2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços

Colaborando com decisões sustentáveis

ACV 2010

Artigos Científicos

Florianópolis, SC ■ 24 a 26 de Novembro

Realização:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

www.ciclodevida.ufsc.br/congresso

PEGADA HÍDRICA DA ÁGUA TRATADA: NECESSIDADE DE ÁGUA PARA A OBTENÇÃO DE ÁGUA

Rita de Cássia Monteiro Marzullo[*]*; Ines Francke; Patrícia Helena Lara dos Santos Matai*

RESUMO

A água é um recurso essencial para a vida. Embora seja um recurso renovável, a água com níveis aceitáveis de qualidade é passível de escassez. Todo e qualquer processo produtivo, de qualquer produto, utiliza água. A água pode estar incorporada ao produto, ser utilizada no processo de produção ou simplesmente ser utilizada como item de limpeza. Geralmente as indústrias submetem a água a um processo de tratamento na chamada ETA- Estação de Tratamento de Água antes que a mesma seja utilizada. Até mesmo a água que chega em nossas torneiras é submetida a um processo de tratamento. Os produtos utilizados na ETA por sua vez também necessitam de água para sua produção, inclusive para diluir a carga de poluentes que deve ser lançada como efluente dentro de parâmetros aceitáveis nos rios. Este estudo, com o uso da metodologia do WFN – *Water Footprint Network* em uma abordagem de Inventários para a Gestão do Ciclo de Vida, com o uso dos inventários do *Ecoinvent*, conclui que são necessários 14,11 litros de água para a obtenção de 1 litro de água tratada de maneira sustentável (sem comprometer os corpos hídricos).

PALAVRAS-CHAVE: Pegada hídrica; Inventários; ACV; Água tratada; ETA; Água virtual.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida que, apesar de ser renovável, sua disponibilidade está cada dia mais escassa em conseqüência das altas concentrações de poluentes lançadas nos corpos hídricos, ou seja, a disponibilidade de água dentro de padrões de qualidade aceitáveis tem decaído com o tempo.

O termo "pegada hídrica" ou "*water footprint*" foi inicialmente utilizado dentro de uma abordagem sobre "água virtual", conceito este introduzido por Tony Allan no início da década de 90 que visava expressar o quanto alguns países tendem a suportar a deficiência hídrica de outros países com a exportação de produtos com um grande requerimento de água para sua produção. Desta forma, a água virtual foi definida como a quantidade de água necessária para a produção de um determinado produto, de forma direta ou indireta (HOEKSTRA, 2003).

O uso da água está presente na produção de qualquer produto acabado destinado ao consumidor, seja ele alimentício ou bem de consumo para a melhoria da qualidade de vida. A água pode estar incorporada ao produto (no caso de alguns alimentos) ou pode simplesmente ter sido utilizada em seu processo produtivo. Este estudo pretende mostrar que necessitamos de água até mesmo para ter água em condições aceitáveis de uso e consumo.

* Universidade de São Paulo. Laboratório de ACV do Instituto de Energia e Eletrotécnica - IEE. Avenida Professor Luciano Gualberto, 1289, Cidade Universitária, Butantã, São Paulo, CEP 05508-010, São Paulo, Brasil. +55(11) 9721-7451/ rita.monteiro@usp.br.

METODOLOGIA

A metodologia de cálculo foi inspirada nos modelos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e no modelo criado pelo *Water Footprint Network* (WFN). Utilizou-se dados dos inventários de ciclo de vida do *Ecoinvent* (2010) de forma não consolidada (por unidade de processo, ou processo elementar).

