

## XI-074 - ÁGUA E ENERGIA: ENERGIA PARA ÁGUA

### **Alisson Meireles Brandão**

Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2014) e graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (2007). Engenheiro da Embasa atualmente ocupando cargo de Gerente da Unidade Regional do Cabula (Salvador).

### **Eduardo Henrique Borges da Silva Cohim<sup>(1)</sup>**

Doutorado em Energia e Meio Ambiente (2011), mestrado em Tecnologias Limpas (2006) e graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal da Bahia (1983). Atualmente é professor Adjunto da Universidade Estadual de Feira de Santana.

### **Gustavo Donato dos Santos**

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (2007). Engenheiro da Embasa atualmente ocupando cargo de Gerente Operacional da Unidade Regional de Pirajá (Salvador).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Jayme Sapolnik, 1183, apt. Real 2006 - Imbuí - Salvador - BA - CEP: 41.720-075 - Brasil - Tel: (71) 3412-1094 - e-mail: [alisson.brandao@embasa.ba.gov.br](mailto:alisson.brandao@embasa.ba.gov.br)

### **RESUMO**

Água e energia são recursos essenciais para o bem-estar humano, a redução da pobreza e o desenvolvimento sustentável. A ONU definiu o tema do Dia Mundial da Água celebrado em 2014: “Água e Energia”. Porque água e energia são recursos indissociáveis, de um lado, todos os tipos de sistemas de geração de energia consomem água, seja diretamente ou indiretamente. Do outro lado, o abastecimento de água requer energia para extrair e transportar água doce para usuários finais ou para tratar águas residuais. Essa dissertação propõe-se estudar a conexão existente entre os setores energético e de saneamento no consumo de água e energia elétrica para seus processos e serviços. Analisando as etapas e tecnologias que são mais intensivas no uso destes recursos. Avaliando o conteúdo energético da água distribuída no Sistema Principal de Abastecimento de Água da Cidade de Salvador e RMS.

A agricultura e as usinas termelétricas, são os maiores consumidores de água, com destaque para as usinas a partir de carvão e as nucleares. Os maiores consumidores de energia no ciclo urbano da água foram os usos residenciais, em aquecedores, chuveiros e etc, seguido da etapa de captação e adução de água bruta. Os resultados mostraram que as demandas de energia elétrica nas etapas do SIAA de Salvador e RMS não se configuraram como um uso intensivo de energia diante dos limites propostos por publicações internacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água e energia, intensidade energética, conteúdo energético, nexos água-energia.

### **INTRODUÇÃO**

Água, energia e alimentos são recursos essenciais para o bem-estar humano, a redução da pobreza e o desenvolvimento sustentável. Projeções mundiais indicam que a demanda por água doce, energia e alimentos vai aumentar significativamente ao longo das próximas décadas, sob a pressão do crescimento populacional e da mobilidade, desenvolvimento econômico, o comércio internacional, a urbanização, mudanças culturais e tecnológicas e as mudanças climáticas (HOFF 2011 apud FAO, 2014).

A importância da água doce para o nosso sistema de suporte da vida é amplamente reconhecida, como pode ser visto no contexto internacional (por exemplo, a Agenda 21, Fóruns Mundiais da Água, a Avaliação Ecológica do Milênio e o Relatório de Desenvolvimento do Dia Mundial da Água). A água doce é indispensável para todas as formas de vida e necessária, em grandes quantidades, em quase todas as atividades humanas (BATES et al., 2008).

“A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu o tema do Dia Mundial da Água celebrado em 22 de março de 2014: “Água e Energia”. A escolha se deu porque água e energia estão intimamente ligadas e são interdependentes, já que a geração hidrelétrica, nuclear e térmica precisa de recursos hídricos” (ONU, 2014).

Água e energia são recursos indissociáveis, de um lado, todos os tipos de sistemas de geração de energia consomem água, seja diretamente ou indiretamente por meio da evaporação em que a água é consumida ao longo do processo de produção e construção de instalações de geração de energia elétrica. Do outro lado, o abastecimento de água requer energia para extrair e transportar água doce para usuários finais ou para tratar águas residuais (LI et al., 2012).

