferentes fontes para o setor econômico: i) estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ii) outorgas da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA-RS); iii) consulta local a prefeituras e indústrias.

2 Metodologia e Dados

2.1 Área de Estudo

O Vale do Taquari está localizado na região central do Rio Grande do Sul (Figura 1), com área de 4.821,1 km² e 327.822 habitantes (IBGE 2010), composto por 36 municípios, com densidade demográfica média de 68 hab./km². De acordo com IBGE (2017), o Produto Interno Bruto (PIB) foi superior a R\$ 11 bilhões, sendo 29,5% deste total referente às indústrias (setor alimentício é o mais representativo) e 10,5% ao setor agropecuário. Além disso, boa parte dos setores de serviços e comércio acaba impulsionada pelo satisfatório desempenho do setor agroindustrial na região, o que aumenta ainda mais a importância desse setor no âmbito socioeconômico.

Os produtores do Vale do Taquari fornecem grande parte das matérias-primas utilizadas nas indústrias do setor alimentício. As propriedades rurais são organizadas no modelo familiar que são caracterizados pela variedade de cultura e criações, que normalmente possuem uma parceria em um sistema integrado com indústrias de alimentos (Severo 2011).

De acordo com os dados do IBGE (2006), referentes ao Censo Agropecuário Brasileiro, os maiores rebanhos na região são de aves, suínos, gado de corte e gado leiteiro. Somados, esses rebanhos representam mais de 95% da produção pecuária do Vale do Taquari. Dentre os cultivos irrigados, o mais relevante é o arroz, produzido principalmente às margens do rio Taquari, na porção sul do Vale do Taquari.

O Vale do Taquari está situado na porção centro-baixa da Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas, tendo como principais rios o Taquari, o Guaporé e o Forqueta (Figura 1). Essa bacia está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, tendo como principais cursos hídricos a jusante o Rio Jacuí e o Lago Guaíba, ambos com vazão bem superior

ao Rio Taquari. De acordo com o diagnóstico elaborado para o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SEMA 2007), não existem significativos problemas de atendimento à demanda hídrica nos trechos a jusante do Vale do Taquari, principalmente em função da ampla oferta hídrica do sistema hidrológico da região. Por esse motivo, os efeitos a jusante das retiradas de água no Vale do Taquari não serão analisados no presente estudo.

As altitudes do Vale do Taquari variam de 1 a 793 m, predominando na porção centro-sul da região as áreas de relevo plano à levemente ondulado, com altitudes inferiores a 250 m, associadas com às formações geológicas: i) areníticas de origem eólica e, ii) deposicionais nas planícies do rio Taquari. Na porção ao norte, predominam altitudes elevadas e declives mais acentuados, associadas à formação geológica de origem vulcânica da Serra Geral, com forte processo erosivo fluvial (Bianchini 2015).

O clima da região é o subtropical úmido (Cf), de acordo com a classificação de Köppen. Ainda que as chuvas sejam relativamente bem distribuídas ao longo do ano, as estações mais chuvosas, quando os rios apresentam maiores vazões médias, são o inverno e a primavera, período em que predomina a passagem de sistemas frontais pelo RS.

Visando uma melhor caracterização da área de estudo, na Figura 2 são espacializados os pontos de retirada de água outorgados pela SEMA-RS, em relação à altitude (Figura 2A), às declividades (Figura 2B) e à geologia (Figura 2C). Na Figura 3, são observadas as retiradas de água em relação aos usos e cobertura da terra (Figura 3A), além da representação espacial dos volumes outorgados por município (Figura 3B).

Aproximadamente 75% da cobertura da terra no Vale do Taquari está relacionada a lavouras e pastagens para o uso agropecuário. As florestas correspondem a 22% da cobertura da terra. As áreas urbanizadas ocupam cerca de 2% do Vale do Taquari, o que evidencia a forte predisposição às atividades agropecuárias na área de estudo.

2.2 Métodos

O diagnóstico da demanda hídrica foi realizado com uso de ferramentas de geoprocessamento (Figura 4), envolvendo uma análise espacial por município dos principais tipos de rebanhos, culturas agrícolas irrigadas e indústrias de transformação do setor de carnes (suínos, aves e gado) e leiteiro. Essas informações foram coletadas a partir de três fontes de dados: i) estatísticas do IBGE; ii) outorgas da SEMA-RS; iii) consulta local a prefeituras e indústrias.



Figura 1 Localização do Vale do Taquari, RS, Brasil.

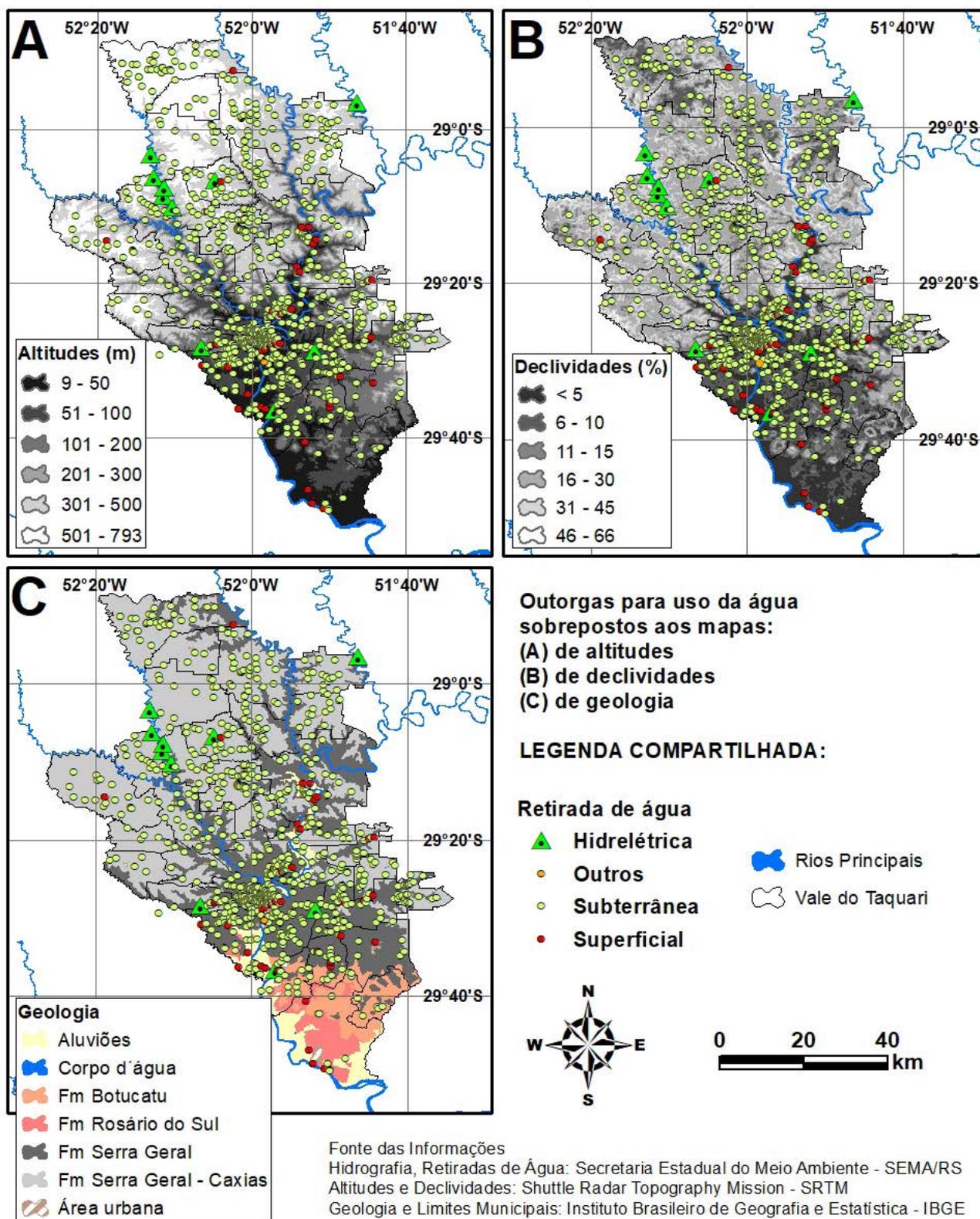
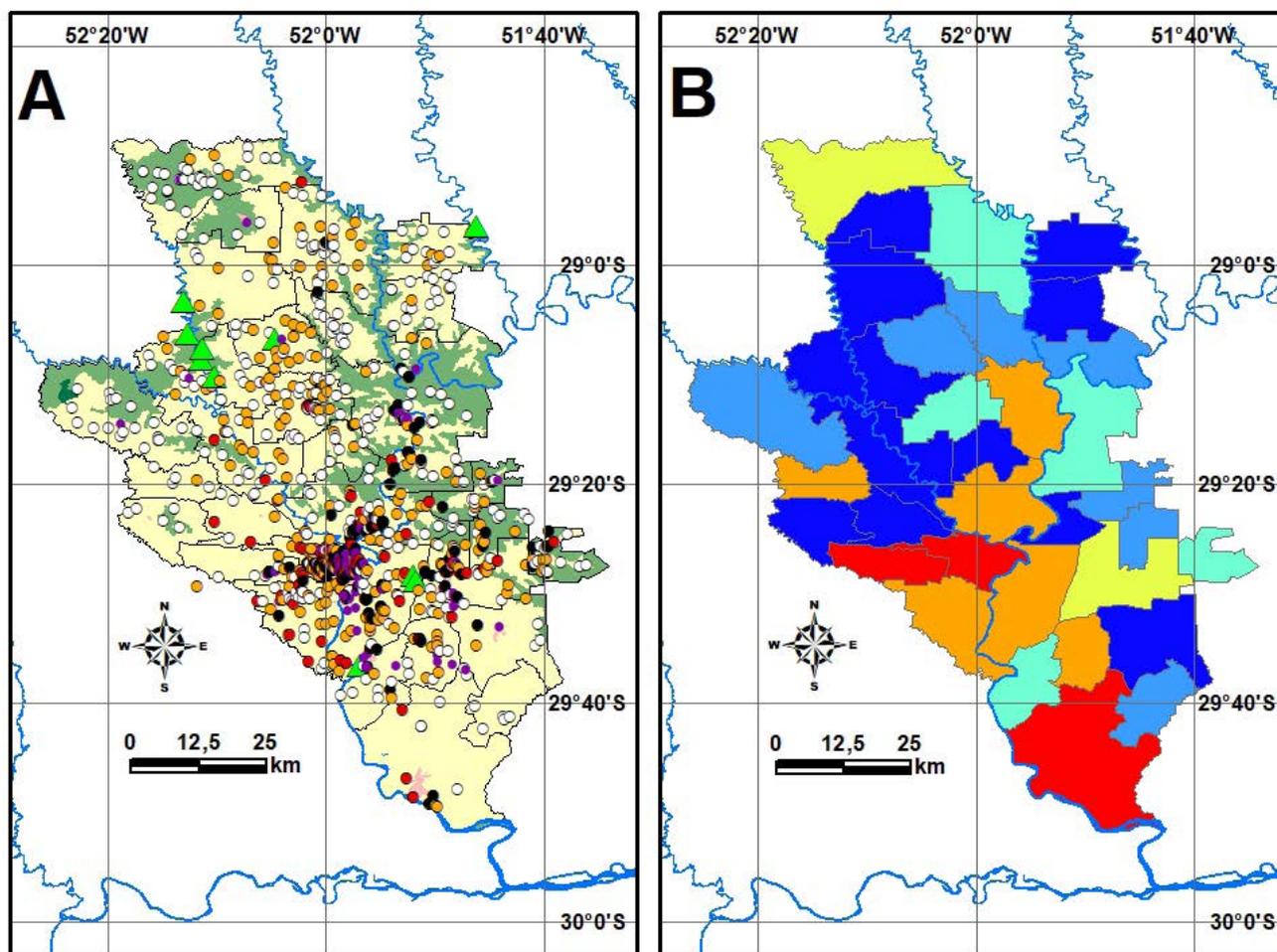