O cálculo da pegada hídrica, segundo modelo da WFN, contabiliza a soma das águas azul (consumo de água de rios, lagos e poços subterrâneos), verde (requerimento de água necessário para a evapotranspiração* em condições ideais de crescimento de uma cultura) e cinza (grau de poluição das águas). A "água cinza" é definida como a quantidade de água necessária para a diluição da carga ambiental (em massa) contida no efluente de modo que este efluente obedeça as condições locais de padrão de qualidade da água do corpo hídrico receptor. A nomenclatura de "água cinza" também é dada àquela água necessária para rebaixar a temperatura da água de resfriamento de modo que a temperatura de despejo seja aceitável pelo corpo receptor (HOEKSTRA, *et al.*, 2009). A água cinza não significa necessariamente uma entrada de água no sistema, pois normalmente os efluentes são lançados de acordo com a capacidade de suporte do rio e com a utilização de parâmetros menos restritivos para lançamento de efluentes. Entretanto, a água cinza faz parte da pegada hídrica por representar o volume de água que seria necessário para a neutralização total da carga ambiental em massa a ser enviada aos corpos hídricos. Para o cálculo da água cinza neste estudo, foram utilizados os parâmetros sugeridos como padrão de qualidade da água doce classe 1 da resolução 357 do CONAMA (2005), por serem os mais restritivos. O cálculo foi efetuado através da razão da carga de poluentes (em massa) pela concentração máxima sugerida pelo CONAMA para os corpos hídricos classe 1. Apenas a título de comparação de resultados, efetuou-se o cálculo também com os parâmetros sugeridos para o lançamento de efluentes, artigo 34 (menos restritivos). A água ocasionalmente utilizada para resfriamento do processo produtivo não foi inserida no cálculo da água cinza pela ausência do parâmetro "temperatura" na base com os dados utilizados.

A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida, segundo recomendação das normas ISO 14040 e ISO 14044 (ABNT, 2008), sugere que todos os aspectos ambientais relacionados à produção de um determinado produto sejam contabilizados por todo o ciclo de vida em um sistema de análise de inventário para a posterior avaliação do impacto ambiental. Entretanto, como este estudo visa apenas alertar sobre a necessidade de água para a obtenção de água, o sistema de produto analisado abrange somente o processo produtivo dos produtos químicos utilizados em uma Estação de Tratamento de Água, conforme Figura 1.

* ET - Evapotranspiração é a água perdida pela evaporação do solo e transpiração da cultura.

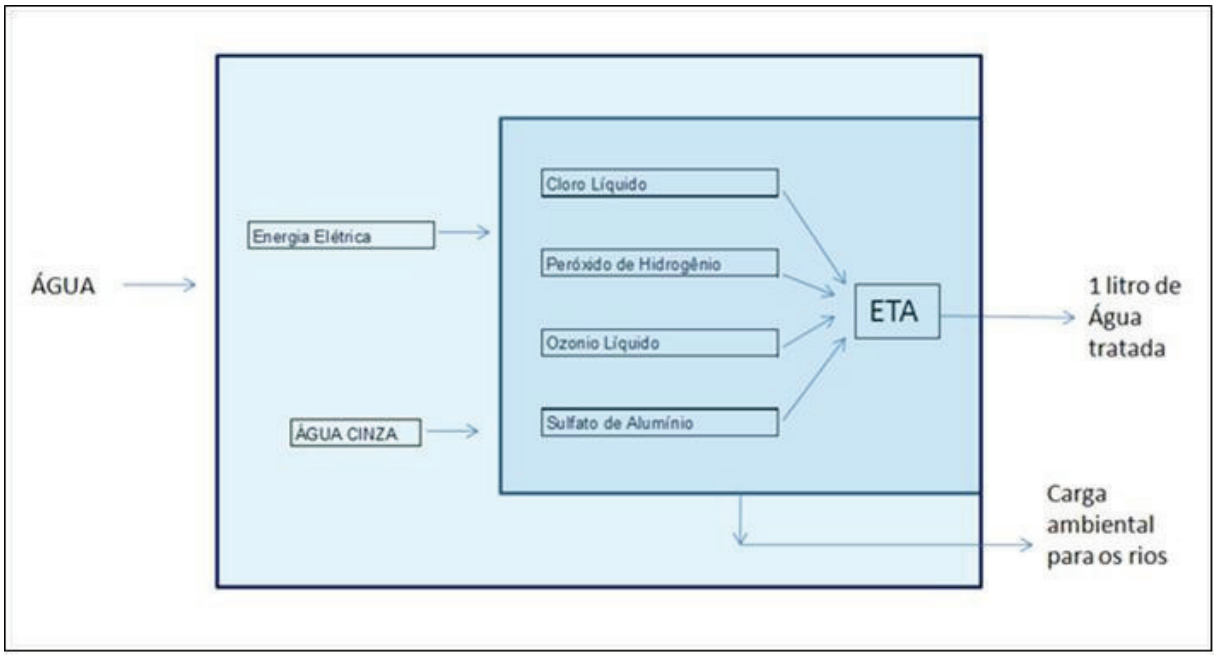

Figura 1. Sistema de produto utilizado para o cálculo da pegada hídrica de 1 litro de água tratada.

