

# ESTIMATIVA DAS CARGAS DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NA BACIA HIDROGRAFICA TAQUARI-ANTAS

## RESUMO

Os recursos hídricos representam para a sociedade e o meio ambiente um papel de suma importância. Em termos de sociedade relacionamos os múltiplos usos que se fazem destes, sem esquecer que o principal uso é para o consumo e abastecimento das necessidades primárias. Já em termos de meio ambiente sabemos que são os pilares para o suporte e desenvolvimento da biodiversidade e produção de biomassa na terra. A destinação dos resíduos industriais é uma preocupação na atualidade, e mesmo das indústrias sendo obrigadas a tratar seus resíduos antes de despejá-los nos corpos hídricos, não o estão executando com eficiência. Uma das razões que levam a esta situação é a falta de conhecimento dos efeitos que seus resíduos podem ocasionar, deixando-os em um segundo plano, e o orçamento elevado que se requer para investir em uma estação de tratamento de efluentes, considerando não somente a construção, mas também a demanda que exige a sua manutenção. A ideia parte do pressuposto de que é difícil acessar as informações referentes aos efluentes industriais gerados, sendo muitas vezes, até mesmo desconhecida, a atividade industrial presente. Indo ao encontro da busca de soluções para esta problemática se realizou uma estimativa da carga de potencial poluidor dos efluentes industriais, tendo como área de estudo a bacia hidrográfica Taquari-Antas. Um total de 393 indústrias foram classificadas em 24 setores. O potencial poluidor de Metais da água (MA), Tóxicos da água (TA), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Sólidos em Suspensão Totais (SST) para o meio aquático foi estimado através da metodologia The Industrial Pollution Projection System (IPPS).

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluentes industriais; Potencial poluidor; IPPS.

## ESTIMATE OF THE LOADS OF INDUSTRIAL WASTEWATER IN TAQUARI-ANTAS, BASIN

## ABSTRACT

The water resources represent for society and the environment a role of paramount importance. In terms of society relate to the multiple uses that make these, without forgetting that the main use is for the consumption and supply of primary needs. Already in terms of the environment we know that they are the pillars for the support and development of biodiversity and biomass production on earth. The allocation of industrial waste is a concern today, and even of industries are obliged to treat their waste before evict them in bodies of water, are not running efficiently. One of the reasons that lead to this situation is the lack of knowledge of the effects that their waste can cause, leaving them in a second plan, and the budget level that is required to invest in an effluent treatment plant, considering not only the construction, but also the demand that requires maintenance. The idea is based on the assumption that it is difficult to access the information relating to industrial effluents generated, being many times, even unknown, industrial activity present. Going to the search for solutions to this problem was an estimate of the load of potential polluter of industrial effluents, having as an area of study the watershed Taquari-Antas. A total of 393 industries were classified into 24 sectors. The potential polluter of metals from the water (MA), Toxic water (TA), biochemical oxygen demand (BOD) and Suspended Solids (TSS) in the aquatic environment was estimated by the methodology The Industrial Pollution Projection System (IPPS).

**KEYWORDS:** Industrial effluents; Potential polluter; IPPS.

## INTRODUÇÃO

A água é a base da vida na Terra, sendo o principal componente do meio ambiente (Von Sperling, 1995). Sua disponibilidade e qualidade estão diretamente ligadas à qualidade de vida e sobrevivência da humanidade. É a principal fonte para o desenvolvimento econômico e social. No entanto também se caracteriza por ser o recurso mais danificado, estando alguns destes motivos ligados ao incremento das más práticas agrícolas, pecuárias e industriais, à falta de políticas ambientais que incentivem a preservação do recurso e à falta de investimento de estações de tratamento, tanto de esgoto como de efluentes industriais. A problemática atinge a toda a população mundial, alguns países em maior proporção que outros.

A atividade industrial, apesar de não ser uma das atividades mais poluentes (volume) nos corpos de água, é a que tem desencadeado problemas de maior impacto (Von Sperling, 1995). Para citar algumas delas, temos o desastre ocorrido no município de Mariana, localizado no estado de Minas Gerais, Brasil. No dia 5 de novembro de 2015, a barragem de Fundão, destinada à contenção de resíduos provenientes da atividade mineira, rompeu, provocando o derramamento de efluentes, principalmente de metais pesados, ao longo do rio Doce. As consequências geradas pelo despejo da lama foram enormes, sendo o evento considerado, segundo alguns médios de comunicação, como o maior desastre ambiental da história brasileira, e até mesmo o maior a nível mundial no que se refere a barragens residuais. Outro exemplo se encontra nos Estados Unidos, onde os habitantes da cidade de Flint, Michigan foram afetados pela contaminação da única fonte de água que tinham a sua disposição. Devido a indícios de problemas de saúde e intoxicação na comunidade, se realizaram análises que determinaram que o rio Flint continha grandes concentrações de chumbo, gerando problemas de saúde pública e ambiental.

O monitoramento e controle dos efluentes industriais é cada vez mais preocupante. Apesar de contar com a tecnologia e conhecimento de novas técnicas de tratamento, carece ainda de eficiência na hora de garantir a qualidade dos recursos hídricos. Os altos custos de manutenção das estações de tratamento, a grande demanda de tempo que incide na coleta e análise de amostras e a falta de políticas ambientais rígidas são alguns dos motivos da deficiência. Faz-se necessário começar a explorar alternativas econômicas que deem suporte na realização de diagnósticos ambientais referentes à poluição industrial.

## THE INDUSTRIAL POLLUTION PROJECTION SYSTEM (IPPS)

O sistema de projeção industrial de poluentes (IPPS) foi desenvolvido como resposta à necessidade de ter uma ideia detalhada das principais fontes de poluição industrial, devido ao crescimento produtivo e tecnológico. Segundo Hettige *et al.* (1995) o aumento da poluição industrial está ligado a escala da atividade industrial, pela sua composição setorial e pelo tipo de tecnologia utilizada nos processos de produção.

A grande maioria dos países subdesenvolvidos, carece de informações complementares sobre o potencial poluidor industrial, devido ao alto custo do processo de monitoramento e controle contínuo desses. No entanto, para ter uma ideia do crescimento industrial e do aporte econômico de cada setor, alguns países utilizam informações básicas como valor agregado por unidade produzida e a mão de obra necessária para sua produção. O IPPS foi desenhado para que a partir destes dados básicos fosse possível gerar um perfil das saídas contaminantes. Este perfil é medido como uma estimativa setorial da intensidade da poluição, ou da poluição por unidade de atividade industrial Hettige *et al.* (1995).

