

## Matriz de Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos para o Setor Industrial Brasileiro

Luana Lisboa\*, Demetrius David da Silva\*, Iara de Castro e Oliveira\*, Bruno Marcel de Barros da Silva\*  
luanaeaaufv@yahoo.com.br; demetrius@ufv.br; iaracasoli@yahoo.com.br; bruno\_eab@yahoo.com.br

Recebido: 22/10/13 - revisado: 12/12/13 - aceito: 08/04/14

---

### RESUMO

O setor industrial é responsável por aproximadamente 20% do consumo mundial de água e apesar da crescente participação na demanda total o papel da água nesse setor ainda é um assunto pouco estudado no Brasil. As metodologias adotadas para a estimativa do uso da água nas indústrias brasileiras apresentam base de dados antiga, defasada em relação às tecnologias atualmente utilizadas, e de outros países, verificando-se assim a necessidade de um estudo mais atualizado e específico para o país. Nessa perspectiva, o objetivo deste artigo foi a construção de uma matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para o setor industrial brasileiro. Para isso, fez-se um extensivo levantamento de dados sobre os coeficientes técnicos de retirada, consumo e retorno, em m<sup>3</sup>/unidade produzida, para as tipologias industriais brasileiras, enquadradas de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Fez-se também, análises para avaliar a dispersão entre os dados de um mesmo segmento, buscando-se justificativas técnicas para o comportamento. A última etapa consistiu na validação da matriz, com discussões junto a entidades representativas do setor industrial e órgãos gestores. Os dados obtidos nas pesquisas contemplaram um total 33 tipologias de atividades econômicas, representando os principais setores da atividade econômica brasileira. Concluiu-se que a matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos retrata de forma consistente e precisa o uso da água pelas indústrias brasileiras.

**Palavras - chave:** tipologias de atividades econômicas; vazão captada, consumida e lançada; produção industrial.

---

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural e finito, essencial à existência e manutenção da vida, ao bem-estar social e ao desenvolvimento socioeconômico (PAES et al., 2010). No Brasil, a promoção de seu uso sustentável vem sendo pautada por discussões nos âmbitos local, regional e nacional, na perspectiva de se estabelecerem ações articuladas e integradas que garantam a manutenção de sua disponibilidade em condições adequadas à presente e futuras gerações (MMA, 2006).

Para que isso ocorra de forma harmoniosa, a gestão dos recursos hídricos deve ser pautada na relação entre a disponibilidade e a demanda hídrica (COLLISCHONN et al., 2011), pois a medida que a disponibilidade hídrica vai diminuindo em relação à demanda, a probabilidade de estresse ambiental e de conflitos entre os diversos usuários acentua-se (FÉRES et al., 2007; BROWN et al., 2010; MOREIRA et al., 2012).

Nessa perspectiva, merecem destaque aquelas atividades econômicas cujos usos de recursos hídricos são mais intensivos, tanto no aspecto quantitativo do uso da água quanto no qualitativo, dentre as quais se destacam a agricultura, o saneamento e a indústria (PEREIRA et al., 2012).

De acordo com Weber et al. (2010), o setor industrial é responsável por, aproximadamente, 20% do consumo mundial de água, caracterizando-se, ainda, como um dos agentes poluidores dos cursos de água.

Entretanto, apesar da crescente participação das diferentes tipologias das indústrias na demanda total de água e do impacto causado pelo lançamento de seus efluentes nas bacias hidrográficas, o papel da água no setor ainda é um assunto pouco estudado no Brasil. Tal fato pode ser explicado pela limitada disponibilidade de dados sobre o uso da água, em parte justificada pelos cadastros pouco confiáveis e incompletos de usuários. Ademais, estas informações encontram-se dispersas nos diversos órgãos estaduais de recursos hídricos e de meio ambiente, não se dispondo de uma consolidação de abrangência nacional. Esses fatores constituem-se, assim, em um obstáculo para a efetiva caracterização das in-

---

\*Universidade Federal de Viçosa

dústrias em termos de uso de água e aporte de poluentes às bacias (FÉRES et al., 2005).

Nesse sentido, os coeficientes técnicos de recursos hídricos caracterizam o uso da água pelo setor industrial e facilitam a antecipação de decisões estratégicas por parte dos órgãos competentes, inclusive no que concerne à implementação de modelos institucionais e instrumentos de planejamento e gestão de recursos hídricos.

Liu et al. (2010) analisaram o potencial de conservação da água de 33 empreendimentos, representados por seis setores consumidores (papel, têxtil, comida e bebida, ferro e aço, entre outros) localizados em Ningbo, na China. Para isso, utilizaram um modelo de balanço hídrico, considerando taxas de reuso e coeficientes de uso de água. De acordo com os resultados obtidos pelos autores, o setor de papel tem um alto potencial para redução do consumo de água, representado por 44,7%, uma vez que o coeficiente de uso da água pode passar dos 45 m<sup>3</sup>/ton de papel para 24,9 m<sup>3</sup>/ton de papel por meio de inovações técnicas no processo produtivo.

Entre as metodologias e procedimentos utilizados para estimativa dos coeficientes técnicos de uso da água na atividade industrial, cita-se o estudo do *Integrated Pollution Prevention and Control* (IPTS, 2009) e da Agência Nacional de Águas (ANA, 2002).