Figura 2 Outorgas para uso de recursos hídricos em função da altitude, declividade e geologia, Vale do Taquari, RS.



Mapa A: Outorga por uso em função da cobertura da terra

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| Uso da água | Cobertura da terra |
| ● Irrigação | ■ Florestas |
| ● Pecuária | ■ Agropecuária |
| ● Industrial | ■ Urbano |
| ○ Abastecimento | ■ Silvicultura |
| ▲ Energia | ■ Corpos Hídricos |
| ● Outros | |

- Vale do Taquari
- Rios Principais

Fonte das Informações
 Hidrografia, Outorgas e Uso da Água: Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA/RS
 Uso e Cobertura da Terra: Adaptado do Projeto MapBiomass
 Limites Municipais: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Mapa B: Volume outorgado por município (m³/dia):

- 28 - 1000
- 1001 - 3000
- 3001 - 5000
- 5001 - 10000
- 10001 - 20000
- 20001 - 87946

Figura 3 Outorgas para uso de recursos hídricos em função do uso e cobertura da terra e volume total outorgado por município, Vale do Taquari, RS.

Como representativas do setor agroindustrial no Vale do Taquari, foram consideradas as seguintes variáveis: i) rebanho de aves; ii) rebanho de suínos; iii) rebanho de

gado de corte; iv) rebanho de gado leiteiro; v) arroz irrigado; vi) abates de aves; vii) abates de suínos; viii) abates de gado; ix) indústrias de produção leiteira.

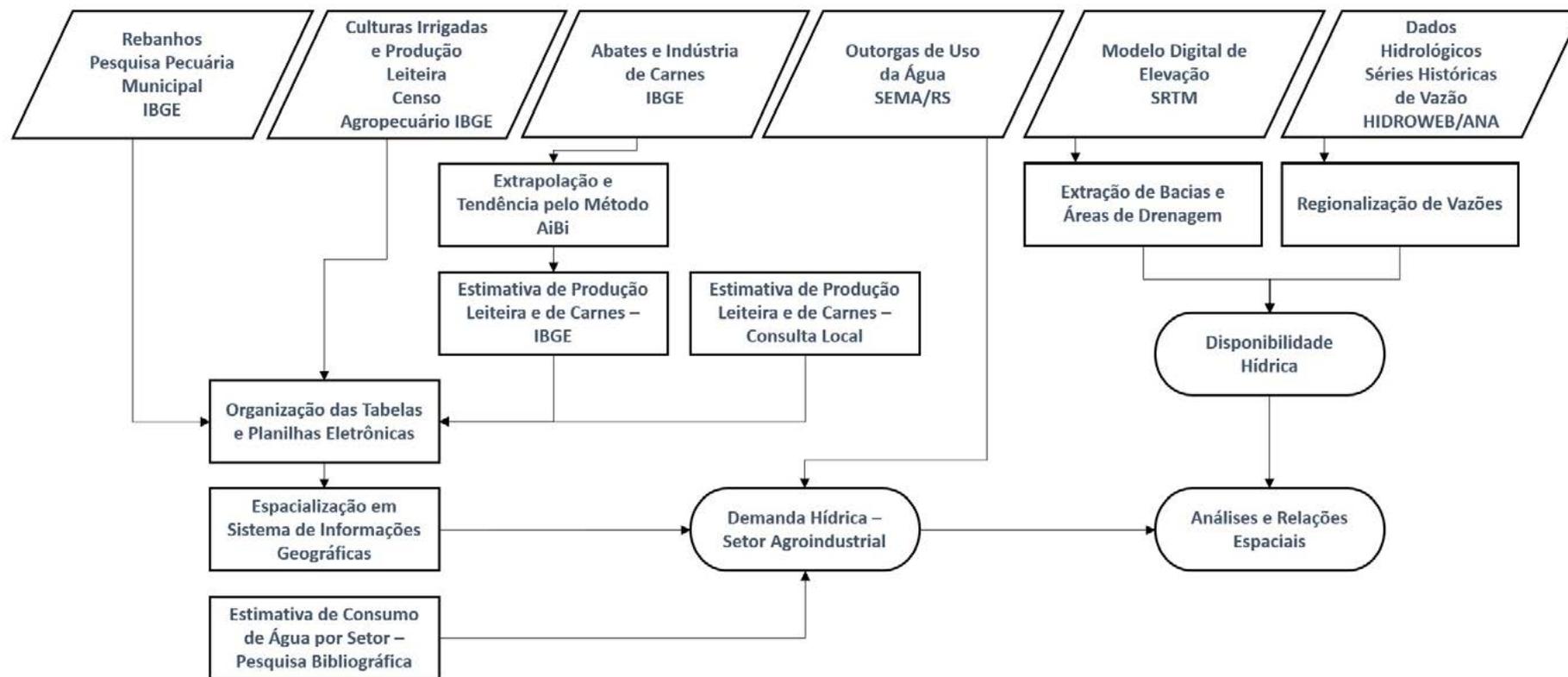


Figura 4 Fluxograma das etapas do estudo para análise espacial da demanda hídrica do Vale do Taquari, RS.

Quanto aos dados do IBGE, as informações municipais estão disponíveis para diferentes períodos. Os rebanhos foram obtidos em função da Pesquisa Pecuária Municipal, tendo como referência o ano de 2015 (IBGE 2015). A área de arroz irrigado e a quantidade de leite produzida foram consideradas iguais ao quantificado no Censo Agropecuário de 2006 (IBGE 2006). Os dados de abates estão disponíveis para cada município apenas para o ano de 1995 (IBGE 1995). No sentido de atualizar as informações do IBGE referentes aos abates e à produção de leite, foram considerados os valores para o estado do RS, via pesquisa agropecuária anual, com dados referentes ao período entre 1995 e 2015. Os valores nos municípios foram atualizados e extrapolados para o ano de 2015 considerando a mesma proporção de crescimento verificada no RS, tendo sido ajustada uma linha de tendência aos dados. Esse método de estimativa de variáveis numéricas em uma área menor em função da sua proporção em relação a uma área maior é conhecido como AiBi e foi proposto por Madeira & Simões (1972).