O IPPS foi desenvolvido pela equipe de infraestrutura e meio ambiente do grupo de investigação do Banco Mundial (DECRG-IE), a partir de uma extensa base de dados de aproximadamente 200.000 indústrias em todas as regiões dos Estados Unidos, abrangendo quase 1.500 categorias de produtos, todas as tecnologias, e centenas de poluentes divididos nas categorias de potencial poluidor para os meios de ar, água e solo.

A agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (EPA) junto com o escritório do censo, para estabelecer e dar confiabilidade à estimativa conformou uma extensa base de dados, com o fim de projetar todos os campos das categorias mencionadas anteriormente. Algumas das principais bases de dados são resumidas a seguir:

- *The Toxic Release Inventory (TRI)*

O TRI contém as informações sobre as emissões anuais de substâncias químicas tóxicas para o meio ambiente, além de ser o encarregado do “planejamento de emergência e do direito da comunidade a saber atuar” (EPCRA) frente a uma possível exposição a essas substâncias, conhecido também com o título *III of The Superfund Amendments* emitido em 1986. A lei tem dois propósitos fundamentais: prover informação às comunidades sobre os possíveis perigos dos produtos químicos, e melhorar o planejamento para acidentes químicos.

- *Aerometric Information Retrieval System (AIRS)*

A AIRS é uma base de dados do sistema de gestão nacional de EE.UU, que contém informações das emissões e qualidade do ar no ambiente. É dividida em três subsistemas:

- Geografia comum: contém a base de dados de códigos necessários;
- Qualidade do ar: contém dados da qualidade do ar no ambiente;
- *Air Facility (AFS)*: contém as emissões e dados do cumprimento estabelecido pela lei do ar limpo.

- *National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)*

A NPDES contém os relatórios das vazões residuais das indústrias autorizadas, regida pela lei da água limpa. Aproximadamente foram 60.000 relatórios arquivados mensalmente durante um período de 10 anos, informando mais de 2.000 parâmetros. Alguns deles são a Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), Sólidos totais em Suspensão (SST), pH e temperatura.

- *The Human Health and Ecotoxicity Database (HHED)*

A HHED contém uma série de índices de potencial toxicológico, N. Olewiler, K.

Dawson no trabalho “*Analysis of National Pollutant Release Inventory Data on Toxic Emissions by Industry*”, apresenta oito categorias (Quadro 1) que vão desde a capacidade de provocar câncer até danos ambientais, como danos à flora, à fauna e às plantas.

Quadro 1: Qualificação HHED

Qualificação dos produtos químicos na saúde humana e ameaças ambientais	
<b>Carcinogenicidade:</b> a capacidade de causar câncer. Exemplos: Benzina, Formaldeído.	<b>Toxicidade aguda:</b> a capacidade de causar a morte após a exposição de curta duração. Exemplos: Cloro, Arsénio.
<b>Alterações genéticas hereditárias e mutação cromossômica:</b> a capacidade de produzir em células germinais humanas mutações que podem ser passadas de geração em geração. Exemplos: Styrene, Cloreto de vinilo.	<b>Toxicidade crónica:</b> a capacidade de provocar efeitos adversos (exceto câncer) após a exposição a longo prazo, tais como danos para os rins, pulmões, fígado ou dos ossos. Exemplos: Acetona, Amoníaco.
<b>Toxicidade para o desenvolvimento:</b> a capacidade de danificar o desenvolvimento das crianças no ventre ou após o nascimento, causando problemas como defeitos estruturais, pré-natal a morte, distúrbios de aprendizagem, retardos de crescimento, Exemplos: Tolueno, Níquel.	<b>A neurotoxicidade:</b> a capacidade de danificar o sistema nervoso central ou periférico após a exposição a longo prazo. Exemplos: Chumbo, Manganês.

<p><b>Toxicidade Reprodutiva:</b> a capacidade de danificar os homens ou mulheres de se reproduzir (esterilidade), incapacidade de produzir leite, Exemplos: Xileno, Metil Etil Cetona.</p>	<p><b>Envirotoxicity:</b> A capacidade de ocasionar danos significativamente sérios ao ambiente e prejudicar a vida selvagem e plantas. Está relacionada a dois fatores persistência, produto químico de longevidade no ambiente e a bioacumulação, tendência de um produto químico de se manter ou acumular em outros organismos que estão acima na cadeia alimentar. Exemplos: Ácido Sulfúrico, Zinco:</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Adaptado de Olewiler, Dawson (1998).

- *The Longitudinal Research Database (LRD)*

A LRD é uma base de dados a nível de estabelecimento construído a partir do censo de manufaturas (CM) dos anos 1963, 1967, 1972, 1977, 1982 e 1973 e do questionário anual de indústrias (ASM) do período 1973 a 1989. Esta base é administrada pelo Centro de Estudos Econômicos (CES), com o fim de melhorar e disponibilizar esses dados ao público externo. A CM contém a enumeração das atividades industriais qualificadas segundo o censo do sistema de qualificação padrão industrial (SIC). Alguns dos dados disponibilizados pela LDR anualmente são:

- O nome do estabelecimento, endereço, quatro e cinco dígitos da SIC códigos;
- Estatísticas de nominata;
- Custo de material de energia, gastos de capital e valor agregado total;
- Quantidade e custo dos bens materiais consumidos;
- Quantidade e valor de produtos transportados;
- Número de trabalhadores.

## INTENSIDADE DE POLUIÇÃO

O (DECRG-IE), partindo das bases de dados expostas anteriormente, viu a possibilidade de gerar uma imagem global do meio ambiente com relação ao desenvolvimento industrial. Esta imagem teria todo o detalhamento e tamanho para representar, por meio de uma estimativa, a poluição associada a cada nível de atividade e qualquer setor industrial. Conceitualmente, esta estimativa seria representada como o índice de intensidade de poluição, expresso como uma proporção da poluição por unidade de atividade industrial (Hettige *et al.*, 1995):

$$pollutantoutputintensity = \frac{pollutantoutput}{totalmanufacturingactivity}$$

## **COEFICIENTE DE INTENSIDADE DE POTENCIAL POLUIDOR**

A escolha do coeficiente está ligada a dois fatores: o meio que se tem interesse de avaliar (ar, água, solo ou os três) e a categoria de intensidade. O IPPS qualificou os coeficientes em três categorias: “*Lower bound*” (LB), “*Upper Bound*” (UB) e “*Interquartile*” (IQ). Os coeficientes LB englobam todas as indústrias, incluindo as que não forneceram relatório para EPA, por apresentarem emissões baixas ao padrão limite estipulado de potencial poluidor. Os coeficientes UP contemplam só aquelas indústrias que forneceram relatório das emissões para a EPA. Os coeficientes IQ só consideram as indústrias cujas emissões estavam na faixa do segundo e terceiro quartil, deixando de lado as demais emissões.