Os Sistemas de Abastecimento de Água desempenham um papel significativo no consumo de energia a nível nacional e mundial, não apenas grandes quantidades de energia direta, tais como eletricidade, mas também exigindo uma quantidade considerável de energia indireta incorporados nos produtos químicos e materiais associados (MO et al., 2010). Cada etapa do ciclo da água num sistema de abastecimento - desde a captação, tratamento e distribuição, coleta e transporte do esgoto, tratamento e disposição final - contribui para o consumo de energia. Nos EUA, 4% da energia elétrica gerada a nível nacional é utilizada pelo setor serviços de abastecimento de água (DOE, 2006). Na Austrália, o número é muito inferior, menos de 1% com base em dados anteriores a 2006 (KENWAY et al., 2008). A ONU (2014) aponta que cerca de 8% da energia gerada no planeta é utilizada para bombear, tratar e levar a água para o consumo das pessoas.

O nexos água - energia se tornou então uma questão de alta prioridade na avaliação de sustentabilidade (HARDY; GARRIDO; JUANA, 2012). Pois uma melhor compreensão dessas relações pode ajudar no desenvolvimento de estratégias que proporcionem maior economia de energia e água além dos benefícios ambientais.

A expressão "nexo água-energia" é utilizada para definir as consequências bidirecionais do uso dos recursos. Depende de fatores como eficiência do processo, a quantidade de recursos financeiros envolvidos, perdas nos sistemas de gestão destes recursos e a escolha de tecnologias.

Mediante o interesse emergente em todo o mundo nas interações entre água-energia-alimento-clima e, em particular, o interesse na relação água e energia com a identificação dos fatores relevantes e oportunidades para reduzir o consumo de energia, para melhorar a compreensão do uso de energia no ciclo urbano da água, esta pesquisa visou o estudo desta conexão, identificando os fatores que determinam a demanda de água e energia nos processos de geração de energia elétrica e no ciclo urbano da água. Avaliando o conteúdo energético da água distribuída no Sistema Principal de Abastecimento de Água da Cidade de Salvador e RMS, analisando o comportamento do consumo de energia elétrica em cada etapa deste sistema.

## Água para Energia

A água é essencial para a geração de energia, para alimentar as turbinas em instalações hidroelétricas, para o resfriamento em usinas de energia térmica ou nuclear, e para extrair petróleo de areias betuminosas (MAAS, 2010).

A produção e utilização de energia elétrica muitas vezes exige uma quantidade significativa de água. A água é necessária quando um recurso energético é extraído como matéria-prima, para alterar as propriedades do combustível, para a construção, operação, e manutenção das instalações de geração de energia, para o resfriamento de usinas e para a eliminação de resíduos. Às vezes, essa água é retirada e em seguida, volta a um sistema de abastecimento de água, ou às vezes é consumida durante a operação ou contaminadas até que fique imprópria para uso posterior. Mesmo usinas hidrelétricas são responsáveis pela perda de água que evapora dos reservatórios artificiais (GLEICK, 1994).

A geração de energia é particularmente sensível a disponibilidade de água e diversas usinas foram obrigadas a fechar devido à falta de água para refrigeração ou altas temperaturas da água (ONU, 2014).

Toda a tecnologia de produção de energia elétrica requer uma quantidade diferente de água, de acordo com a matéria-prima específica que está sendo usada, como o carvão, petróleo, gás, urânio e produção de biomassa. Em segundo lugar, os sistemas de refrigeração das usinas possuem demandas distintas, dependendo da tecnologia utilizada (HARDY; GARRIDO; JUANA, 2012).

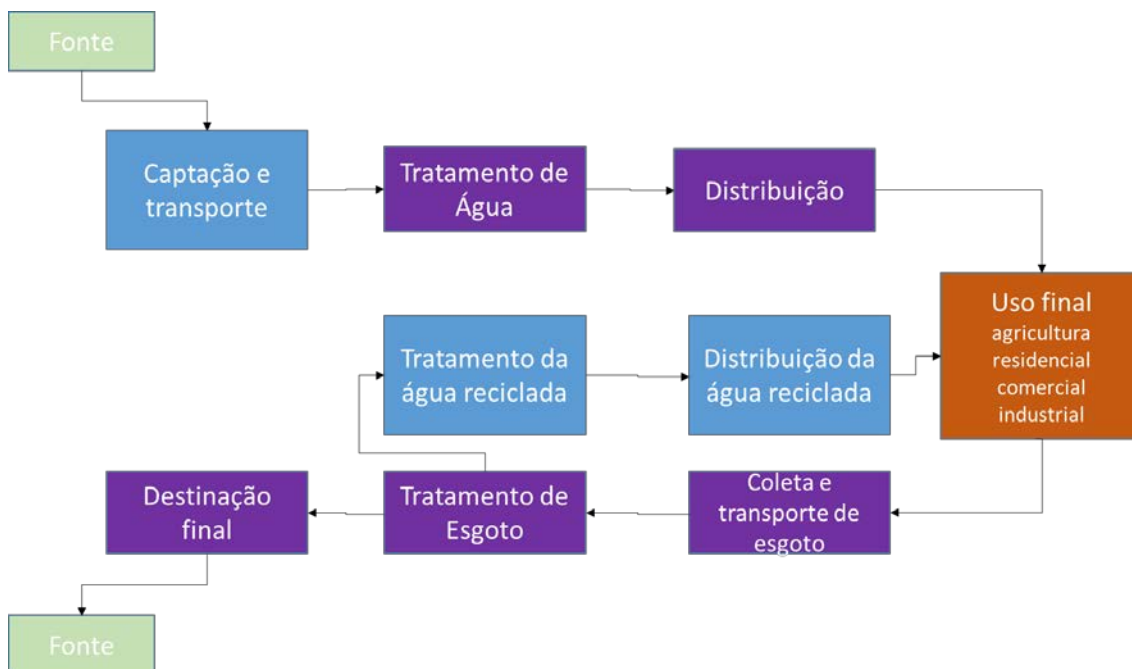
Nos Estados Unidos, por exemplo, o setor de energia é o maior usuário de água na economia (CÁRTER, 2010; HUSSEY; PITTOCK, 2012).