Por sua vez, a consulta às prefeituras e indústrias permitiu uma estimativa mais precisa dos abates e da produção de leite, permitindo uma comparação com a projeção realizada sobre os dados do IBGE. Primeiramente, as prefeituras locais foram contatadas por telefone, com objetivo de organizar uma lista de indústrias de abates e produção leiteira. Em seguida, as indústrias de carne e de leite da região foram consultadas, na sua totalidade, por meio de telefone e/ou correio eletrônico. A informação solicitada se refere à produção diária média da indústria. Os valores obtidos nesta etapa da pesquisa se referem a autodeclarações e estimativas reveladas pelas empresas, não tendo sido realizado um levantamento *in loco*. A maioria das empresas disponibilizou balanços com informações atualizadas de abates e/ou produção leiteira, enquanto outras apenas relataram por telefone ou e-mail um resumo dos seus indicadores de produção. Mesmo com essas ressalvas, tais informações podem ser consideradas mais precisas do que as estimativas de projeção realizadas a partir dos dados do IBGE, servindo de referência para a comparação dos valores neste estudo.

Os dados da SEMA-RS se referem às outorgas para o uso de recursos hídricos para indústrias, irrigação e dessedentação animal. Essas autorizações para uso de água se referem tanto aos recursos hídricos superficiais (nascentes, lagos, rios, arroios etc.) quanto aos subterrâneos, via perfuração de poços. As informações obtidas em planilha eletrônica foram espacializadas por meio da coordenada geográfica do empreendimento ou propriedade agrícola informada no processo de outorga.

Todos os dados de produção foram multiplicados pelo consumo médio em cada setor, o qual foi obtido por meio de pesquisa bibliográfica. O consumo de água para cada tipo de animal ou cultura agrícola possui características distintas, como a quantidade de água utilizada para o abate de cada espécie animal. Sendo assim, o consumo de água para dessedentação de bovinos, aves e suínos foram obtidos por meio da média apresentada por Palhares (2013). O consumo de água para produção de arroz irrigado foi retirado de SEMA (2007). No setor de indústrias de carnes, o consumo de água para o abate de suínos e bovinos foi obtido por meio dos dados obtidos em Pacheco (2006) e para o abate de aves pela Portaria nº 210 (Brasil 1998). Na Tabela 1 são apresentados os valores adotados no estudo.

Visando uma comparação entre a demanda e a disponibilidade de água, foi realizado também um estudo de regionalização de vazões médias. A disponibilidade hídrica superficial foi calculada em uma grade, com resolução espacial de 90 m, compatível com a área de drenagem acumulada derivada dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). A base SRTM escolhida foi a versão disponível no *website* da Embrapa (Miranda 2005). O processamento da base SRTM foi realizado em um sistema de informações geográficas, consistindo no processo de extração de bacias hidrográficas e de hidrografia, conforme metodologia proposta em Jenson & Domingue (1988).

A vazão disponível foi obtida por regionalização de vazões médias, conforme metodologia apresentada em Tucci (2014), considerando o cálculo da vazão média específica (relação entre a vazão média e a área de drenagem). Foram consideradas 12 estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas (Tabela 2), com dados hidrológicos consistidos no período entre 1940 e 2006, tendo sido obtidas no *website* Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA).

A vazão média em cada pixel da grade foi calculada em função da vazão específica média anual e para cada mês do ano, considerando todas as 12 estações fluviométricas. Em seguida, a vazão específica média, em $l.s^{-1}.km^{-2}$, foi multiplicada pela área de drenagem, esta última obtida por meio do processamento dos dados SRTM.

Na última etapa, foi realizada uma análise espacial relacionando os pontos de retirada de água outorgados (superficiais ou subterrâneos) e variáveis do terreno, tais como a hidrografia, altitudes, declividades, geologia e uso e cobertura da terra. A análise compreendeu a extração de índices espaciais como a densidade de pontos por unidade e a distância de feições.

A hidrografia utilizada se refere à cartografia na escala 1:50.000 da Divisão de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro (DSG), vetorizada por Hasenack &

Weber (2010). As altitudes e declividades utilizadas na análise espacial foram extraídas dos dados SRTM. A base de geologia e de uso e cobertura da terra foram obtidas junto ao banco de dados de geociências, do *website* do IBGE (2018).

Quanto à apresentação dos mapas e amplitude das classes, optou-se pelo método de quebras naturais, com

arredondamento dos valores para múltiplos de 100 ou 1000, dependendo da escala de valores de m³. Buscou-se escolher um número adequado de classes para os mapas, no sentido de realçar as diferenças municipais em relação à demanda hídrica dos diversos segmentos agroindustriais analisados.

Tabela 1 Consumo médio de água por setor de atividade agroindustrial. Fonte: BRASIL (1998); CETESB (2006); Palhares (2013); SEMA (2007).

Atividade agroindustrial	Consumo Hídrico	Unidade
Criação de gado de corte	63	litros/animal/dia
Criação de gado leiteiro	64	litros/animal/dia
Criação de aves	0,23	litros/animal/dia
Criação de suínos	15	litros/animal/dia
Arroz Irrigado	12.000	m ³ /hectare/safra
Abate de bovinos	2.000	litros/carcaça
Abate de aves	30	litros/carcaça
Abate de suínos	1.000	litros/carcaça
Produção de leite	3,2	litros/litro de leite

Tabela 2 Séries hidrológicas do Hidroweb (ANA) utilizadas na regionalização das vazões médias no Vale do Taquari, bacia do rio Taquari-Antas. Fonte: Elaborado pelos autores a partir das informações disponíveis no portal Hidroweb da ANA (2021).

Código	Nome da Estação	Área de Drenagem (km ²)	Período
86100000	Passo do Gabriel	1.820	1940-2006
86160000	Passo Tainhas	1.120	1940-2006
86410000	Passo Barra do Guaiaveira	2.820	1956-2006
86420000	Ponte do Prata	317	1959-2006
86480000	Passo Migliavaca	1.330	1956-2006
86500000	Passo Carreiro	1.820	1939-2006
86510000	Muçum	16.000	1940-2006
86560000	Linha Colombo	2.030	1939-2006
86580000	Santa Lúcia	2.470	1940-2006
86700000	Ponte Jacaré	436	1943-2006
86720000	Encantado	19.100	1941-2006
86745000	Passo do Coimbra	791	1957-2006

3 Resultados

A primeira etapa do diagnóstico da demanda hídrica consistiu na estimativa das variáveis relacionadas à produção primária (setor agropecuário) e indústrias de carnes e leite (abates e produção leiteira). Na Tabela 3 é apresentada uma síntese dos principais rebanhos, da

produção de arroz irrigado e consumo de água para esses usos no Vale do Taquari, considerando apenas os dados do IBGE (2015). Já na Tabela 4 são comparados os valores referentes aos abates e produção leiteira considerando os dados do IBGE (1995, 2006) e a consulta local.

Como pode-se observar nas Tabelas 3 e 4, o Vale do Taquari se destaca pela criação de aves e suínos

Tabela 3 Rebanhos, plantação de arroz irrigado e demanda hídrica no Vale do Taquari, RS, estimados em função dos dados estatísticos do IBGE (2015).

Categoria Produtiva	Produção	Unidade	Demanda Hídrica (m³.dia⁻¹)
Rebanho de aves	35.146.517	Cabeças	8.084
Rebanho de suínos	965.441	Cabeças	14.482
Rebanho de gado de corte	246.349	Cabeças	15.520
Rebanho de gado leiteiro	107.435	Cabeças	6.876
Arroz irrigado	3.651	Hectares	120.033
Total			164.995

Tabela 4 Abates, produção leiteira anual e demanda hídrica no Vale do Taquari, RS, estimados em função dos dados estatísticos do IBGE (1995, 2006) e de consulta local às prefeituras e indústrias de carnes e leite.