Na metodologia proposta pelo IPTS (2009) produziram-se documentos de referência sobre as melhores técnicas disponíveis nas indústrias, considerando ampla base de dados proveniente de indústrias européias, chamados BREFs (*Best Available Technique Reference*), que são utilizados pelas autoridades competentes nos Estados membros da Comunidade Comum Européia, para fins de monitoramento e funcionamento das instalações que representem significativo potencial de poluição. Citam-se como documentos de referência os seguintes: “*Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry*” (IPPC, 2008) e “*Reference Document on Best Available Techniques in the Tanning of Hides and Skins*” (IPPC, 2009), entre outros.

A ANA, com o objetivo de criar um amplo cadastro sobre o uso e requerimento de outorga da água e instituir a cobrança pelo uso da água na Bacia do Paraíba do Sul, disponibilizou uma metodologia, solicitada pelo Comitê de Bacia, para orientação e auxílio no cálculo de volume e qualidade da água baseado em dados secundários da atividade produtiva industrial (produção industrial, quantidade de empregados, tipologia, etc) e das atividades extrativas. Destaca-se que a metodologia tem como fonte de dados o programa *Decision Support System for*

*Integrated Pollution Control* desenvolvido pelo Banco Mundial (WORLD BANK, 1999), que contempla mais de 150 tipologias industriais e 30 poluentes do ar, água e resíduos sólidos, porém reporta dados antigos e com grande defasagem tecnológica em relação aos processos atualmente adotados pelas indústrias brasileiras.

Os dados contidos no Manual de Procedimentos para Outorga de Uso da Água na Indústria e Mineração (ANA, 2002) devem ser aplicados quando não existem dados reais das vazões/análises dos seus efluentes. Ressalta-se que, nesta metodologia, o volume de água consumido é definido como 20% do volume captado, para as indústrias em geral, mas não há qualquer citação que justifique o consumo industrial constante para todas as tipologias.

Neste contexto, observa-se a necessidade de um trabalho que atue como indutor para a formação de um banco de dados abrangente, atualizado e sistematizado do uso da água na indústria brasileira, fornecendo subsídios indispensáveis às empresas e aos órgãos gestores para um adequado programa de gestão, planejamento, controle e uso racional dos recursos hídricos. Assim, objetivou-se a construção de uma matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para o setor industrial brasileiro, contemplando os volumes de água utilizados para captação, consumo e retorno, por unidade produzida (m<sup>3</sup>/unidade de produção), para as principais tipologias de atividades econômicas no país.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Levantamento de dados

Na construção da matriz de coeficientes técnicos foram utilizados dados oriundos de empresas brasileiras, de modo a refletir o uso da água pelas diversas tipologias industriais no país, tendo abrangência em todo território nacional.

As informações pesquisadas e utilizadas foram os coeficientes de vazão de retirada, consumo e retorno (m<sup>3</sup>/unidade produzida) das indústrias, assim como dados que permitiram o cálculo destes, como a vazão de retirada, consumo, retorno e a respectiva produção industrial.

Na etapa inicial no trabalho foi feita análise crítica dos coeficientes de uso da água apresentados pelas metodologias/procedimentos existentes, destacadamente IPTS (2009), ANA (2002), entre outras, e concluiu-se que, utilizando tais dados, o resultado não seria satisfatório para a representação do

uso da água no setor industrial brasileiro. A referida constatação baseou-se nos seguintes argumentos:

- Embora as informações disponíveis sejam bastante úteis na ausência de dados específicos e reais, é importante destacar que, na maioria dos casos, elas se referem aos processos industriais de outros países, cujas condições operacionais e nível de desenvolvimento são completamente diferentes das brasileiras;
- Expressivo número de metodologias e/ou procedimentos tem como base valores reportados e compilados na década de setenta nos Estados Unidos, refletindo, desta forma, defasagem tecnológica e ambiental nos processos produtivos, pois a atividade pode já estar ultrapassada, principalmente em virtude dos grandes avanços tecnológicos, de restrições de ordem legal e econômica ou da escassez de recursos naturais, e;
- Nas metodologias e/ou procedimentos que utilizam, em parte, dados primários oriundos de empresas brasileiras, observou-se que os dados estão desatualizados, as informações disponíveis são escassas e/ou as metodologias são inadequadas para estimativa ou extrapolação dos dados, comprometendo, desta forma, a qualidade e a representatividade dos valores obtidos.

Em decorrência dessas constatações, foram feitas pesquisas em sites de busca para identificar as indústrias que apresentavam informações referentes ao uso de água para as diversas tipologias industriais. Outra pesquisa foi realizada pela análise dos relatórios anuais e os de sustentabilidade das empresas, sendo necessário, análises críticas, pois estes são auto-declaratórios, não existindo obrigatoriedade, a apresentação de informações relativas ao uso da água. Para os relatórios que apresentavam dados, tanto dos coeficientes técnicos quanto de vazões e de produção industrial, foram feitas as consistências das informações, comparando os valores fornecidos com os calculados.