## Energia para Água

A civilização moderna aumentou significativamente sua capacidade de transferir água de um lugar para outro usando a energia elétrica para bombear essa água sobre as colinas e montanhas. Quando a demanda de água em uma região aumenta superando a capacidade da região de fornecer, novas fontes de água cada vez mais distantes são desenvolvidas. Ao longo do século 20, os projetos de transferência de água em larga escala foram desenvolvidos para permitir o crescimento contínuo em regiões áridas e semiáridas que teriam sido restringidos por limites naturais (GLEICK, 1994).

O consumo de energia nos sistemas de abastecimento de água podem variar significativamente para cada processo devido a fatores geográficos, físicos e tecnológicos. No caso de captação em lençol freático, as exigências de energia dependem da profundidade (junto com a eficiência da bomba, etc.). No transporte, vários fatores como comprimento da tubulação, diâmetro e elevação muda a energia consumida e o impacto do transporte de água.

A energia é necessária em todas as fases do ciclo urbano de utilização de água. É difícil medir a quantidade de energia relacionadas com a água que é consumida.



**Figura 1 - Modelo de Ciclo Urbano de uso da Água**  
Fonte: CEC, 2005

Os custos de energia são geralmente o primeiro ou o segundo maior nos serviços de abastecimento de água. Em parte, isto é, porque as perdas nos sistemas de distribuição são altas, tanto nos países em desenvolvimento (30% - 60% no México, Brasil e cidades da Índia e do Sul África) e em sistemas mais antigos em países desenvolvidos (MCMAHON e PRICE, 2011).

As perdas de água significam que a energia usada para bombear, tratar e distribuir a água também são perdidas. Sistemas de bombeamento ineficientes e uma má gestão contribuem para a ineficiência energética nos sistemas de abastecimento de água. Reduzir perdas e melhorar a gestão podem oferecer oportunidades para garantir um maior acesso à água a custos menores e retardar o investimento em estratégias de ampliação destes sistemas (MCMAHON e PRICE, 2011).