Na maioria dos trabalhos desenvolvidos se utilizaram os coeficientes LB, que engloba a maioria das indústrias, tendo bons resultados com respeito às análises amostrais (Olewiler e Dawson, 2011); e no trabalho de Young (2003) “*Environmental regulation and competitiveness in Brazilian Industry, with special reference to the energy setor*”.

## **DENOMINADOR DE INTENSIDADE DE POTENCIAL POLUIDOR**

Mencionado anteriormente a LRD proporciona várias opções para medir a atividade industrial. Pode-se utilizar qualquer delas. Vai depender da disponibilidade de informação de cada país onde se deseja utilizar a metodologia. As mais utilizadas por serem de mais fácil acesso são:

- Unidades produzidas;
- Valor agregado;
- Número de trabalhadores.

## **MATERIAIS E METODOS**

A bacia hidrográfica Taquari-Antas é considerada uma das grandes bacias do Brasil devido a que sua extensão supera os 10.000 km<sup>2</sup>, seus municípios são caracterizados pelas suas condições geográficas e pelas suas atividades econômicas. Na Figura 1 podemos observar as três principais regiões: na parte superior aproximadamente entre as altitudes de 825m a 1.200m encontramos, em cor pele, a região dos Campos de Cima da Serra, em cor verde temos a região Colonial da Serra Gaúcha, aproximadamente entre as altitudes de 450 a 750m e por último, na parte inferior da bacia, com altitudes inferiores contempladas de 20 a 400m temos a região do Vale do Taquari, representada pela cor roxa.

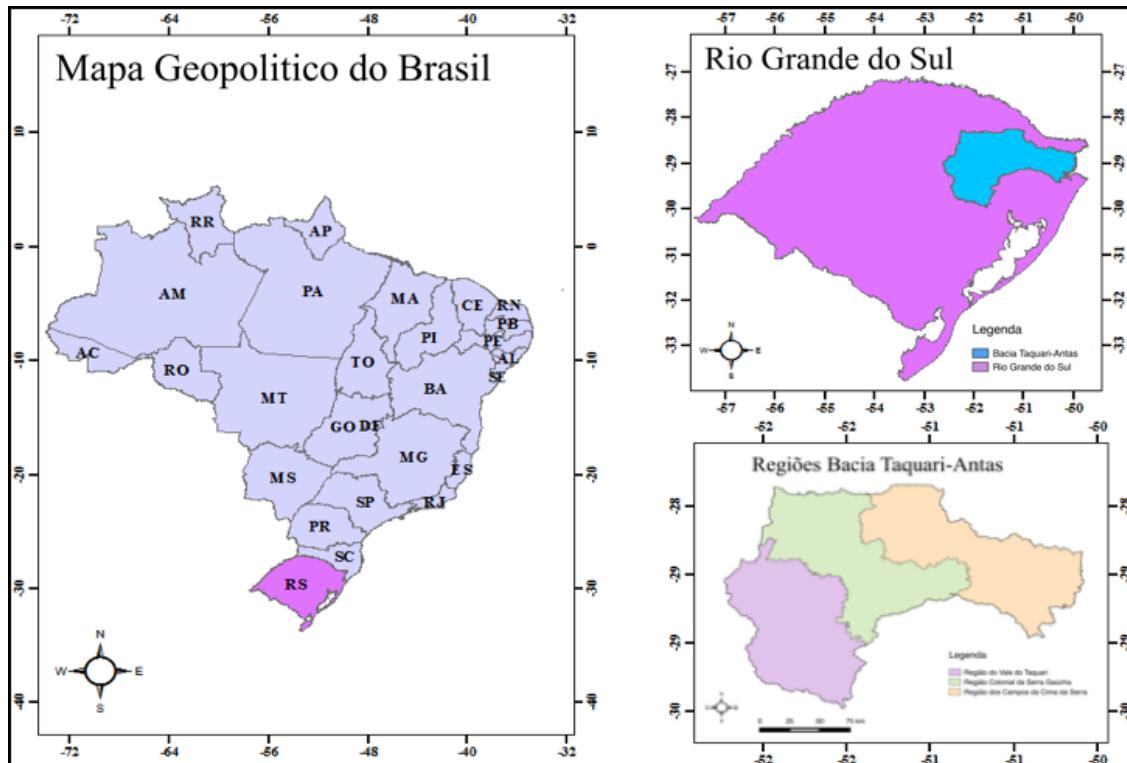


Figura 1: Localização e regiões bacia Taquari-Antas. Fonte: Elaborada pelo autor.

**REGIÃO DO VALE DO TAQUARI:** É a região localizada nas altitudes inferiores da bacia, sendo uma das regiões mais suscetíveis a inundações. Está conformada por 39 municípios: Anta Gorda, Arroio do Meio, Arvorezinha, Bom Retiro do Sul, Boqueirão do Leão, Canudos do Vale, Capitão, Colinas, Coqueiro Baixo, Cruzeiro do Sul, Dois Lajeados, Doutor Ricardo, Encantado, Estrela, Fazenda Vilanova, Forquetinha, Ilópolis, Imigrante, Lajeado, Marques de Souza, Muçum, Nova Bréscia, Paverama, Poço das Antas, Pouso Novo, Progresso, Putinga, Relvado, Roca Sales, Santa Clara do Sul, Sério, São Valentim do Sul, Tabai, Taquari, Teutônia, Travesseiro, Venâncio Aires, Vespasiano Correa e Westfália.

Segundo dados do IBGE possui 1,71% da área total do estado, em 2012 representou 3,29% do produto interno bruto PIB e 3,07% da população do RS. O Vale Taquari se destaca por seu potencial para os agronegócios e sua parcela significativa no setor industrial de alimentos, onde é o responsável por 30% da produção de frangos, 15% da produção de suínos e 9% da produção leiteira estadual. Outros setores representativos são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Setores Industriais Região do Vale, 2015.

Setor Industrial	Indústrias Exportadoras e Importadoras
Alimentos	8
Couros	5
Química	5

Mobiliário	2
Madeira	2
Veículos Automotores	1
Produtos de Metal	1
Bebidas	1
Produtos Diversos	1
Fumo	1
Plásticos e borracha	1
Máquinas e Equipamentos	1
Material Elétrico	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

**REGIÃO COLONIAL DA SERRA GAÚCHA:** Região localizada nas altitudes intermédias da bacia. Foi colonizada em 1875 principalmente por imigrantes do norte da Itália, que foram os principais produtores de uva no país (TRICHES *et al.*, 2004).