Categoria produtiva	Produção (IBGE)	Produção (Consulta Local)	Unidade	Demanda Hídrica, m³.dia⁻¹ (IBGE)	Demanda Hídrica, m³.dia⁻¹ (Consulta Local)
Abate de aves	39.114.558	305.140.000	Cabeças	3.215	25.080
Abate de suínos	483.529	3.013.597	Cabeças	1.325	8.256
Abate de gado	108.910	518.665	Cabeças	597	2.842
Produção de leite	317.573	2.473.605	Mil litros	2.784	21.686
Total				7.921	57.864

para a produção de carnes e pela sua produção leiteira. Considerando a espacialização de dados realizada, o Vale do Taquari possui um rebanho de 35,1 milhões de cabeças de aves, com demanda hídrica estimada em 8,1 mil m³.dia⁻¹ e um rebanho de 965 mil cabeças de suínos, com demanda hídrica estimada em 14,5 mil m³.dia⁻¹.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA 2016), apesar do aumento do custo de produção de alimentos de origem animal no ano de 2015, a produção, exportação e consumo dessas carnes têm apresentado crescimento a cada ano, principalmente em função do aumento do consumo interno registrado ao longo das últimas décadas, mas também em virtude da ampliação da exportação desses produtos para mercados emergentes como o Oriente Médio e a China. Atualmente, no Brasil, 67,3% da carne de frango é destinada ao mercado interno brasileiro e 32,7% é exportada, de acordo com os dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA 2016).

O rebanho de gado de corte também apresenta números expressivos, sendo estimado em 246 mil cabeças, com demanda hídrica de 15,5 mil m³.dia⁻¹. Em relação ao gado leiteiro, estima-se pelos dados do IBGE que o rebanho seja de 107 mil cabeças e a demanda hídrica de 6,9 mil m³.dia⁻¹.

Na comparação entre a estimativa de produção de carnes e leite, considerando os dados do IBGE (1995, 2006) e uma consulta local às prefeituras e indústrias, pode-se observar uma grande discrepância nas informações. A pesquisa detalhada junto às empresas do Vale do Taquari revelou que os dados do IBGE acabam subestimando a produção e, conseqüentemente, a demanda hídrica.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4, a estimativa de abates em função dos dados do IBGE (1995, 2006) foi subestimada em 87% para aves, em 84% para suínos e 79% para bovinos, na comparação com os dados obtidos na pesquisa local. Por sua vez, a estimativa de produção leiteira também foi fortemente subestimada em 87%. Esses erros se devem ao uso da tendência observada no estado do RS para estimar os abates e a produção de leite no Vale do Taquari. O método de estimativa AiBi, que considera que o crescimento de uma variável em uma área menor (municípios do Vale do Taquari) segue a mesma proporção de uma área maior (RS) é frequentemente usado para projeção de dados socioeconômicos. Porém, no caso deste estudo, não apresentou bons resultados, possivelmente, em função da tendência regional de expansão desse segmento de indústria de alimentos ser bem superior à média estadual.

A demanda hídrica para o setor agroindustrial no Vale do Taquari, considerando as nove categorias produtivas analisadas, foi estimada em 222,9 mil m³.dia⁻¹, tendo como referência o somatório entre a produção primária (pecuária e arroz irrigado – IBGE 2006, 2015) e a produção de carnes e leite (abates e produção leiteira – consulta local). Quando consideradas apenas as informações do IBGE (2006, 2015), a demanda foi estimada em 172,9 mil m³.dia⁻¹, ou seja, 22% menor em relação aos dados refinados pela pesquisa local.

A produção de arroz irrigado é a que mais demanda recursos hídricos, com 120 mil m³.dia⁻¹. Apesar da área plantada de arroz irrigado corresponder a apenas 0,76% da área do Vale do Taquari, esse cultivo é responsável por mais de 50% da água consumida na região.

A demanda de água na indústria para produção de carnes e de leite foi estimada em 57,8 mil m³.dia⁻¹ na consulta local, sendo superior à demanda de água para dessedentação animal (45 mil m³.dia⁻¹), correspondendo a 26% da demanda total para o setor agroindustrial. Nesse aspecto, destacam-se as indústrias de carne de aves (25,1 mil m³.dia⁻¹) e as indústrias de leite (21,7 mil m³.dia⁻¹).

A Figura 5 mostra dois mapas da demanda hídrica total, referente ao setor agroindustrial, por município, no Vale do Taquari. O primeiro considera exclusivamente os dados do IBGE (1995, 2006, 2015) (Figura 5A), enquanto o segundo agrega a pesquisa local às prefeituras e indústrias para o setor de alimentos (Figura 5B). Já na Figura 6 é apresentada a participação de cada setor na demanda hídrica agroindustrial, para cada município do Vale do Taquari.

Pode-se observar na Figura 5 que os municípios que demandam a maior quantidade de água para o atendimento às atividades agroindústrias são Taquari (93,3 mil m³.dia⁻¹), Cruzeiro do Sul (27,3 mil m³.dia⁻¹) e Lajeado (27,1 mil m³.dia⁻¹). Quanto aos dois primeiros, isso se deve ao fato destes municípios estarem localizados no baixo curso do Rio Taquari, em áreas mais planas com ampla disponibilidade hídrica superficial, o que favorece o cultivo de lavouras irrigadas de arroz (ver também Figura 6). Já no caso de Lajeado, a elevada demanda se deve preferencialmente às indústrias de carne de aves, com 84% de participação no consumo total de água do município.

Ainda em relação à participação de cada setor na demanda hídrica agroindustrial, observa-se uma regionalização do consumo hídrico voltado à pecuária na porção centro-norte do Vale do Taquari, enquanto as indústrias possuem maior participação no eixo central e a irrigação do arroz na porção sul (Figura 6).

As Figuras 7 e 8 ilustram a demanda hídrica individualizada por setor, por município do Vale do Taquari, considerando somente os dados do IBGE (1995, 2006, 2015) (Figura 7) e os dados da consulta às indústrias locais

(Figura 8). Uma importante consideração em relação à comparação entre a tendência modelada aos dados do IBGE e a consulta local às prefeituras e indústrias, na análise por municípios, é que, além da expansão do setor acima da média estadual, houve ao longo das últimas décadas uma concentração da atividade em grandes indústrias de carnes e de produção de leite, localizadas em poucos municípios do Vale do Taquari.

Por esse motivo é que na Figura 8 a maioria dos municípios não apresentou demanda hídrica para abates ou produção leiteira. Uma quantidade expressiva de pequenos frigoríficos encerrou seus negócios na região, com a produção sendo absorvida pelas grandes empresas do segmento, como maior capacidade de ampliação da linha de produção e maior competitividade no mercado nacional e internacional. Essa concentração fica evidente ao comparar a Figura 7A-7D com a Figura 8A-8D. Atualmente, a maior concentração de indústrias de carnes e de leite se localiza no centro da região, não distante das principais rodovias, tais como a BR-386, BR-453 e RS-130. Essa tendência pode ser considerada um problema no que tange a gestão dos recursos hídricos na região, uma vez que concentra o consumo de água em poucas áreas do Vale do Taquari.

Considerando a consulta local às prefeituras e indústrias da região (Figura 8A-8D), o município de Lajeado é o que apresenta a maior quantidade de abates de aves (760.000 abates diários) e de suínos (3.845 abates diários), totalizando 26,6 mil m³.dia⁻¹ de consumo de água para as duas atividades. Quanto à produção de carne bovina, o município de Anta Gorda se destaca com 760 abates diários, consumindo aproximadamente 1,5 mil m³.dia⁻¹ de água. Já para a produção de leite, quatro municípios se destacam: o município de Fazenda Vila Nova com 6,4 mil m³.dia⁻¹, Estrela com 5,1 mil m³.dia⁻¹, Arroio do Meio com 4,5 mil m³.dia⁻¹ e Teutônia com 4,3 mil m³.dia⁻¹.

Em relação ao arroz irrigado (Figura 7E), além dos municípios de Taquari e Cruzeiro do Sul, que são os dois maiores produtores do Vale do Taquari, destaca-se também o município de Bom Retiro do Sul. Esses três municípios concentram a maior parte da demanda hídrica para esse cultivo, retirando a água principalmente do rio Taquari. Outras várzeas que possibilitam o cultivo de arroz na região são dos rios Forqueta e Guaporé, porém em quantidade inferior.