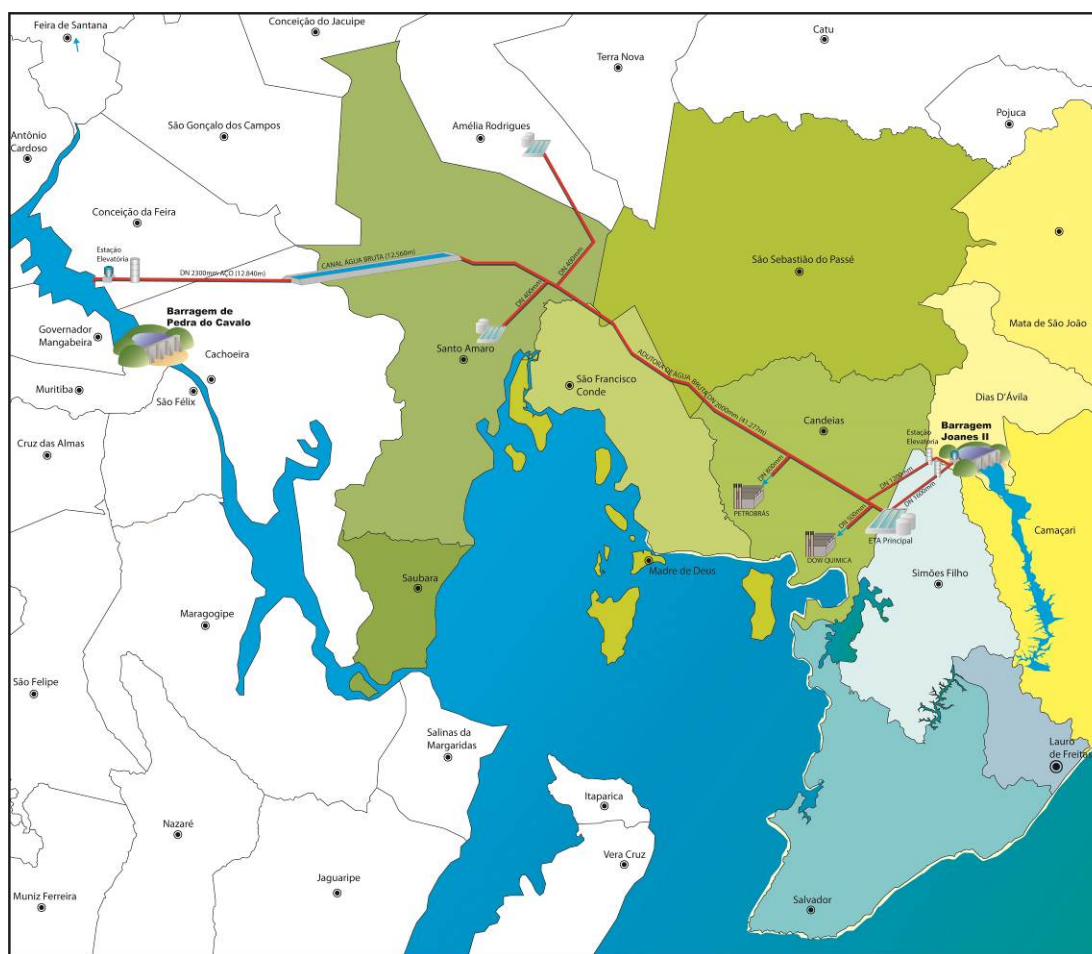
O uso de energia relacionado com os serviços de abastecimento de água consome 19% de toda a energia produzida no Estado da Califórnia (CEC, 2005).

Na Arábia Saudita, cerca de 5% de toda eletricidade produzida é gasta para o bombeamento na captação no lençol freático e 4% para a dessalinização, indicando que aproximadamente 9% ou mais do consumo de energia elétrica anual total no país é gasta simplesmente para obter água (SIDDIQI e ANADON, 2011).

Os resultados obtidos para a Espanha, Hardy, Garrido e Juana (2012), mostram que 5,8% de toda a energia elétrica do país é consumida no ciclo urbano da água.

## METODOLOGIA

O estudo de caso que foi feito baseou-se nos dados de relatórios operacionais e gerenciais da EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento) do Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Salvador e Região Metropolitana (SIAA Salvador e RMS), Figura 2.



**Figura 2 - SIAA Salvador e RMS**

O Sistema Principal de Abastecimento do SIAA compreende:

- Captação de água superficial na Barragem de Pedra do Cavalo
- Captação de água superficial na Barragem de Joanes II
- Estação de Tratamento de Água Principal (Cova do Defunto)
- Parque de Reservação do Cabula (R7)

Os dados obtidos apresentam os consumos mensais medidos pela Embasa no período de doze meses consecutivos, com as características das Unidade, potência de equipamentos, com leituras de pressão, energia consumida e vazões em cada etapa do sistema.

Os dados foram agrupados segundo a etapa, comparando os volumes produzidos com os respectivos consumos de energia elétrica dos equipamentos, obtendo o indicador de consumo por metro cúbico, expressados em kWh.m<sup>-3</sup>.

## RESULTADOS

Neste Sistema os mananciais principais são a Barragem de Pedra do Cavalo, do Rio Paraguaçu, que está localizada a cerca de 120 km de Salvador e a Barragem de Joanes II, do Rio Joanes, que está localizada a cerca de 44 km de Salvador.

A água bruta captada em Pedra do cavalo viaja mais de 66 km pela Adutora de Água Bruta (AAB) até chegar na Estação de Tratamento de Água Principal (ETA Principal), enquanto que a do Joanes II a 10 km da ETA. A Estação de Tratamento de Água Principal é do tipo Convencional, com capacidade de tratamento de 8,0 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, fica localizada no Município de Candeias, na localidade de Passagem dos Teixeiras, a aproximadamente 35 km de Salvador.