Segundo o sistema de produto apresentado na Figura 1, o cálculo da pegada hídrica para a obtenção de 1 litro de água tratada considera a água necessária para a produção de energia elétrica, cloro líquido, peróxido de hidrogênio, ozônio líquido, sulfato de alumínio e a própria água utilizada na estação de tratamento. A energia elétrica utilizada foi a soma do consumo de energia elétrica para a produção dos citados produtos que entram na ETA, além do próprio consumo pela estação. Não foi considerada a água cinza para a produção da energia elétrica. A água cinza que entrou para o cálculo da pegada hídrica diz respeito a água necessária para a diluição da carga ambiental (em massa) total dos processos produtivos dos produtos que são utilizados em uma Estação de Tratamento de Água (maior valor de cada processo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água correspondente para cada kwh de energia elétrica utilizada no Brasil foi calculada a partir da matriz elétrica brasileira. Segundo a ANEEL (2010) e os fatores de pegada hídrica sugeridos por Lennes *et al.* (2008) para cada fonte de energia, chegou-se a um fator de pegada hídrica no Brasil de 66,96 litros/kwh, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Pegada Hídrica da Geração de Energia Elétrica no Brasil.

Tipo	MATRIZ ELÉTRICA %	ENERGIA GERADA GJ	PEGADA HIDRICA Lenes(2008) m3/GJ	PEGADA HIDRICA Brasil m3
Hidro	68,28	283682,63	22,30	6326122,68
Gás	10,45	43420,66	0,11	4732,85
Petróleo	5,11	21245,43	1,06	22477,66
Biomassa	5,40	22419,58	61,20	1372078,05
Nuclear	1,74	7225,20	0,09	621,37
Carvão Mineral	1,33	5509,09	0,16	903,49
Eólica	0,62	2553,42	0,00	0,00
Importação	7,08	29412,00	22.3	903,49
Total	**100,00**	**415468,01**		**7727839,60**
Fator de pegada hídrica para a energia elétrica no Brasil			**18,600 m3/GJ**	
			0,067 m3/kwh	
			66,96 litros/kwh	

De acordo com o inventário do *Ecoinvent* (2010), para a obtenção de 1 litro de água tratada (água de torneira), são necessários 0,10 mg de cloro líquido; 0,88 mg de peróxido de hidrogênio; 3,33 mg de ozônio líquido e 6,33 mg de sulfato de alumínio; 1,13 litros de água e 0,00039 kwh de energia elétrica. O inventário consolidado da ETA contabilizando a unidade elementar de cada insumo citado é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Inventário consolidado da ETA.

		Unidade	1,00E-7 cloro líquido	8,80E-7 peróxido de hidrogenio	3,33E-6 ozônio líquido	6,33E-6 sulfato de alumínio	1,00E+0 ETA	1,00E+0 **ETA -total**
ENTRADAS								
tecnosfera	energia elétrica	kWh	1,58E-7	4,93E-7	5,00E-5	3,17E-6	3,90E-4	4,44E-4
ÁGUA como recurso	água de resfriamento	m3	6,71E-9	1,50E-7	8,00E-8			2,36E-7
	água sem origem especificada	m3	8,82E-11	1,69E-9		1,58E-9		3,36E-9
	água subterrânea	m3					4,10E-4	4,10E-4
	água de rio	m3					5,13E-4	5,13E-4
	água de lago	m3					2,05E-4	2,05E-4
SAÍDA DE CARGA AMBIENTAL								
Carga ambiental para o rio	Aluminio	kg					1,29E-6	1,29E-6
	DBO	kg		2,29E-10				2,29E-10
	Bromato	kg	1,28E-11					1,28E-11
	Clorato	kg	9,74E-11					9,74E-11
	Clorito	kg	6,96E-10	3,34E-10			5,04E-6	5,04E-6
	Solventes clorados	kg	2,78E-14					2,78E-14
	Cloro	kg					1,00E-7	1,00E-7
	DQO	kg		8,27E-10				8,27E-10
	Hidrocarbonetos aromáticos	kg		3,30E-13				3,30E-13
	Peroxido de hidrogenio	kg		5,28E-10				5,28E-10
	mercurio	kg	8,44E-15					8,44E-15
	Nitrato	kg		1,79E-10				1,79E-10
	Fosfato	kg		1,10E-11				1,10E-11
	Solidos inorganicos	kg	2,28E-13					2,28E-13
	Sulfato	kg	3,67E-10					3,67E-10
	Sólidos em suspensção	kg		1,33E-10				1,33E-10
	Carbono orgânico total	kg		2,64E-10				2,64E-10