Em seguida, fez-se pesquisas em sites específicos do setor industrial, com destaque para o site da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP, da Confederação Nacional das Indústrias - CNI e do Instituto ETHOS de Empresas e Responsabilidade Social. Em cada um destes sites listaram-se todas as empresas associadas a estas federações/associações, excluindo aquelas que não se

enquadravam nas tipologias do estudo. Para as indústrias enquadradas foi necessário acessar a página eletrônica específica de cada uma, para identificar os coeficientes técnicos de recursos hídricos ou dados de vazões e de produção industrial.

Após esta etapa, identificou-se quais as tipologias de atividades econômicas contempladas nas seções B (Indústrias Extrativistas) e C (Indústrias de Transformação) da Classificação Nacional das Atividades Econômicas - CNAE, versão 2.0, estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010a), não apresentavam informações e, para estas tipologias, fez-se pesquisas adicionais com o objetivo de definir quais as maiores empresas de tais setores. Para estas empresas, após a análise das informações disponibilizadas e, para aquelas em que não se conseguiu dados, foi feito contato direto via e-mail ou telefone, solicitando os dados necessários à construção da matriz.

Também foram realizadas consultas a estudos de caso, tanto em publicações técnico-científicas como em livros, artigos em revistas especializadas, documentos oficiais de órgãos ambientais e organismos responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos ou estabelecimento de políticas ambientais, casos de sucesso no Brasil relativos ao uso racional da água na indústria, tecnologias mais limpas, prevenção à poluição, entre outros.

Para direcionar as pesquisas, utilizou-se como critério para a busca de dados às tipologias que englobavam as atividade econômica correspondentes a 90% da receita líquida de vendas no Brasil, em reais, para o ano de 2007, disponibilizadas em IBGE (2010b). Ressalta-se que são várias as informações apresentadas pelo IBGE, como receita total, receita bruta, receita líquida de vendas, entre outras, e constatou-se que os grupos de atividades econômicas pertencentes a cada uma destas listagens não diferiram muito, estando um ou dois grupos presentes em uma e em outra não. Portanto, optou-se por utilizar a tabela de receita líquida de vendas, entendida como a receita bruta, deduzidos os impostos e contribuições incidentes sobre as vendas, descontos concedidos incondicionalmente, devoluções e vendas canceladas. Como nestas tabelas os grupos estão classificados segundo a CNAE 1.0, houve a necessidade de conversão dos grupos para a CNAE 2.0.

Assim, para as tipologias presentes na listagem das atividades econômicas do IBGE e que ainda não possuíam dados na minuta da matriz, fez-se pesquisas para identificar os coeficientes técnicos das indústrias enquadradas nesses setores, de forma que a matriz fosse o mais representativa possível das

tipologias de atividades econômicas do setor industrial brasileiro.

Com o objetivo de organizar as unidades industriais segundo a principal atividade econômica desenvolvida, adotou-se a CNAE 2.0 referentes às seções B e C nas quais o setor se enquadra. O ordenamento das atividades econômicas está fundamentado em cadastro de hierarquização que envolve quatro categorias: seção, divisão, grupo, e classe. Assim, a seção é dividida em diferentes divisões, as divisões em grupos e os grupos em classes. Na Tabela I são apresentados os grupos e classes da divisão 07, pertencente à seção B, para fins de exemplificação da estrutura da CNAE 2.0.

**Tabela I - Estrutura da CNAE 2.0 para seção B e divisão 07**

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Descrição
B				Indústrias Extrativistas
	07			Extração de minerais metálicos
		07.1		Extração de minério de ferro
			0710-3	Extração de minério de ferro
		07.2		Extração de minerais metálicos não-ferrosos
			0721-9	Extração de minério de alumínio
			0722-7	Extração de minério de estanho
			0723-5	Extração de minério de manganês
			0724-3	Extração de minério de metais preciosos
			0725-1	Extração de minerais radioativos
			0729-4	Extração de minerais metálicos não-ferrosos não especificados anteriormente

Durante o período de coleta dos dados as indústrias foram enquadradas, quando possível, em classe, grupo e divisão da CNAE. No caso dos dados setoriais atualizados e agrupados, como por exemplo, dados de associações/federações de indústrias, estes foram utilizados até determinado nível, quando não foi possível fazer seu desdobramento para cada indústria em separado.

O enquadramento das empresas nas tipologias de atividades econômicas foi possível ao acessar o registro de situação cadastral de pessoa jurídica no site da Receita Federal do Brasil, o qual apresenta como dado de entrada o número de CNPJ da empresa. No entanto, nos casos das indústrias cuja pro-

dução contempla dois ou mais produtos, seu enquadramento foi feito analisando qual dos produtos representa a maior produção da empresa, critério sugerido pela Comissão de Classificação Nacional (IBGE, 2010a).

Para aprofundar o estudo dos coeficientes de vazão de retirada, consumo e retorno das atividades industriais foi feito um levantamento de dados junto aos setores usuários, tendo apoio da Confederação Nacional da Indústria - CNI, por meio da realização de entrevistas, pesquisas e reuniões junto a órgãos públicos, entidades privadas e comitês de bacias hidrográficas. Nestas reuniões foram apresentados os dados obtidos, assim como uma comparação destes com os coeficientes da ANA (2002) e do IPTS (2009), de forma a servir como incentivo aos setores para disponibilizar as informações.