As atividades industriais da região começaram a ser desenvolvidas nos anos 40 junto com a intensificação do grau de urbanização dos municípios Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Farroupilha, Flores da Cunha, Carlos Barbosa, Antônio Prado, Garibaldi, Ipê, Monte Belo do Sul, Nova Pádua, Santa Tereza e São Marcos. Pequenas chácaras começaram a tornar-se um atrativo potencial na mão-de-obra para os agricultores de pequenas propriedades rurais, trabalhadores de fazendas e imigrantes dos Campos de Cima da Serra. Causa pela qual a região não é economicamente homogênea. Por um lado, temos a zona colonial industrializada, rica e próspera para os negócios, e por outro lado temos a zona de campo com níveis baixos de produtividade e desenvolvimento.

Economicamente a região é responsável por mais do 11% do PIB do estado RS, conta com o primeiro polo metal-mecânico, se destacando nos setores industriais do plástico e borracha, veículos automotores, mobiliário, bebidas, material elétrico e vestuário. Outros setores representativos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Setores Industriais Região Colonial da Serra Gaúcha, 2015.

Setor Industrial	Indústrias Exportadoras e Importadoras
Máquinas e Equipamentos	54
Mobiliário	52
Veículos Automotores	32
Produtos de Metal	32
Plásticos e borracha	31
Material Elétrico	17
Bebidas	16
Produtos Diversos	15
Vestuário	11
Couros	10

Alimentos	10
Metalúrgica	4
Têxtil	4
Gráfica	3
Química	3
Equipamentos de precisão	3
Minerais não-Metálicos	3
Transporte	2
Madeira	1
Papel e Papelão	1
Coque	1
Reciclagem	1
Edição Integrada à Impressão	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

**REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA:** É a região mais alta da bacia. Contava com uma população de 1.009.819 de habitantes segundo o IBGE em 2010 e é formada por 14 municípios que ocupam uma área de 17.257.515 km<sup>2</sup>. Sua principal atividade é a pecuária devido às características do relevo. É uma região conhecida também pela produção artesanal do queijo serrano. Outros setores representativos são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Setores Industriais Região dos Campos de cima da Serra, 2015.

Setor Industrial	Indústrias Exportadoras e Importadoras
Mobiliário	8
Madeira	1
Papel e Papelão	1
Alimentos	1
Material Elétrico	1
Máquinas e Equipamentos	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

## COLETA DE DADOS INDUSTRIAIS

A coleta dos dados industriais foram obtidos por meio do cadastro industrial do Rio Grande do Sul 2015 publicado anualmente pela (FIERGS). O cadastro fornece informações como: nome fantasia da indústria, número de funcionários, município pertencente, tipo de produtos, se é importadora, exportadora ou ambas e por último o setor de atividade pertencente. Partindo destas informações se fez uma classificação do número de indústrias por município da bacia indicando o número de empregados e o setor de atividade. Cabe ressaltar que foram consideradas apenas aquelas indústrias que pertenciam a duas atividades industriais, de acordo com estudos que comprovam que os potenciais poluidores cresceram continuamente, evidenciando que as atividades do complexo

exportador são bem mais intensivas em potencial poluidor do que as importadoras (Veiga *et al.*, 1994; Young, 1999b).

No cálculo das estimativas dos potenciais poluidores se utilizou a metodologia IPPS. Esta metodologia só foi aplicada para o meio aquático, estimando assim os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Totais em Suspensão (SST), Metais Tóxicos (MA) e Tóxicos da Água (TA). Como já foi mencionado anteriormente os coeficientes de intensidade de poluição são classificados em três categorias, a categoria utilizada foi, “*Lower bound*” (LB), Tabela 1, por englobar todas as indústrias, incluindo as que não forneceram relatório para a EPA, contendo maior quantidade de dados industriais, além de considerar a falta de informações do cadastro industrial, devido ao fato de ser opcional o cadastramento.

Tabela 1: Coeficientes de potencial poluidor para o meio água metodologia IPPS.

ISIC Code	BOD Water Lower-Bound	TSS Water Lower-Bound	TA Water Lower Bound	MA Water Lower Bound
3111	<sup>1</sup> 3257,79	4040,06	735,27	38,27
3132	2683,95	1473,22	0	0
3140	323,96	395,62	390,09	—
3211	4172,55	6479,70	7600,85	8,29
3219	0	239,09	35,38	15,18
3231	43317,39	81801,66	15691,12	92,54
3311	5041,72	23773,82	54,88	2,42
3419	19037,23	18778,18	480,35	36,51
3420	173,36	94,89	0,91	0,06
3511	569462,00	880209,19	427270,40	3887,76
3560	24841,80	536,83	221,81	45,83
3699	1297,41	1903,32	114,76	2,99
3710	954,99	14069644,07	25299,11	1847,36
3819	1380,69	39742,04	2114,19	176,05
3851	30,98	34,43	48,53	0,96
3839	17,83	109,36	514,83	22,05
3829	75,30	1773,32	689,01	9,06
3843	25,99	130,68	246,30	4,28
3844	293,02	1740,16	6577,54	124,73
3812	0	32,66	54,43	0,22
3901	0	1304113,17	720,76	13,01

<sup>1</sup> Water Pollution Intensity with respect to employment (kilograms/1000 employees)

—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

Fonte: Adaptado de Hettige *et al.* (1995).

Como a metodologia IPPS foi desenvolvida nos Estados Unidos, a classificação dos setores industriais é regida pela “*International Standard Industrial Classification of All Economic Activities*” (ISIC). No Brasil é utilizada a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), por isso foi necessário recorrer às respectivas correspondências que a comissão nacional de classificação (CONCLA) disponibiliza no seu site. A correspondência utilizada foi CIIU/ISIC rev.4 x CNAE 2.0 que é a mais recente revisão. Na Tabela 2 são apresentados os setores industriais da bacia segundo a correspondência equivalente internacionalmente.

Tabela 2: Correspondência equivalente internacionalmente CIIU/ISIC rev.4 x CNAE 2.0.