Segundo o inventário consolidado da ETA apresentado na Tabela 2 e a pegada hídrica para obtenção da energia elétrica apresentado na Tabela 1, temos que para a obtenção de 1 litro de água tratada são necessários 0,03 litros de água somente pela utilização da energia elétrica no processo produtivo de seus insumos. Para cada litro de água tratada, temos também que são necessários 1,13 litros de água como recurso. A água que representa um parâmetro de neutralização da carga de poluentes lançada nos efluentes (água cinza) é mais representativa. Com o uso dos parâmetros mais restritivos de classificação dos corpos hídricos (classe 1), para cada litro de água tratada, são necessários 0,0000422 litros de água para a neutralização do mercúrio lançado pelo processo produtivo do cloro líquido; 0,0000763 litros de água para a neutralização da DBO do processo produtivo do peróxido de hidrogênio e 12,95 litros de água cinza necessários para a diluição da carga de alumínio lançada pela própria estação de tratamento. Assim sendo, a pegada hídrica de 1 litro de água tratada é de 14,11 litros. A resolução CONAMA, artigo 34, não estipula parâmetros para lançamento das cargas de alumínio, cloro líquido ou DBO em efluentes. Neste caso, a água cinza seria insignificante e desprezível, sendo a pegada hídrica total apenas o uso da água como recurso somado à pegada hídrica da energia elétrica, totalizando 1,16 litros.

CONCLUSÃO

Concluímos que a água é um recurso em estado crítico de utilização, pois se necessita da água em si para a diluição da carga de poluentes e para que a própria água possua um nível aceitável de qualidade. Este estudo também conclui que para o cálculo da pegada hídrica, de modo que a mesma possa ser utilizada como um indicador comparativo de sustentabilidade da qualidade da água dos corpos hídricos, parâmetros mais restritivos de qualidade da água devem ser utilizados para o cálculo da água cinza (como no caso dos parâmetros sugeridos pelo CONAMA para corpo d'água classe 1). Outra conclusão a ser observada sobre o cálculo da pegada hídrica de um produto é que os inventários do ciclo de vida não devem ser consolidados pelo fato do impacto ser regional, ou seja, tanto as retiradas de água para cada processo produtivo como o lançamento da carga ambiental são em diferentes bacias hidrográficas. Também como conclusão, podemos citar que o que diferencia a pegada hídrica de produtos iguais em países diferentes, além do processo produtivo, é a diferença na pegada hídrica da matriz energética assim como os parâmetros mais restritivos de qualidade da água que podem variar de país para país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil>. Acesso em: fev. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044:** Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida: Requisitos e Orientações, Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040:** Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida: Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 357.** 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

ECOINVENT. **Banco de Dados Suiço de Inventários do Ciclo de Vida**; versão 2.2. (2010). Disponível em: <http://www.ecoinvent.org>.

HOEKSTRA, A. Y. (ed.) (2003) **Virtual water trade:** Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf, December 2002

HOEKSTRA, A. Y., et al. (2009). **Water Footprint Manual, State of the art.** Water Footprint Network; University of Twente, Enschede, Netherlands. 2009. p. 131.

LENNES, P. W. G.; HOEKSTRA, A. Y; van der MEER, TH. H. (2008). **Water footprint of bio-energy and other primary energy carriers;** Water Footprint Network; University of Twente, Enschede, Netherlands. March 2008.