### Estruturação e preenchimento do banco de dados

Com o intuito de organizar as informações obtidas durante o levantamento de dados, foi estruturado um banco de dados utilizando o *software* Excel, com campos referentes ao nome da indústria, tipologia a qual se enquadra, CNPJ, localização (endereço e coordenadas geográficas), coeficientes de vazão de retirada, consumo e retorno, por unidade produzida, calculado ou fornecido pela empresa, quantidade produzida, vazão de retirada, consumo e retorno, assim como a fonte dos dados, permitindo, dessa forma, a rastreabilidade das informações. Incluiu-se, também, campo específico para observações, no qual foram apresentados aspectos referentes à porcentagem de recirculação de água, fontes de abastecimento, entre outras características, facilitando a análise crítica dos valores apresentados para fins de composição da matriz.

A estrutura do banco de dados permitiu classificar as informações de acordo com vários critérios, como: por tipologia, por estado, entre outros, facilitando, desta forma, a análise dos dados em conjunto.

Em outra planilha foram listadas todas as tipologias das seções B e C da CNAE 2.0 utilizadas no trabalho, objetivando relacionar esta com a planilha do banco de dados, propiciando a seleção da tipologia das indústrias cadastradas de forma mais rápida e prática.

### Análise dos dados e composição da minuta da Matriz

Inicialmente, fez-se uma análise de todos os dados coletados, ou seja, da minuta da matriz, para

observar, por exemplo, as discrepâncias existentes dentro de um mesmo segmento e buscar justificativas plausíveis para isso.

O agrupamento dos dados para a formação de um número representativo para cada divisão, grupo ou classe da CNAE ficou na dependência da disponibilidade dos dados de cada categoria e da dispersão entre eles.

Considerando a classificação quanto à tipologia de atividade econômica, para alguns dados foi possível o enquadramento na divisão ou grupo e não até a classe. Isso foi feito para os casos em que a classe na qual a empresa se enquadra é a mais representativa do grupo, quando a empresa se enquadra na maioria das classes do grupo ou, ainda, quando o dado foi enviado diretamente por algum setor ou associação de indústrias.

Os segmentos industriais que possuíam lacunas, ou seja, para aqueles em que não foram encontrados valores referentes ao uso da água, foi avaliada a possibilidade de utilizar dados disponíveis em outras metodologias/procedimentos como IPTS (2009) e ANA (2002). Destaca-se que, apesar das limitações apresentadas pela metodologia proposta pela ANA (2002), trata-se de procedimento bastante utilizado no Brasil por ser oriundo do órgão oficial responsável pela gestão dos recursos hídricos em nível nacional.

#### **Avaliação da consistência dos dados**

A partir da minuta da matriz foram realizadas reuniões para apresentar e discutir os coeficientes de uso de recursos hídricos compilados, junto a órgãos públicos, instituições privadas e outras entidades relevantes do setor industrial, com o intuito de incorporar as contribuições pertinentes, refinar, validar e concluir o trabalho com a elaboração da matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para o setor industrial brasileiro.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As consultas nos sites da FIESP, do Instituto ETHOS de Empresas e Responsabilidade Social e da CNI, e respectivas empresas associadas, resultaram em um total de 3.786 empresas analisadas, sendo que 3.715 (98%) não possuíam dados ou não se enquadravam nas tipologias do estudo. Observa-se, portanto, que a quase totalidade das empresas brasileiras analisadas não disponibiliza informações relativas ao uso da água na atividade industrial, o que

dificulta de sobremaneira uma caracterização detalhada do uso da água na atividade industrial.

No entanto, apesar do reduzido número de indústrias com informações sobre os coeficientes de uso da água, a pesquisa realizada com base nos grupos de atividades econômicas do IBGE (90% da receita líquida de vendas) e correspondentes a 108 grupos de tipologias, conseguiu-se dados para 86 (80%), o que retrata a importância da matriz quanto à representatividade dos coeficientes técnicos de uso da água no país.

As informações coletadas nas pesquisas contemplaram um total de 148 empresas ou associações/federações, representando 51 tipologias de atividades econômicas, em função do fato de muitas indústrias estarem vinculadas à mesma tipologia.

Dos 148 dados, 55 foram retirados dos respectivos relatórios de sustentabilidade e relatórios anuais ou conseguidos diretamente no site de cada empresa e 93 dados foram obtidos de estudos de caso, publicações ou por contato com as indústrias, sendo esta a principal fonte de informações.

Após a análise e consistência das informações é apresentada, na Tabela II, a Matriz de Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos para algumas tipologias de atividades econômicas do setor industrial brasileiro.

Ressalta-se que os coeficientes apresentados na matriz (Tabela II) são para aquelas tipologias cujos dados estão disponíveis em publicações, pois aqueles enviados por associações/federações de indústrias por intermédio da CNI necessitam de autorização para sua divulgação e ficaram sob responsabilidade da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano - SRHU do Ministério do Meio Ambiente - MMA. Devido a isso, das 51 tipologias de atividades econômicas para as quais se conseguiu dados de indústrias brasileiras, a matriz apresenta os coeficientes para 33 tipologias.