Como mostra a Figura 7F-7I, os municípios que possuem a maior produção primária de gado de corte são Estrela e Teutônia, ambos com demanda hídrica superior a 1.000 m³.dia⁻¹. O município de Nova Bréscia se destaca no rebanho de aves, possuindo a maior demanda hídrica para esse setor de produção, com 1.150 m³.dia⁻¹. Na produção de suínos, os municípios que demandam mais água para esses

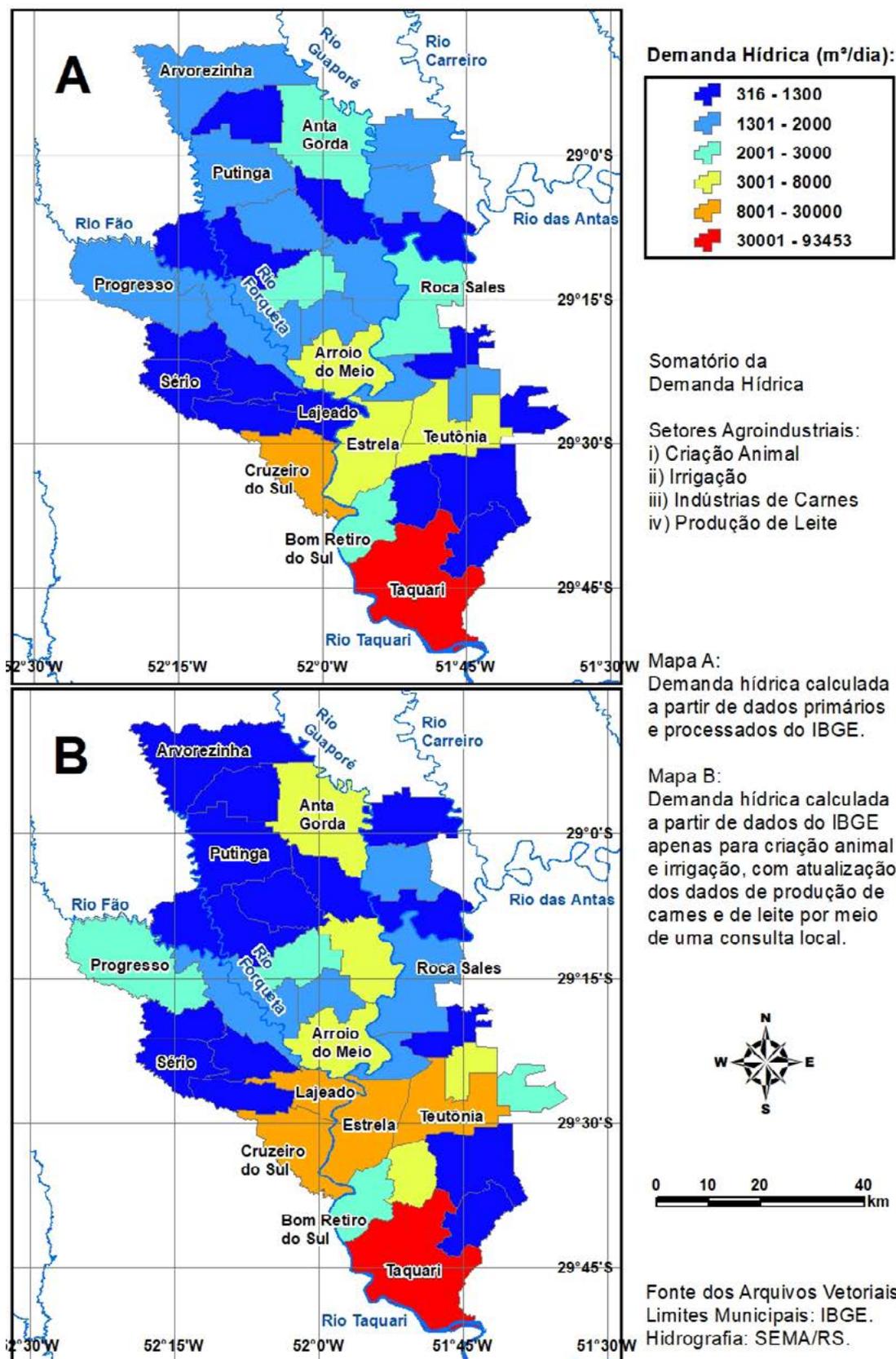


Figura 5 Demanda hídrica média para o setor agroindustrial por município do Vale do Taquari.

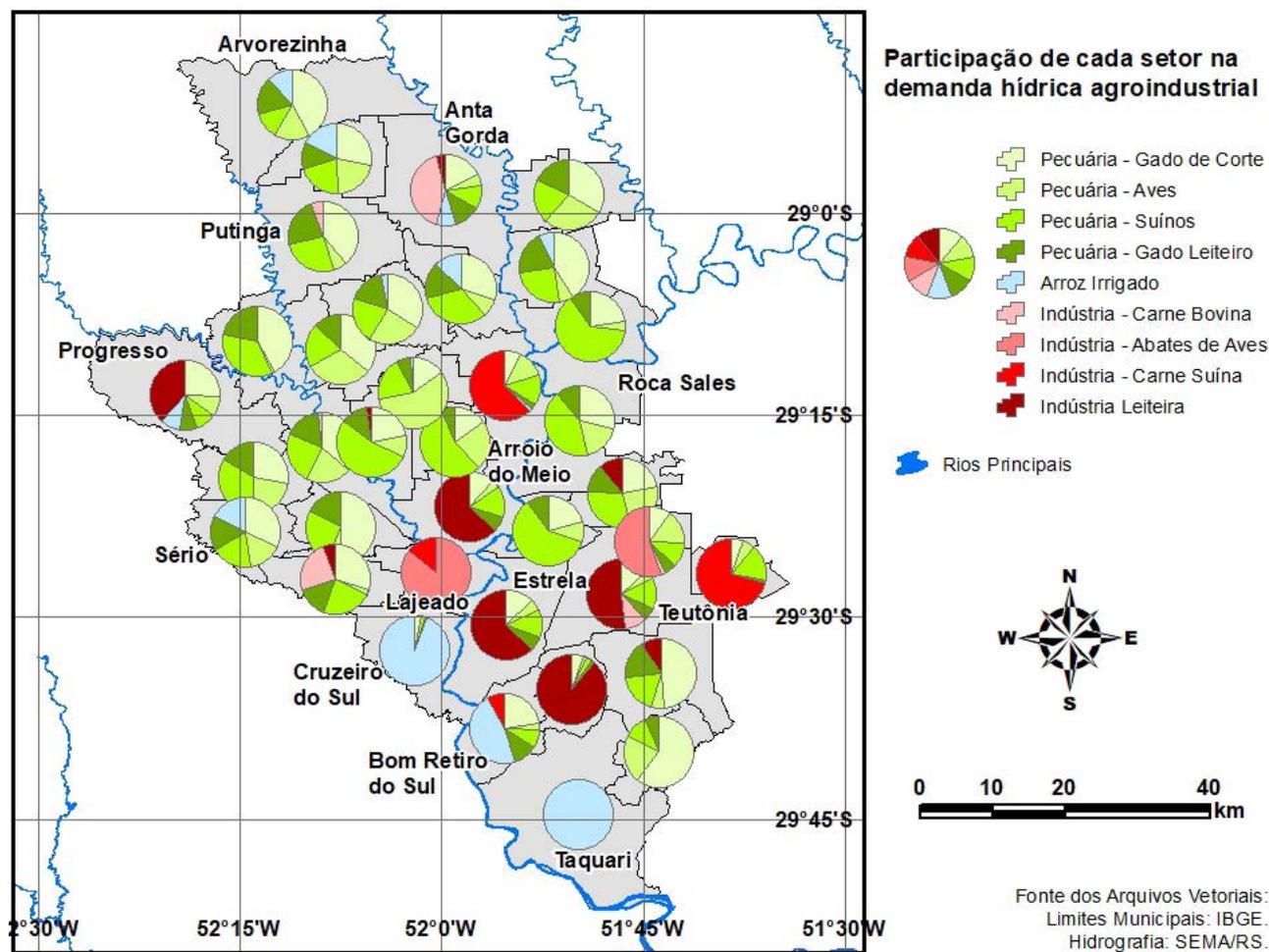


Figura 6 Participação de cada setor na demanda hídrica agroindustrial, por município, Vale do Taquari, RS.

rebanhos são Teutônia com $1.133 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, Arroio do Meio com $1.061 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, Capitão com $1.025 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ e Estrela com $1.020 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$. Por fim, em relação ao gado leiteiro, se destacam os municípios de Estrela, Teutônia e Arroio do Meio, todos com demanda diária superior a 500 m^3 .

A espacialização da disponibilidade hídrica foi obtida pelo processo de regionalização de vazões, considerando 12 postos fluviométricos. Baseado nessas séries históricas, estima-se que a vazão específica média na região é de $25,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. O verão é o período de menor vazão nos rios, destacando-se como mais críticos para ocorrência de estiagens os meses de janeiro ($14,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) e março ($13,9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Na relação disponibilidade/demanda hídrica, o pior cenário ocorre em janeiro, tendo em vista que neste mês a demanda hídrica é maior, principalmente para a produção de arroz e dessedentação de animais.

A Figura 9 ilustra a disponibilidade hídrica média anual para o Vale do Taquari, considerando apenas os

recursos hídricos superficiais. Observa-se que os municípios adjacentes aos rios Taquari, Forqueta e Guaporé apresentam uma disponibilidade hídrica média superior a 40.000 m^3 por dia, podendo este valor ser bem maior para as comunidades ribeirinhas a estes rios. Os municípios mais críticos, com menor disponibilidade hídrica superficial, são Capitão, Ilópolis, Nova Bréscia e Fazenda Vila Nova, todos com disponibilidade média inferior a 1.000 m^3 por dia.