ISIC Code	Código da Divisão	Descrição da Divisão CNAE	Abreviação da divisão CNAE
3111	10	Fabricação de produtos alimentícios	Alimentos
3132	11	Fabricação de bebidas	Bebidas
3140	12	Fabricação de produtos do fumo	Fumo
3211	13	Fabricação de produtos têxteis	Têxtil
3219	14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	Vestuário
		Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	
3231	15	Fabricação de produtos de madeira	Couros
3311	16	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Madeira
3419	17	Impressão e reprodução de gravações	Papel e Papelão
3420	18	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	Gráfica
	19	Fabricação de produtos químicos	Coque
3511	20	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	Química
3560	22	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Plásticos e borracha
3699	23	Metalurgia	Minerais não-Metálicos
3710	24	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	Metalúrgica
3819	25		Produtos de Metal

3851	26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Equipamentos de precisão
3839	27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Material Elétrico
3829	28	Fabricação de máquinas e equipamentos	Máquinas e Equipamentos
3843	29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	Veículos Automotores
3844	30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	Transporte
3812	31	Fabricação de móveis	Mobiliário
3901	32	Fabricação de produtos diversos	Produtos Diversos
—	38	Coleta, tratamento e disposição de resíduos; recuperação de materiais	Reciclagem
	58	Edição e edição integrada à impressão	Edição Integrada à Impressão

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tendo os setores classificados, se realizou o cálculo de potencial poluidor industrial, que é a razão entre o coeficiente de intensidade de poluição do IPPS e uma medida da atividade industrial, neste caso sendo o número de trabalhadores o único dado disponível. Um exemplo deste cálculo é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Exemplo cálculo intensidade de poluição

ISIC Code	Coeficiente de potencial de poluição DBO Lower-Bound* (kg/ano)	Código da Divisão CNAE	Descrição da divisão CNAE	Número de indústrias	Número de trabalhadores
3511	569462,00	20	Fabricação de produtos químicos	13	1722

Cálculo de potencial de poluição para o setor industrial químico de acordo com a Tabela:

$$((569462,00 \div 1000) \times 1722) \div 1000 = 980,61\text{t/ano}$$

Significa que o setor industrial químico na bacia Taquari-Antas tem um potencial poluidor de 980,61toneladas de DBO por ano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas do potencial poluidor obtidas pela metodologia IPPS correspondentes a cada parâmetro das atividades industriais na bacia hidrográfica Taquari-Antas são apresentadas na Tabela 4, na Figura 3 é apresentada a espacialização das cargas industriais.

Tabela 4: Cargas estimadas IPPS para os setores industriais na bacia Taquari-Antas

<b>Sector Industrial</b>	<b>Número de Industrias</b>	<b>Número de Funcionarios</b>	<b>DBO t/ano</b>	<b>SST t/ano</b>	<b>Tóxicos da agua t/ano</b>	<b>Metales tóxicos del agua t/ano</b>
Alimentos	21	8466	27,58	34,20	6,225	0,32
Bebidas	18	2019	5,42	2,97	0	0
Fumo	13	14587	4,73	5,77	5,69	—
Textil	4	386	1,61	2,50	2,93	0,00
Vestuario	12	2061	0	0,49	0,07	0,03
Cueros	17	3778	163,65	309,05	59,28	0,35
Madera	4	800	4,03	19,02	0,04	0,00
Papel e	2	220	4,19	4,13	0,11	0,01
Gráfica	3	669	0,12	0,06	0,00	0,00
Coque	1	410	<sup>2</sup>			
Química	13	1722	980,61	1515,72	735,76	6,69
Plásticos y caucho	35	7618	189,24	4,09	1,69	0,35
Minerales no Metálicos	5	822	1,07	1,56	0,09	0,00
Metalúrgica	4	460	0,44	6472,04	11,64	0,85
Productos de Metal	35	9444	13,04	375,32	0,33	1,66
Equipos de precisión	4	545	13,04	0,02	0,03	0,00
Material Eléctrico	18	4510	0,02	0,49	2,32	0,10
Máquinas y Equipos	61	11906	0,08	21,11	8,20	0,11
Vehículos						
Automotores	34	25596	0,90	3,34	6,30	0,11
Transporte	3	67	0,67	0,12	0,44	0,01
Mobiliario	63	10192	0,02	0,33	0,55	0,00
Productos Diversos	21	2074	0	2704,73	1,49	0,03
Reciclaje	1	100	—	—	—	—
Edición e Impresión	1	120				
<b>Total</b>	<b>393</b>	<b>108572</b>	<b>1397,41</b>	<b>11477,09</b>	<b>862,85</b>	<b>10,63</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

O levantamento industrial listou um total de 393 indústrias, classificadas em 24 setores industriais segundo a divisão do CNAE. Dos 24 setores, 13 contribuem com uma carga IPPS estimada de 10,630 t/ano. Os setores de química, produtos de metal e metalúrgica são os mais poluentes, com uma contribuição de 63%, 16% e 8% respectivamente, do total de potencial poluidor anual, Figura 2.

<sup>2</sup> Setores Industriais sem coeficientes IPPS.

O setor industrial químico apresenta a maior porcentagem de cargas de potencial poluidor de MA com a presença de 13 industrias (Tabela 5), sendo os municípios de Montenegro, Arroio do Meio e Triunfo os maiores contribuintes com cargas de 1,70 t/ano, 1,50 t/ano e 1,10 t/ano respectivamente onde as atividades de fabricação de produtos químicos orgânicos, fabricação de resinas termoplásticas e fabricação de produtos de limpeza e polimento geram o maior potencial poluidor.

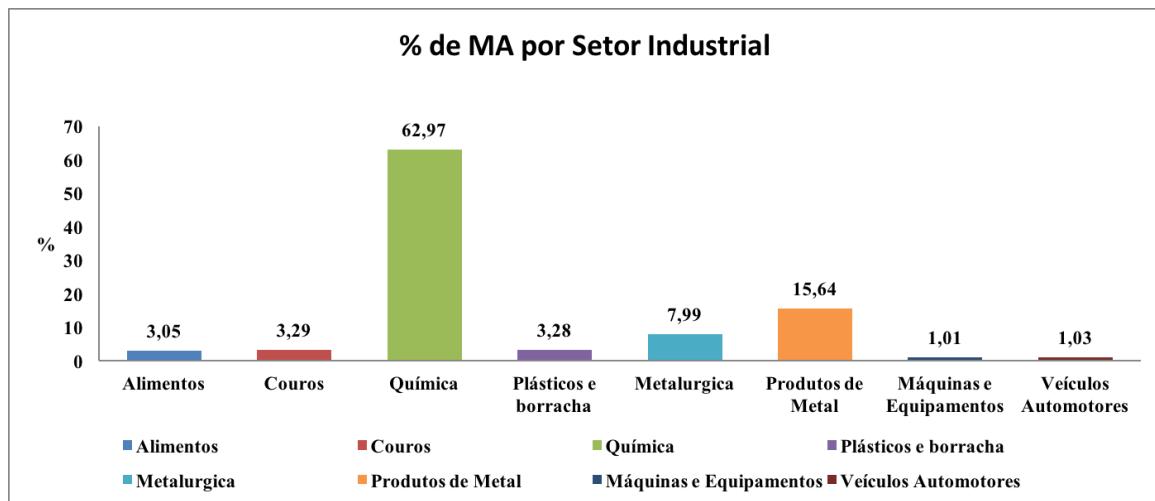


Figura 2: Cargas porcentuais anuais de Metais tóxicos da água na bacia Taquari-Antas.