Observa-se, na Tabela II, que para algumas tipologias foi apresentado valor único para os coeficientes técnicos e para outras um intervalo de variação. Nos casos em que se apresentou um único valor, isso foi feito em razão dos coeficientes obtidos para a tipologia serem valores próximos, não havendo, assim, necessidade de intervalos. Porém, houve casos em que a variação foi expressiva entre os coeficientes e a adoção de intervalos tornou-se importante para retratar a grande diversidade do uso da água pelas indústrias brasileiras, com a mesma tipologia, porém com consumos, processos e produtos diferentes.

Destaca-se que para algumas tipologias, embora não se tenham dados específicos por classe,

está disponível para a divisão ou grupo. Isto acontece para os seguintes setores: químico, metalúrgico e de mineração.

No caso de empresas de grande e médio porte, como do ramo alimentício, por exemplo, mesmo tendo sido obtidos os coeficientes de uso da água no relatório de responsabilidade social da empresa, não foi admissível incluí-los na matriz devido à impossibilidade de sua classificação em uma tipologia representativa de todos os seus processos e diversidade de produtos, uma vez que pode estar enquadrada em grupos como: 105- Laticínios, 106- Moagem, fabricação de produtos amiláceos, e de alimentos para animais, e 109- Fabricação de outros produtos alimentícios. Dessa forma, o coeficiente apresentado pela empresa, não detalha o uso da água para cada tipologia em específico, o que tornaria tendenciosa sua utilização. Enfatiza-se que os coeficientes de retirada, consumo e retorno para os grupos citados anteriormente apresenta considerável variação na magnitude de seus valores (Tabela II).

De acordo com a matriz, a primeira tipologia apresentada é o grupo 07.1 - Extração de minério de ferro, para a qual os coeficientes foram obtidos do relatório de sustentabilidade do ano 2008 de umas das maiores empresas do ramo. Seu enquadramento nessa tipologia justifica-se uma vez que as informações disponíveis fazem referência à produção de manganês, cobre, bauxita, entre outros, porém a maior parcela da produção (85%) refere-se à extração de minério de ferro. O IBGE (2010a) também recomenda que, em função da diversificação das atividades das grandes empresas, é mais apropriado para algumas estatísticas classificá-las num nível mais genérico da classificação, ou seja, na divisão ou grupo.

Para a tipologia citada anteriormente (07.1 - Extração de minério de ferro), os coeficientes de retirada, consumo e retorno apresentados na metodologia proposta pela ANA (2002) são iguais a 6,25, 5,00 e 1,25 m<sup>3</sup>/t, respectivamente, superando em mais de seis vezes o valor do coeficiente de retirada da matriz (0,97 m<sup>3</sup>/t), ou seja, das indústrias brasileiras. Destaca-se que para esta tipologia, e todas as outras da seção indústrias extrativistas, a metodologia da ANA (2002) apresenta os mesmos valores citados para o grupo 07.1. No entanto, de acordo com as informações da Tabela II, constata-se grande diferença de magnitude dos coeficientes nessa seção, ou seja, a retirada, o consumo e o retorno por unidade produzida não são os mesmos para todos os grupos e classes dessa seção.

Na seção C, indústrias de transformação, para as classes 10.11-2 - Abate de reses, exceto suínos, e 10.12-1 - Abate de suínos, aves e outros pequenos animais, foi necessário converter a unidade de m<sup>3</sup> por animal abatido para m<sup>3</sup> por tonelada de animal vivo, de forma a permitir a comparação com os dados de outras fontes. Entre as informações disponíveis, destacam-se os dados da ANA (2002) e do ITPS (2009), sendo que os dados da segunda fonte se aproximam mais dos valores da matriz para a classe 10.11-2, mas mesmo assim é, em média, três vezes superior (coeficiente de retirada). Já os dados da ANA (2002) são 10 vezes maiores, mostrando claramente que os mesmos, apesar de muito utilizados, não refletem a realidade do uso da água pelo setor industrial brasileiro. Verifica-se, também, com base nos dados da matriz, que o coeficiente de retorno foi de 87,5% do coeficiente de retirada, mostrando que o valor fixo de 80%, indicado pela ANA (2002), não se aplica a estas tipologias de atividades econômicas.

As fontes dos dados da matriz para as tipologias 10.11-2 e 10.12-1 referem-se aos guias técnicos da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2008), que têm o intuito de incentivar e orientar a adoção de tecnologias limpas nos diversos setores produtivos da indústria, além de fornecer uma ferramenta de auxílio para difusão e aplicação do conceito P+L (Produção mais limpa). Dessa forma, considerando a importância do conceito e o intuito de que a matriz atue como indutora para um uso racional de água pelo setor, utilizou-se os dados dessa fonte para representar as tipologias citadas.

Observa-se nos dados da matriz que para o grupo 10.5 - Laticínios o valor do coeficiente de retorno (1,16 - 2,20 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de leite) é superior ao de retirada (1,00 - 2,00 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de leite), uma vez que há produção de soro de leite durante o processo industrial. Nos dados da ANA (2002) as unidades são diferentes das apresentadas pela matriz, não sendo possível uma comparação direta pois a conversão das unidades torna o processo impreciso. No entanto, nota-se que os dados não consideram a produção de soro, pois o coeficiente de retorno é inferior ao de retirada, sendo fixado em 80% deste valor.