De modo geral, pode-se afirmar que o Vale do Taquari apresenta uma demanda hídrica bem inferior à disponibilidade hídrica superficial. Os principais rios da região apresentam vazões médias estimadas superiores a $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, o que garante o atendimento às demandas por água. Essa constatação é amparada pelo diagnóstico realizado no Plano de Bacia do Taquari-Antas (SEMA 2012). Apesar disso, ao verificar as outorgas emitidas pelo órgão competente (SEMA-RS), pode-se observar que a maioria se refere à perfuração de poços para aproveitamento

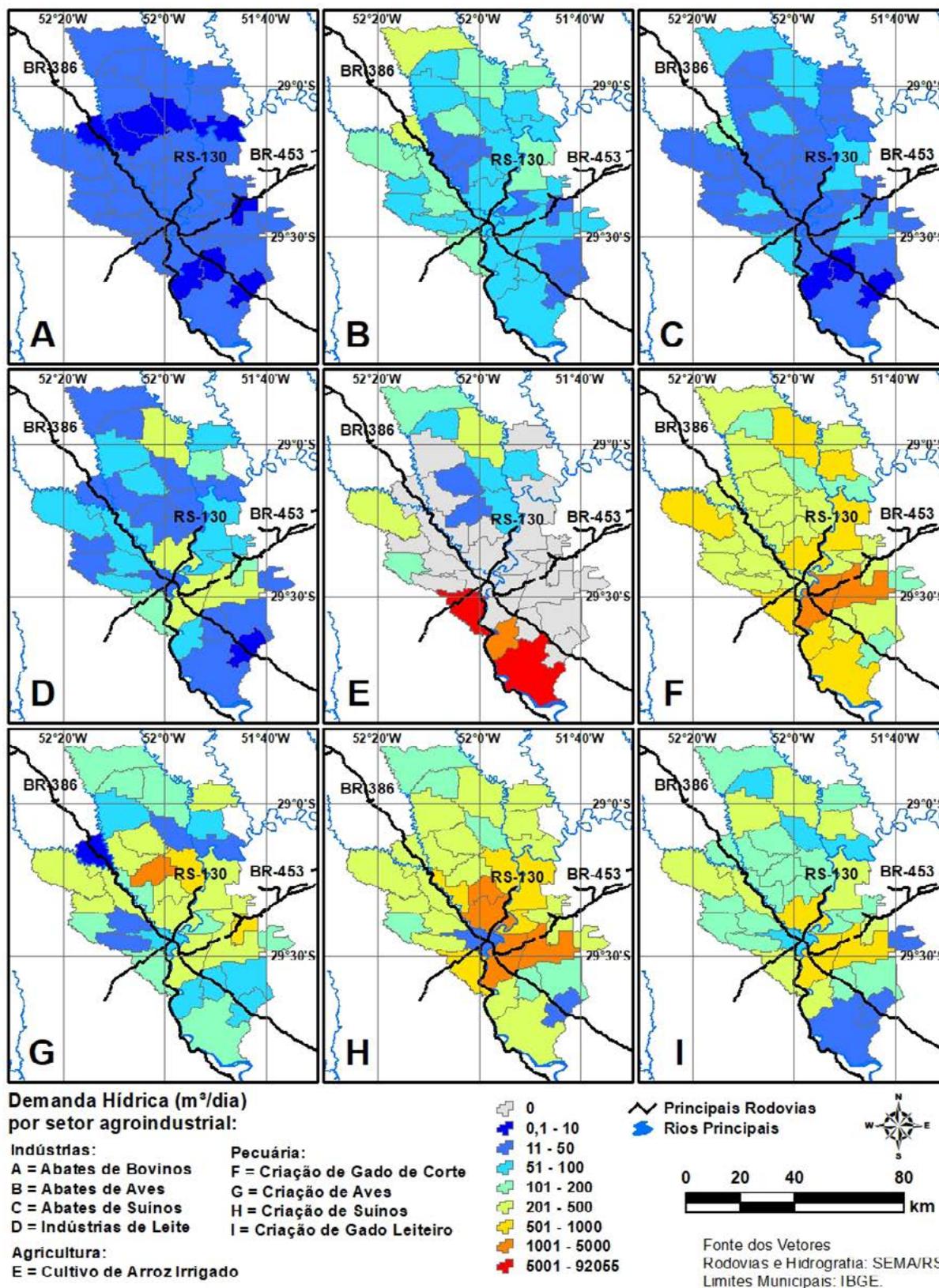


Figura 7 Demanda hídrica estimada para cada setor agroindustrial a partir dos dados do IBGE (1995, 2006, 2015), por município, Vale do Taquari, RS.

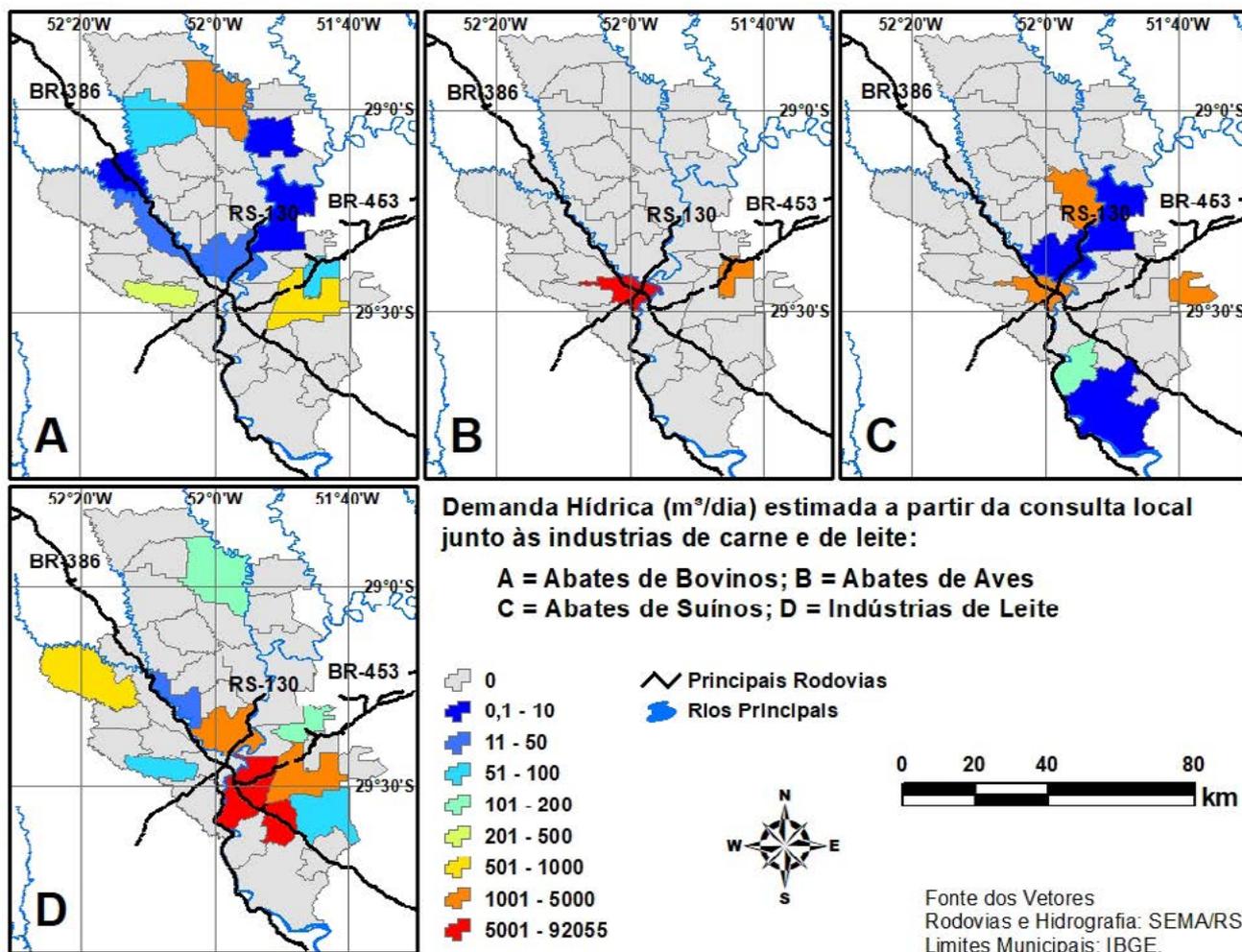


Figura 8 Demanda hídrica estimada para o setor industrial (indústrias de carnes e de produção de leite), a partir da consulta às prefeituras e indústrias locais, por município, Vale do Taquari, RS.

de águas subterrâneas (>90%), com participação em 41,4% do volume outorgado.

Cabe destacar que, ainda que a demanda hídrica do Vale do Taquari seja, atualmente, atendida pela disponibilidade hídrica no trecho baixo da Bacia do Taquari-Antas, o uso sem o devido planejamento das fontes subterrâneas pode gerar uma pressão intensa por recursos hídricos no futuro, uma vez que o excesso de retiradas pode ser superior à recarga dos aquíferos da região, podendo comprometer a vazão de base dos rios da região. Além disso, é importante mencionar que novas outorgas e retiradas de água a montante do Vale do Taquari, podem comprometer o atendimento à demanda hídrica na região, caso isso não seja realizado de acordo com o Plano de Bacia estabelecido para o Taquari-Antas, uma vez que parte significativa da água disponível nos municípios do Vale do Taquari está condicionada à gestão hídrica realizada nos

demais municípios da bacia, especialmente, os localizados a montante.