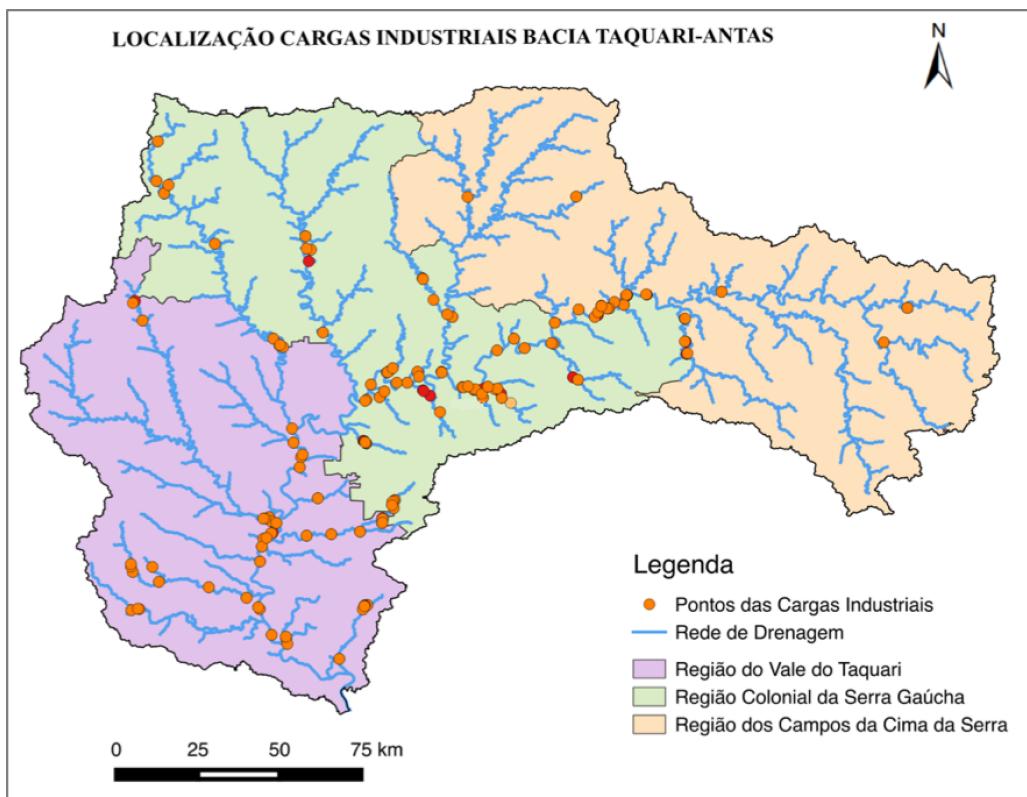


Figura 3: Localização das cargas industriais na bacia Taquari-Antas. Fonte: Elaborada pelo autor.

O setor industrial de produtos de metal é o segundo maior contribuinte com a presença de 35 industrias localizadas em 10 municípios da bacia sendo Carlos Barbosa, Caxias do Sul e Farroupilha os que apresentam maior potencial poluidor com 0,58 t/ano, 0,41t/ano e 0,13 t/ano respectivamente, as atividades com maior potencial estão concentradas na fabricação de artigos de cutelaria, artigos de metal para uso doméstico e pessoal. Outro setor industrial importante em termos de carga é o metalúrgico com 4 industrias, a produção de tubos de ferro e aço é a maior contribuinte localizada no município de Caxias do Sul com uma carga de 0,43 t/ano.

Comparando os resultados dos diferentes setores industriais observa-se que o potencial poluidor está fortemente ligado ao tipo de atividade industrial e não ao número de industrias.

Em relação ao potencial poluidor do parâmetro tóxicos da água, dos 24 setores, 19 contribuem com uma carga estimada de 862,850 t/ano. Os setores de química, couro e produtos de metal, os mais poluentes, contribuem com 85%, 7% e 2% respectivamente, para o total de potencial poluidor anual, Figura 4.

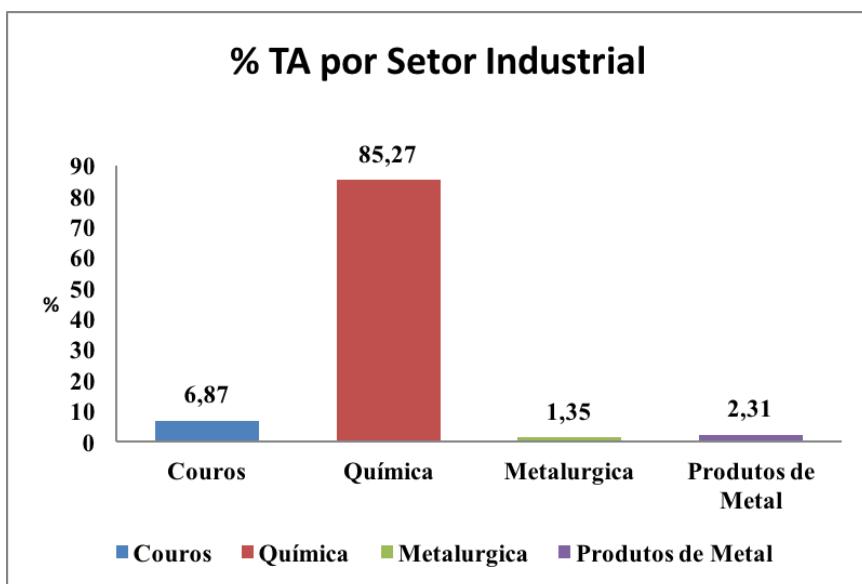


Figura 4: Cargas porcentuais anuais de Tóxicos da água na bacia Taquari- Antas.

O setor de química assim como o parâmetro MA apresentou a maior contribuição de potencial poluidor de TA. Os municípios de Montenegro, Arroio do Meio e Triunfo com cargas de 187,14 t/ano, 165,35 t/ano e 121,34 t/ano são os mais representativos. As atividades de fabricação de produtos químicos orgânicos e fabricação de produtos de limpeza e polimento localizadas nos municípios de Montenegro e Arroio do Meio com potenciais poluidores de 165,78 t/ano e 165,35 t/ano respectivamente, são as maiores contribuintes. O Setor de couros com a presença de 17 industrias

indicou a segunda maior contribuição de cargas de TA sendo os municípios de Farroupilha e Lajeado com 33,88 t/ano e 10,58 t/ano os mais representativos. Entre as atividades com maior potencial se encontram a fabricação de calçados de material sintético (32,17 t/ano), fabricação de calçados de couro (9,57 t/ano), curtimento e outras preparações de couro (6,51 t/ano). Já no setor de produtos de metal as principais atividades poluentes estão localizadas nos municípios Santa Cruz do Sul (fabricação de artigos de metal para uso doméstico e pessoal 2,48 t/ano) e Carlos Barbosa (fabricação de artigos de cutelaria 4,69 t/ano e fabricação de ferramentas 1,70 t/ano). Por ultimo no setor de produtos de metal as atividades de produção de tubos de ferro e aço no município de Caxias do Sul e fundição de ferro e aço no município de Guaporé são as mais representativas com cargas de 5,84 t/ano e 3,06 t/ano respetivamente.