O setor de bebidas (divisão 11 - Fabricação de bebidas) é um dos que mais disponibilizaram indicadores do uso da água, pois as indústrias enquadradas nestas tipologias são na sua maioria empresas de grande porte, e assim tem maior controle sobre os insumos utilizados, como, por exemplo, a água. Para a classe 11.13-5 - Fabricação de malte,

<sup>1</sup> Tabela II. Matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para algumas tipologias de atividades econômicas do setor industrial brasileiro

Código CNAE 2.0				Coeficientes Técnicos de Uso da Água (m <sup>3</sup> /unidade da atividade)				
Seção	Divisão	Grupo	Classe	Denominação	Unidade da atividade	Retirada	Consumo	Retorno
B				INDÚSTRIAS EXTRATIVAS				
	07			EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS				
		07.1		Extração de minério de ferro	t produzida	0,97	0,64	0,33
	08			EXTRAÇÃO DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS				
		08.1		Extração de pedra, arcia e argila	t produzida	0,04	0,04	-
C				INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO				
	10			FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS				
		10.1		Abate e fabricação de produtos de carne				
			10.11-2	Abate de reses, exceto suínos	t animal vivo	2,00	0,25	1,75
			10.12-1	Abate de suínos, aves e outros pequenos animais	t animal vivo	4,0-12,0	0,5-1,5	3,5-10,5
			10.13-9	Fabricação de produtos de carne	t produzida	12,00	1,50	10,50
		10.5		Laticínios	m <sup>3</sup> de leite	1,00-2,00	-	1,16-2,20
		10.6		Moagem, fabricação de produtos amiláceos e de alimentos para animais	t produzida	0,12	0,024	0,096
		10.9		Fabricação de outros produtos alimentícios	t produzida	1,80-30,0	0,36-6,00	1,44-24,00
	11			FABRICAÇÃO DE BEBIDAS				
		11.1		Fabricação de bebidas alcoólicas				
			11.13-5	Fabricação de malte, cervejas e chopes	m <sup>3</sup> produzida	4,00-7,00	1,00	3,00-6,00
		11.2		Fabricação de bebidas não-alcoólicas	m <sup>3</sup> produzida	1,63-2,10	0,21-0,27	1,42-1,83
	15			PREPARAÇÃO DE COUROS E FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS DE COURO, ARTIGOS PARA VIAGEM E CALÇADOS				
		15.1		Curtimento e outras preparações de couro	pele processada	0,47-1,00	-	0,47-1,00
		15.3		Fabricação de calçados	par de calçados	0,0021	0,0004	0,0017
		15.4		Fabricação de partes para calçados, de qualquer material	par de calçados	0,0038	0,0008	0,0030
	16			FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE MADEIRA				
		16.2		Fabricação de produtos de madeira, cortiça e material trançado, exceto móveis	m <sup>3</sup> madeira	3,20	0,84	2,36
	17			FABRICAÇÃO DE CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS DE PAPEL				
		17.1		Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel	tsa – tonelada seca ao ar	25,90-46,80	3,20-6,10	22,70-40,70
		17.2		Fabricação de papel, cartolina e papel-cartão	t papel	10,00-46,30	1,80-8,40	8,20-37,90

1 Tabela II. Cont...

Código CNAE 2.0				Coeficientes Técnicos de Uso da Água (m <sup>3</sup> /unidade da atividade)				
Seção	Divisão	Grupo	Classe	Denominação	Unidade da atividade	Retirada	Consumo	Retorno
		17.3		Fabricação de embalagens de papel, cartolina, papel-cartão e papelão ondulado	t papel	0,46	0,33	0,13
		17.4		Fabricação de produtos diversos de papel, cartolina, papel-cartão e papelão ondulado	t papel	13,00-27,00	4,32-8,96	8,68-18,04
	18			IMPRESSÃO E REPRODUÇÃO DE GRAVAÇÕES	t material acabado	0,17-9,00	0,03-1,80	0,14-7,20
	20			FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS				
		20.2		Fabricação de produtos químicos orgânicos	t produzida	4,76	3,34	1,42
		20.6		Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	t produzida	1,21		
	22			FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE BORRACHA E DE MATERIAL PLÁSTICO				
		22.1		Fabricação de produtos de borracha	t produzida	16,21	3,24	12,97
		22.2		Fabricação de produtos de material plástico	t produzida	0,23	0,05	0,18
	23			FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS				
		23.2		Fabricação de cimento	t produzida	0,08-0,40	0,08-0,40	-
		23.3		Fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes	m <sup>3</sup> de concreto	0,25	0,25	-
		23.9		Aparelhamento de pedras e fabricação de outros produtos de minerais não-metálicos	t produzida	0,400-7,270	0,082-1,454	0,318-5,816
	24			METALURGIA				
		24.2		Siderurgia	t aço bruto	1,26 - 35,27	1,20 - 33,60	0,06 - 1,67
		24.4		Metalurgia dos metais não-ferrosos	t produzida	2,47	0,50	1,97
		24.5		Fundição	t produzida	5,00	1,00	4,00
	26			FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA, PRODUTOS ELETRÔNICOS E ÓPTICOS	Unidade produzida	0,0985	0,0197	0,0788
	28			FABRICAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	Unidade produzida	2,20-9,70	0,44-1,94	1,76-7,76
	29			FABRICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTO-MOTORES, REBOQUES E CARROCERIAS				
		29.1		Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários	Unidade produzida	2,64-4,15	0,53-0,83	2,11-3,32
		29.2		Fabricação de caminhões e ônibus	Unidade produzida	9,00	1,80	7,20