Após uma análise espacial, verificou-se que o uso preferencial das fontes subterrâneas se deve a fatores como: i) o relevo acidentado da região, que torna mais cara a captação de água superficial dos rios com maior disponibilidade hídrica para as propriedades agrícolas localizadas nas áreas mais altas e mais distantes da rede de drenagem natural (distância média dos poços outorgados para a hidrografia é de 380 m); ii) a baixa qualidade dos recursos hídricos superficiais na maior parte dos mananciais (Classes III e IV predominam), inviabilizando muitas vezes o seu uso para dessedentação de rebanhos e irrigação de cultivos agrícolas e para o processo de produção de carnes nas indústrias que abatem os animais.

Se for analisada a distribuição das outorgas para uso de água na bacia (Figura 2), percebe-se que as outorgas

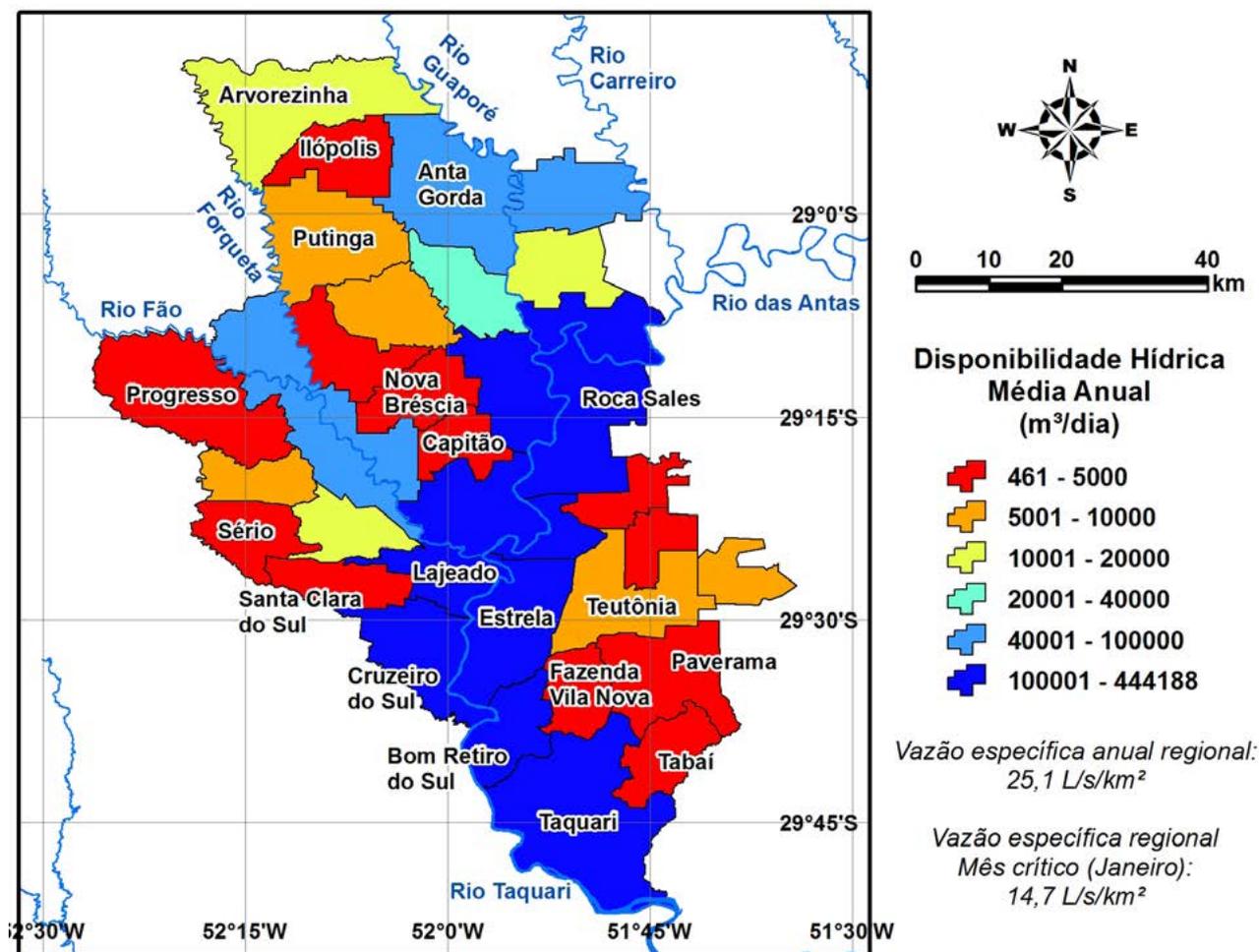


Figura 9 Disponibilidade hídrica média anual estimada por regionalização de vazões médias, por município, Vale do Taquari, RS.

para geração de energia hidrelétrica predominam no rio Forqueta, na porção noroeste do Vale do Taquari. As outorgas superficiais predominam ao longo do rio Taquari, que possui elevada disponibilidade hídrica, com vazão média superior a $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Por sua vez, as outorgas subterrâneas predominam em locais mais distantes da hidrografia e, principalmente, em altitudes inferiores a 200 m (80% das outorgas), onde estão localizadas boa parte das propriedades agropecuárias e os principais centros urbanos do Vale do Taquari (ver Figura 2 e 3). Além disso, o acesso à água subterrânea é facilitado nessas localidades, pois a menor profundidade do nível das águas possibilita a perfuração de poços rasos (Bortolin 2018).

Quanto ao volume outorgado, deve-se destacar os municípios de Taquari e Lajeado. O volume expressivo outorgado para o município de Taquari não surpreende, pois existem muitas plantações de arroz irrigado próximo à

foz do rio Taquari, na porção sul do Vale do Taquari. Ainda assim, o volume outorgado é bem inferior ao estimado com os dados do IBGE como necessário para a irrigação do arroz, cerca de apenas 30%, o que indica a possibilidade de estar sendo realizadas retiradas de água superiores aos valores outorgados. Essa constatação preocupa, pois sem a devida regularização e controle efetivo das retiradas de água do Rio Taquari, existe o comprometimento da gestão dos recursos hídricos superficiais, podendo gerar conflitos por usos da água e até mesmo possibilidade de não atendimento a demandas futuras, no Vale do Taquari e, também, em pontos a jusante do sistema hídrico.

Já o caso de Lajeado está associado às atividades industriais, que representam a maior parte do uso de água. Neste caso, o volume outorgado é bem superior ao estimado com os dados do IBGE (1995, 2006, 2015) e da consulta local, isso porque muitas atividades industriais demandantes de água não são atribuídas ao setor agroalimentar. Assim

como em boa parte do Vale do Taquari, as retiradas de água em Lajeado se referem preferencialmente às águas subterrâneas.

Logo, mesmo com a disponibilidade hídrica superficial bem superior à demanda, pode-se confirmar que o setor agroindustrial tem apresentado uma tendência de ampliação do aproveitamento das fontes subterrâneas de água, mais abundantes e com maior qualidade, aumentando as possibilidades de utilização desse recurso natural. Isso indica, por outro lado, a necessidade de ampliação do monitoramento do consumo hídrico de fontes subterrâneas, no sentido de acompanhar seus indicadores qualitativos e quantitativos.

Além disso, pode-se constatar que os volumes outorgados para o setor agroindustrial (157,6 mil m³.dia⁻¹) são inferiores à estimativa de demanda hídrica realizada por meio da espacialização de informações relacionadas aos rebanhos, irrigação e abates. A diferença é de 30%, mesmo considerando todas as outorgas para o setor industrial. Isso indica a necessidade de maior controle e fiscalização por parte dos órgãos competentes, visando à universalização do processo de outorga para uma gestão mais racional dos recursos hídricos.

Por fim, cabe ressaltar que o processo de regionalização de vazões considerou um período suficientemente longo, porém com dados consistidos em 12 postos fluviométricos até o ano de 2006. A realização de uma análise de consistência nos dados mais recentes de vazão, de modo a atualizar o cálculo da vazão disponível poderá revelar alterações na dinâmica hídrica, ainda que estudos recentes como Bazzo et al. (2017) não indiquem uma tendência de alteração nas vazões da Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas.

4 Conclusões

O presente estudo analisou espacialmente a demanda hídrica no setor agroindustrial do Vale do Taquari, RS. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a maior parte das demandas se refere à produção do arroz irrigado, às margens do rio Taquari, e às atividades pecuárias como a criação de gado de corte e de suínos. No primeiro caso, a retirada de água é superficial, com a construção de canais de irrigação. Já nas propriedades agropecuárias com ênfase na criação de animais, localizadas preferencialmente na porção centro-norte da bacia, predominam as outorgas para uso da água subterrânea.