Em relação ao potencial poluidor do parâmetro da Demanda Bioquímica de Oxigênio, dos 24 setores, 18 contribuem com uma carga IPPS estimada de 1.397,41 t/ano. Os setores de química, plástico/borracha e couro os mais poluentes, com uma contribuição de 70%, 14% e 12% respectivamente, do total de potencial poluidor anual, Figura 5.

As indústrias do setor químico assim como para os parâmetros MA e TA apresentam as maiores cargas. Os municípios Montenegro, Arroio do Meio e Triunfo com cargas de 249,42 t/ano, 220,38 t/ano e 161,73 t/ano respetivamente. As atividades que geram maior potencial poluidor são fabricação de produtos químicos orgânicos (220,95 t/ano), fabricação de produtos de limpeza e polimento (220,38 t/ano), e fabricação de sabões e detergentes sintéticos (146,92 t/ano). O setor de plástico e borracha com a presença de 35 industrias indicou a segunda maior contribuição de cargas de DBO. Os municípios de Caxias do Sul e Bento Gonçalves com as atividades de fabricação de artefatos de material plástico (12,12 t/ano) e fabricação de pneumáticos e de câmaras-de-ar (18,53t/ano) são os mais representativos. No entanto a atividade com o maior potencial é a fabricação de embalagens de material plástico com carga de 22,36 t/ano no município de Marau. Já para o setor de couro as atividades mais representativas em termos de potencial são a fabricação de calçados de material sintético (88,80 t/ano), fabricação de calçados de couro (26,42 t/ano), curtimento e outras preparações de couro (17,98 t/ano). Os municípios Farroupilha, Lajeado e Marau com cargas de 93,52 t/ano, 29,20 t/ano e 17,98 t/ano apresentam as maiores cargas de DBO.

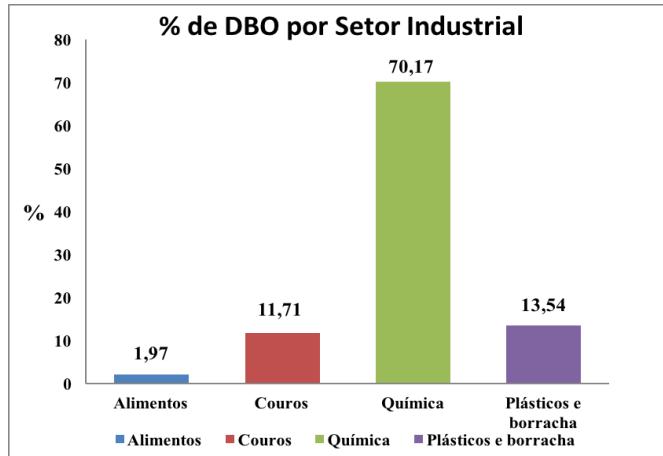


Figura 5: % Demanda Bioquímica de Oxigênio por setor industrial.

Tabela 5: Número de indústrias, funcionários e potencial de poluição industrial por município

Município	Número de Indústrias	Número de Funcionários	DBO/ano	STS t/ano	Tóxicos da água t/ano	Metais tóxicos da água t/ano
Antônio Prado	5	570	1,00	1,24	0,24	0,01
Arroio do Meio	3	837	228,66	355,68	168,23	1,53
Barão	2	492	0,032	0,78	0,30	0,00
Bento Gonçalves	45	8744	39,64	47,22	2,13	0,10
Bom Jesus	1	75	0,24	0,30	0,06	0,00
Brochier	1	20	0,01	0,03	0,13	0,00
Cambará do Sul	2	460	3,58	10,49	0,06	0,00
Carlos Barbosa	6	3935	9,56	132,06	7,28	0,60
Caxias do Sul	151	44349	165,25	4840,31	89,29	1,83
Cruzeiro do Sul	1	60	0,20	0,24	0,04	0,00
Encantado	4	1895	154,90	238,84	112,43	1,07
Estrela	3	294	68,34	105,64	51,30	0,47
Farroupilha	19	4494	98,44	207,89	36,73	0,34
Flores da Cunha	12	2093	1,16	1,94	0,38	0,01
Garibaldi	17	4003	10,60	51,81	3,79	0,27
Guaporé	13	1292	4,04	2446,43	3,72	0,24
Imigrante	1	278	0,38	11,05	0,59	0,05
Lagoa Vermelha	8	649	0	0,02	0,04	0,00
Lajeado	6	2770	35,72	62,68	11,76	0,12
Marau	4	1958	45,09	35,34	7,07	0,09
Monte Belo do Sul	1	450	0	0,01	0,02	0,00
Montenegro	8	1890	265,57	401,96	190,63	1,75
Muçum	1	200	0	0,01	0,01	0,00
Nova Araçá	2	98	0,13	0,25	0,05	0,00
Nova Pádua	1	15	0,04	0,02	0	0
Nova Prata	3	742	7,47	2,20	0,47	0,01
Nova Roma do Sul	2	145	0,01	97,93	0,10	0,00
Parai	3	140	0,15	0,22	0,01	0,00
Passo Fundo	1	20	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinto Bandeira	1	30	0,08	0,04	0	0
Roca Sales	1	16	9,11	14,08	6,84	0,06
Salvador do Sul	2	398	8,23	0,48	0,13	0,02
Santa Cruz do Sul	15	11396	22,63	378,54	6,53	0,26
São Marcos	7	1215	0,034	0,30	0,32	0,01
Serafina Corrêa	1	479	0,08	0,05	0,00	0,00
Soledade	6	84	0,00	108,24	0,06	0,00
Taquari	4	633	44,82	75,96	32,08	0,29
Teutônia	3	44	0,35	47,60	0,15	0,00
Triunfo	3	284	161,73	249,98	121,34	1,10
Vacaria	2	360	0,79	0,24	0,21	0,01
Venâncio Aires	12	7570	6,38	4,16	3,22	0,03
Veranópolis	9	1082	0,69	1533,50	3,84	0,26
Vila Flores	2	516	0,27	7,67	0,61	0,03
Vila Maria	1	107	0,01	0,19	0,07	0,00
Westfália	1	860	2,80	3,47	0,63	0,03

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação ao potencial poluidor do parâmetro Sólidos Totais em Suspensão, dos 24 setores, 15 contribuem com uma carga IPPS estimada de 11.477,08 t/ano. Os setores de metalúrgia, produtos diversos e química com uma contribuição de 56%, 24% e 13% sendo respectivamente, os maiores contribuidores do total de potencial poluidor anual, Figura 6.