cervejas e chopes utilizou-se o intervalo fornecido pela CETESB (2005), pois este contempla todos os dados obtidos nos relatórios de sustentabilidade das diferentes empresas. Pelos resultados encontrados pode-se caracterizar o setor como homogêneo na utilização dos recursos hídricos, uma vez que os valores reportados pelas indústrias têm magnitudes próximas.

Na metodologia proposta pela ANA (2002), para a tipologia citada anteriormente, apresentam-se dois coeficientes, um para fábricas antigas e grandes e o outro para fábricas novas e grandes, sendo iguais a 12,00 e 6,40 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> para o coeficiente de retirada e 11,00 e 5,40 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> para os coeficientes de retorno, respectivamente. Os dados da matriz se aproximam mais dos coeficientes fornecidos para fábricas novas, caracterizando assim o perfil das indústrias brasileiras para este setor.

Os dados referentes à fabricação de bebidas não-alcoólicas foram enquadrados no grupo 11.2, uma vez que das classes pertencentes a esse grupo (11.21-6 - Fabricação de águas envasadas e 11.22-4 - Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não-alcoólicas) dispunha-se de informações apenas para a segunda classe e considerou-se a mesma como representativa do grupo. Como as indústrias desse setor disponibilizaram dados apenas para os coeficientes de retirada, utilizou-se a proporção vazão de retorno/vazão de retirada correspondente a 87% e apresentada no documento Cervejas e Refrigerantes - P+L (CETESB, 2005), na determinação do coeficiente de retorno.

Para a tipologia 20.2 - Fabricação de produtos químicos orgânicos, os dados obtidos de relatórios de sustentabilidade das empresas e apresentados na matriz (Tabela II) indicam coeficiente de retirada igual a 4,76 m<sup>3</sup>/t, enquanto que o fornecido pela ANA (2002) é 18,75 m<sup>3</sup>/t. Verifica-se na matriz uma proporção entre o coeficiente de retorno e de retirada equivale a 30%, enquanto que o valor fornecido pela ANA (2002) é de 80%, ou seja, adotar estes dados como referência para as indústrias brasileiras, além de superestimar expressivamente a retirada de água, não considera a real proporção entre os coeficientes de retirada e retorno.

Não foi possível fazer a comparação com dados da ANA (2002) para algumas tipologias da matriz, em razão das unidades de produção industrial tornarem as conversões imprecisas. Exemplo é o dado da divisão 26 - Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, que na matriz a unidade apresentada é m<sup>3</sup>/unidade, enquanto que os dados da ANA (2002) estão em m<sup>3</sup>/1000 m<sup>2</sup> e m<sup>3</sup>/t de fluido. Ressalta-se que para

esta tipologia o consumo de água na atividade industrial é quase que exclusivamente para utilização em instalações sanitárias, motivo pelo qual adotou-se percentual de 80% para a relação coeficiente de retorno/coeficiente de retirada.

Pelo exposto, destaca-se que a partir da matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para o setor industrial brasileiro, explicitada neste estudo, é possível determinar, de acordo com a produção das unidades industriais, a demanda hídrica para a captação assim como o volume de efluentes gerado e, conseqüentemente, traçar estratégias para otimizar o uso, reduzir os impactos ambientais e caminhar para uma produção mais sustentável.

Destaca-se que é necessária a atualização dos dados de forma sistemática, uma vez que a evolução tecnológica altera os padrões de produção. E com relação ao aumento da disponibilidade de dados, este pode estar associado a uma revisão e compatibilização dos padrões de agregação das informações no âmbito da gestão pública com o padrão usado no setor produtivo, em razão da dificuldade da definição de tipologias para algumas empresas. E a representatividade dos coeficientes de uso de água é dependente neste caso da disponibilidade das informações.

## CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados da matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para algumas tipologias de atividades econômicas do setor industrial brasileiro, conclui-se que:

- De modo geral, a adoção de metodologias e/ou procedimentos baseados em dados internacionais superestima os coeficientes de retirada, consumo e retorno para as indústrias brasileiras; e
- A matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos retrata de forma consistente e precisa a atual situação das indústrias brasileiras, fornecendo subsídios indispensáveis às empresas e aos órgãos gestores para um adequado programa de gestão, planejamento, controle e uso racional dos recursos hídricos para o setor industrial brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universida-

de Federal de Viçosa, ao CNPq pela concessão de bolsa, à Fundação Banco do Brasil pelo financiamento da pesquisa e à Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano-SRHU do Ministério do Meio Ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Manual de Procedimentos para Outorga de uso da Água na Indústria e Mineração*. Brasília, 2002. 105p.
- BROWN, L. E.; MITCHELL, G.; HOLDEN, J.; FOLKARD, A.; WRIGHT, N.; BEHARRY-BORG, N.; BERRY, G.; BRIERLEY, B.; CHAPMAN, P.; CLARKE, S. J.; COTTON, L.; DOBSON, M.; DOLLAR, E.; FLETCHER, M.; FOSTER, J.; HANLON, A.; HILDON, S.; HILEY, P.; HILLIS, P.; HOSEASON, J.; JOHNSTON, K.; KAY, P.; MCDONALD, A.; PARROT, A.; POWELL, A.; SLACK, R.J.; SLEIGH, A.; SPRAY, C.; TAPLEY, K.; UNDERHILL, R. WOULD, C. Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers. *Science of the Total Environment*, v. 409, p. 256–266, 2010.
- COLLISCHONN, B.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W.; MEIRELLES, F. S. C.; SCHETTINI, E. B. C.; FAN, F. M. Modelagem hidrológica de uma bacia com uso intensivo de água: caso do rio Quaraí-RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n.4, p.119-133, 2011.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Guia Técnico Ambiental de Abate (Bovino e Suíno) – Série P+L. 2008. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/documentos/abate.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/abate.pdf)>. Acesso em novembro de 2012.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Cervejas e Refrigerantes – Série P+L. 2005. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/documentos/cervejas\\_refrigerantes.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/cervejas_refrigerantes.pdf)>. Acesso em novembro de 2012.
- FÉRES, J. G.; THOMAS, A.; REYNAUD, A.; SEROA DA MOTTA, R. Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica em indústrias da bacia do rio Paraíba do Sul. In: José Nilson B. Campos. (Org.). *Recursos Hídricos: Prêmio Jovem Pesquisador 2005*. 1 ed. Fortaleza: ABRH, 2005, p. 277-304.
- FÉRES, J. G.; THOMAS, A.; REYNAUD, A. Reuso de água nas indústrias da bacia do rio Paraíba do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Classificação Nacional de Atividades Econômicas – versão 2.0. 2010a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae2.0/cnae2.0.pdf>>. Acesso em janeiro de 2013.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estrutura das receitas das empresas industriais com 5 ou mais pessoas ocupadas, segundo a divisões e os grupos de atividades. 2010b. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1998&z=t&o=21>>. Acesso em janeiro de 2013.
- IPPC - INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL. Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry. 2008. Disponível em: <<http://eippcb.jrc.es/reference/gls.html>>. Acesso em novembro de 2009.
- IPPC - INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL. Reference Document on Best Available Techniques in the Tanning of Hides and Skins. 2009. Disponível em: <<http://eippcb.jrc.es/reference/tan.html>>. Acesso novembro de 2009.
- IPTS - INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES. 2009. Reference Documents. Disponível em: <<http://eippcb.jrc.es/reference/>>. Acesso em novembro de 2012.
- LU, LIU.; LIANG, CHEN.; GANG, CHEN.; PIN, GAO. Analysis of industrial water conservation potencial. In: International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 2010, Chengdu, China. Anais do 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2010.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. *Caderno setorial de recursos hídricos: indústria e turismo*. Brasília - DF: MMA, 80p. 2006.
- MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; LARA, M. S. Índices para identificação de conflitos pelo uso da água: proposição metodológica e estudo de caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 3, p. 7-15, 2012.
- PAES, R. P.; SILVA, G. C. O.; PRIANTE, J. C. R.; LIMA, E. B. N. R.; PRIANTE FILHO, N. Aplicação de tecnologias de conservação do uso da água através do reuso – Estudo de caso Cuiabá, MT. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, n. 3, p. 97-107, 2010.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, v. 108, p. 39– 51, 2012.

WORLD BANK. *Decision Support System for Integrated Pollution Control*. A software for Education and Analysis in Pollution Management. User Guide. Washigton, USA, 1999.

### **Matrix Of Technical Coefficients Of Water Resources For The Brazilian Industrial Sector**

#### **ABSTRACT**

*The industrial sector is responsible for approximately 20% of global water consumption and, despite its growing participation in total water demand, the problem of water is still an underexplored subject in the Brazilian industrial sector. The methodologies adopted to estimate water use in the Brazilian industries present an old database, which is no longer current in relation to the technologies now used, and from other countries, and thus there is a clear need for a more up to date, specific study for the country. From this perspective, the objective was the construction of a technical coefficients matrix of water resources for the Brazilian industrial sector. Firstly, an extensive survey of data on the technical coefficients on withdrawal, consumption and return for industrial typologies was performed using the National Classification of Economic Activities (CNAE). A major analysis was then done to evaluate the dispersion of data from the same segment, seeking technical justifications for data behavior. The last stage consisted of matrix validation, supported by discussions with relevant industrial sector entities and water resources management agencies. The data obtained on the research covered 33 typologies of economic activities, representing the main sectors of the Brazilian economic activities. It was concluded that the technical coefficients matrix of water resources produced consistently and accurately represents the demands of water in Brazilian industries.*

**Key-words:** *typologies of economic activities; withdrawal, consumption and waste discharges; industrial production.*