Ainda que o setor agroindustrial apresente um grande consumo hídrico, as vazões médias estimadas no Vale do Taquari são superiores à demanda regional por água. Porém, a análise realizada indicou que há uma grande diferença entre os volumes outorgados e os dados

obtidos por meio de consulta local e das estatísticas do IBGE, no que diz respeito ao volume de demanda hídrica. Considerando os dados do IBGE, a demanda foi estimada em 172,9 mil m³.dia⁻¹. O volume outorgado foi de 157,6 mil m³.dia⁻¹, enquanto que a consulta local às prefeituras e indústrias revelou um valor de 222,9 mil m³.dia⁻¹. Isso indica uma relativa incerteza na estimativa de consumo hídrico quando utilizadas as outorgas da SEMA-RS. Em municípios mais dependentes do setor agroindustrial, as outorgas apresentam volumes inferiores às demais estimativas de consumo hídrico. Esta situação está relacionada ao fato de a maior parte dos produtores rurais e pequenos abatedouros não possuírem a outorga para uso da água, muitas vezes, realizando perfurações para uso de águas subterrâneas ou construindo açudes para armazenamento das águas dos pequenos arroios sem a autorização por parte da SEMA-RS. Essa conclusão é preocupante, pois a ausência de outorga dificulta o planejamento e gestão dos recursos hídricos na região, uma vez que as retiradas superam os valores devidamente registrados nos órgãos competentes, podendo gerar excessiva pressão sobre o sistema hídrico no futuro.

Por fim, conclui-se que a análise espacial por meio de técnicas de geoprocessamento é uma ferramenta de extrema importância para compreender a demanda hídrica e sua relação com a disponibilidade de água, proporcionando uma visualização quantitativa dos setores agroalimentares da região. A metodologia empregada neste estudo pode ser aplicada e adequada para diferentes estudos sobre o consumo de água, com inserção de novos dados ou atualização, resultando em uma ferramenta para auxiliar no manejo dos recursos hídricos. No entanto, sugere-se que o acesso a dados produtivos de diferentes setores industriais seja sistematizado e divulgado com maior transparência, pois em alguns casos a consulta local por dados da indústria pode não refletir a realidade, dificultando a análise espacial da demanda hídrica.

5 Referências

- ABPA – vide Associação Brasileira de Proteína Animal.
- Agência Nacional de Águas 2021, *Portal Hidroweb*, ANA, viewed 24 August 2021, <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>.
- ANA – vide Agência Nacional de Águas.
- Araújo, R.G., Andreoli, R.V., Candido, L.A., Kayano, M.T. & Souza, R.A.F. 2013, 'A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul', *Acta Amazonica*, vol. 43, no. 4, pp. 469-80. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400009>
- Associação Brasileira de Proteína Animal 2016, *Relatório Anual 2016*, ABPA, São Paulo, viewed 5 March 2018, <<https://abpa-br.org/relatorios/>>.

- Bazzo, K.R., Guedes, H.A.S., Castro, A.S., Siqueira, T.M., & Teixeira-Gandra, C.F.A. 2017, 'Regionalização da vazão Q95: comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS', *Revista Ambiente & Água*, vol. 12, no. 5, pp. 855-70. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2032>
- Bianchini, C.D. 2015, 'Determinação de áreas mais indicadas para implantação de unidades de conservação no Vale do Taquari-RS', Bachelor Thesis, Universidade do Vale do Taquari. <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/993>
- Bortolin, T.A. 2018, 'Estudo da recarga do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas', PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188220>
- Brasil 1998, *Portaria 210/98: Regulamento Técnico de Inspeção Tecnológica e Higiénico-Sanitária de Carne de Aves*, Publicado no Diário Oficial da União de 26/11/1998, Seção 1, Página 226, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, viewed 7 March 2018, <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Portaria-210_000h19kjan02wx7ha0e2uuv60rmjy11.pdf>.
- Campos, M. 2015, 'Diagnóstico do conflito de uso do solo em áreas de preservação permanente do Ribeirão das Posses (Igarauçu do Tietê – SP) visando a conservação dos recursos hídricos', Master Thesis, Universidade Estadual Paulista. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/126479>
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters 2018, *EM-DAT: The International Disaster Database, CRED*, viewed 04 March 2018, <http://www.emdat.be/advanced_search/index.html>.
- CETESB – vide Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
- Christofididis, D. 2006, 'Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável', *Revista de Ciências Exatas*, vol. 12, no. 1, pp. 37-46. <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/exatas/article/view/382>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo 2006, *Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)*, CETESB, São Paulo, viewed 17 November 2017, <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>>.
- CRED – vide Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M. & Tichit, M. 2013, 'Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century', *Animal*, vol. 7, no. 6, pp. 1028-43. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- Hasenack, H. & Weber, E.J. 2010, *Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000*, DVD (Série Geoprocessamento, 3), UFRGS, Porto Alegre.
- IBGE – vide Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1995, *Portal Sidra 1995: Censo Agropecuário: Abate de animais*, IBGE, viewed 15 November 2017, <<https://sidra.ibge.gov.br/home/abate/rio-grande-do-sul>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2006, *Portal Sidra 2006: Rebanho efetivo de animais*, IBGE, viewed 15 November 2017, <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas/brasil/2016>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010, *Censo demográfico 2010: resultados do universo*, IBGE, viewed 15 November 2017, <<http://cod.ibge.gov.br/GQY>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2015, *Pesquisa Pecuária Municipal*, IBGE, viewed 16 November 2017, <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2017, *Produto Interno Bruto dos Municípios*, IBGE, viewed 1 September 2020, <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2018, *Geociências: downloads*, IBGE, viewed 14 October 2018, <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>.
- Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittone, P. & Hochman, Z. 2013, 'Yield gap analysis with local to global relevance – a review', *Field Crops Research*, vol. 143, pp. 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>
- Jensen, J.R. 2000, *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Prentice Hall, New Jersey.
- Jenson, S.K. & Domingue, J.O. 1988, 'Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis', *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 54, no. 11, pp. 1593-600.
- Madeira, J.L. & Simões, C.C.S. 1972, 'Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia', *Revista Brasileira de Estatística*, vol. 33, no. 129, pp. 3-11. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/111/rbe_1972_v33_n129.pdf
- Miranda, E.E. 2005, *Brasil em Relevô*, Embrapa, Campinas, viewed 25 November 2017, <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>.
- Pacheco, J.W. 2006, *Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)*, CETESB, São Paulo.
- Palhares, J.C.P. 2013, *Consumo de água na produção animal*, Comunicado Técnico no. 102, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, viewed 28 November 2017, <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/971085>>.
- Palhares, J.C.P. 2016, 'A experiência brasileira no manejo hídrico das produções animais' in J.C.P. Palhares (ed.), *Produção Animal e Recursos Hídricos*, Editora Cubo, São Carlos, pp. 11-32.
- Ruhoff, A.L. 2004, 'Gerenciamento de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas: Modelagem Ambiental com a Simulação de Cenários Preservacionistas', Master Thesis, Universidade Federal de Santa Maria. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9609>
- Schneider, V.E. & Carra, S.H.Z. 2016, 'Pegada hídrica dos suínos abatidos na região do Corede Serra, RS, Brasil', *Revista Ambiente & Água*, vol. 11, no. 1, pp. 211-24. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1688>
- Secretaria Estadual do Meio Ambiente 2007, *Relatório Síntese da Fase A – RSA: diagnóstico e prognóstico hídrico das bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul*, SEMA, Porto Alegre.
- Secretaria Estadual do Meio Ambiente 2012, *Plano da Bacia do Taquari-Antas: Relatório Síntese Etapa A – REA*, SEMA, Porto Alegre.
- SEMA – vide Secretaria Estadual do Meio Ambiente.

- Setti, A.A., Lima, J.E.F.W., Chaves, A.G.M. & Pereira, I.C. 2000, *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*, Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília.
- Severo, F.Z. 2011, *Perfil socioeconômico do Vale do Taquari – RS*, UNIVATES, Lajeado, viewed 11 December 2017, <https://www.univates.br/media/bdr/Perfil_VT_Setembro_2011.pdf>.
- Tucci, C.E.M. 2014, *Hidrologia: ciência e aplicação*. UFRGS/ABRH, Porto Alegre.
- Tundisi, J.G. 2008, 'Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções', *Estudos avançados*, vol. 22, no. 63, pp. 7-16. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

Recebido em: 02/09/2020

Aprovado em: 31/08/2021

Como citar

Kehl, L., Oliveira, G.G. & Cyrne, C.C.S. 2021, 'Análise espacial da demanda hídrica no setor agroindustrial do Vale do Taquari, RS, Brasil', *Anuário do Instituto de Geociências*, vol. 44: 37978. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37978