Diferente de todos os parâmetros analisados anteriormente, onde o setor químico apresentava as maiores cargas, o setor metalúrgico é o principal contribuinte com potenciais industriais de 6.472,03 t/ano, seguido dos setores produtos diversos com 2.704,73 t/ano e o setor químico com 1.515,72 t/ano.

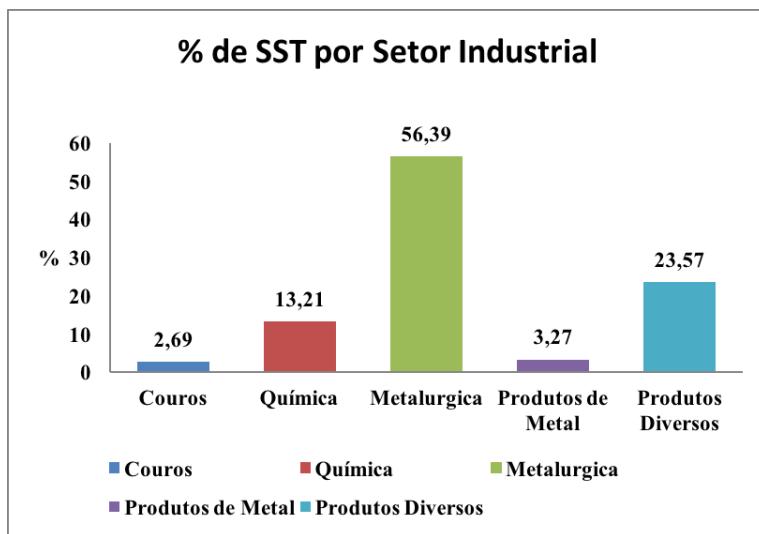


Figura 6: % Sólidos Totais em Suspensão por setor industrial.

As industrias do setor Metalúrgico apresentam as maiores cargas de SST. Os municípios de Caxias do Sul e Guaporé com cargas de 3250,09 t/ano e 1702,43 t/ano são os mais representativos. A atividade de fundição de ferro e aço apresenta o maior potencial poluidor com 3221,95 t/ano. O setor de produtos diversos com a presença de 21 industrias indicou a segunda maior contribuição sendo os municípios de Caxias do Sul e Guaporé, com 1343,24 t/ano e 743,34 t/ano, os mais representativos, entre as atividades com maior potencial se encontram a fabricação de aviamentos para costura (1304,11 t/ano), fabricação de canetas-lápis e outros artigos para escritório (326,03 t/ano) e fabricação de artefatos de joalheria e ourivesaria (211,27 t/ano). Já no setor de química as principais atividades poluentes estão localizadas nos municípios Montenegro (fabricação de produtos químicos orgânicos 341,52 t/ano), Arroio do Meio (fabricação de produtos de limpeza e polimento 340,64 t/ano) e Encantado (fabricação de sabões e detergentes sintéticos 227,09 t/ano). Por ultimo no setor de produtos de metal as atividades de fabricação de artigos de cutelaria no município de Carlos Barbosa e Fabricação de artigos de metal para uso doméstico e pessoal no município de Santa Cruz do Sul são as mais representativas com cargas de 88,15 t/ano e 46,66 t/ano respectivamente.

## CONCLUSÕES

Este trabalho estudou a atividade industrial na região da Bacia Taquari-Antas, levantando entre outras informações os tipos de atividades industriais realizadas. O levantamento industrial listou um total de 393 indústrias, classificadas em 24 setores, sendo o setor mobiliário o mais representativo com 63 indústrias, seguido dos setores máquinas e equipamentos com 61 indústrias, produtos de metal e plástico/borracha, ambos com uma participação de 35 indústrias.

Comparando os resultados entre as regiões o parâmetro SST em comparação com os outros parâmetros apresentou as maiores cargas para as três regiões. A região do Vale do Taquari apresentou o maior potencial poluidor da bacia para os parâmetros DBO e TA com cargas de 1001,58 t/ano e 705,97 t/ano respectivamente. Um aspecto importante é que apesar da região Colonial da Serra Gaúcha possuir o maior número de indústrias, em especial no município de Caxias do Sul, os maiores potenciais industriais se encontram na região do Vale do Taquari, um dos motivos pode ser o fato de que todas as indústrias do setor químico estudadas no presente trabalho estão localizadas na região do Vale.

A metodologia IPPS apesar de ser uma alternativa para estimar o potencial poluidor industrial, carece (em alguns setores industriais) de especificações para a utilização dos coeficientes IPPS. Por ser uma metodologia desenvolvida com dados das cargas industriais dos Estados Unidos tem a tendência de acrescentar erros nas estimativas, no entanto é uma ferramenta útil quando o acesso e disponibilidade de dados é nulo.

## REFERÊNCIAS

COLLISCHONN, W., 2001. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. Tese de Doutorado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Comissão Nacional de Classificação. **Atividades econômicas**. Disponível em: <<http://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema/atividades-economicas>>. Acesso em: 11/abril/2016.

DRH/SEMA. **Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente, RS. Disponível online: <http://www.sema.rs.gov.br>.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). **Qualidade das águas da bacia do rio das antas e rio taquari**. Disponível em:

< [http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_taquari\\_antas/taquariantas.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_taquari_antas/taquariantas.asp) >.  
Acesso:11/abril/2016.

Hettige, H., Martin, P., SIngh, M., Wheeler, D., 1995. **The industrial pollution projection system. World Bank policy research working paper**, (nº1431).

LAPLANTE, B., & SMITS, K., 1998. **Estimating Industrial Pollution in Latvia. ECSSD Rural Development and Environment Sector**, Working Paper, 4.

OLEWILER, N. D., DAWSON, K. **Analysis of national pollutant release inventory data on toxic emissions by industry. Technical Committee on Business Taxation**, 1998.

Triches, D. (2004). Agropólo da Serra Gaúcha: **uma alternativa de desenvolvimento regional a partir da inovação e difusão tecnológica**. TecBahia, Revista Baiana de Tecnologia, Camaçari, Ba, 17(2), 47-56.

Veiga, P. M., 1994. **Evidências sobre as Relações entre Comércio e Meio Ambiente no Brasil**. Revista Brasileira de Comércio Exterior.

Von Sperling, M. V., 2007. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais.

Von Sperling, M., 1995. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Ed. SEGRAC, Belo Horizonte, MG. WALLING

Young, C.E.F., 1999. **Abertura Comercial, Competitividade e Poluição: o comportamento da indústria brasileira** (Relat. de pesquisa). CNPq.