No SIAA de Salvador e RMS a Distribuição começa na ETA Principal, no recalque da água tratada para o Stand Pipe, seguindo por gravidade até o Parque de Reservação do Cabula (R7), localizado no Bairro do Cabula, Salvador, com capacidade total para 36.000 m<sup>3</sup> (4 Câmaras de 9.000 m<sup>3</sup>), de onde a água é distribuída aos demais reservatórios do sistema por gravidade.

As características principais das Unidades de bombeamento, Estações Elevatória de Captação e Adução de Água Bruta e de Água Tratada são descritas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Características das Estações Elevatórias**

Unidade	Nº	Potência (cv)	Vazão (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Captação Pedra do Cavalo	4	5.000	7,0
	2	2.100	
Captação Joanes II	2	2.250	3,0
	2	2.500	
Adutora de Água Tratada	4	1.100	8,0

Na Tabela 2 são demonstradas as características das adutoras em cada trecho de cada etapa de recalque do sistema.

**Tabela 2 - Características das Adutora de Água Bruta e Tratada**

Unidade	Material	Diâmetro Nominal (DN)	Extensão (m)
Captação Pedra do Cavalo	Aço	2.300	12.840
	Concreto		12.560
	Aço	2.000	41.277
Captação Joanes II	Aço	1.600	10.200
	Aço	1.200	9.700
Adutora de Água Tratada	Aço	2.300	18.500
	Aço	1.800	15.200
	Aço	1.200	8.200

No que concerne aos resultados do conteúdo energético da água, objetivo principal deste artigo, de acordo com as características de cada uma das captações, o resultado global desta etapa foi 0,39 kWh.m<sup>-3</sup>, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 - Intensidade energética na captação e adução de água bruta do SIAA**

Etapa	Consumo (kWh)	Volume (m <sup>3</sup> )	Intensidade (kWh/m <sup>3</sup> )
Captação Pedra do Cavalo	7.505.729	18.133.632	0,41
Captação Joanes	2.583.944	7.892.640	0,33
Captação SIAA Salvador e RMS	10.089.673	26.026.272	0,39

As duas captações obtiveram resultados um pouco distintos, tendo a captação em Pedra do Cavalo um valor superior em 24% do valor obtido na barragem do Joanes.

Assim como nos trabalhos pesquisados, existe uma variabilidade muito grande de opções técnicas para o transporte de água bruta. No entanto, uma avaliação qualitativa pode ser feita para analisar essa diferença tal como o volume bombeado, tendo Pedra do Cavalo mais do quase o triplo de Joanes II, com estruturas maiores, contudo as alturas geométricas a serem vencidas para chegar a ETA são bem diferentes, tendo a tomada de água de Pedra do Cavalo a uma Cota Topográfica de 105m e Joanes II a 25m em relação a ETA Principal com 112m.

Além disso, as distâncias de recalque são aproximadas, mas isto deve-se ao fato da adução de Pedra do Cavalo utilizar 53.837m (80% da extensão) por gravidade.

Para avaliar os resultados a Tabela 4 a seguir mostra um comparativo com base no intervalo sugerido por CEC (2005) e o resultado total das etapas de captação e adução de água bruta, de Tratamento e Distribuição do SIAA Salvador e RMS.

**Tabela 4 - Intensidade energética final**

Etapa	Intensidade energética (kWh/m <sup>3</sup> )			Salvador
	Intervalos (CEC, 2005)			
	Baixo	Alto		
Captação e adução de água bruta	0	3,70		0,39
Tratamento de água	0,03	4,23		0,01
Distribuição	0,19	0,32		0,10
Total				0,50

Nota-se pela Tabela 4 que em todas as etapas a intensidade energética do SIAA Salvador e RMS foi próximo aos limites inferiores sugeridos, tendo a etapa de captação como o uso mais intensivo de energia.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As demandas de energia elétrica nas etapas estudadas não se configuram como um uso intensivo de energia diante dos limites propostos por publicações internacionais. Mesmo havendo um intervalo grande entre os limites, por causa da variabilidade de situações que podem ser encontradas os resultados encontrados situaram sempre muito próximo dos limites inferiores.

Corroborando com a literatura revisada a etapa e captação e adução de água bruta possuiu a maior intensidade energética do sistema, dentro do limite estudado, haja vista não ter conseguido analisar as etapas de coleta e tratamento de esgotos pela insuficiência de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATES, B.C.; KUNDZEWICZ, Z.W.; WU, S.; PALUTIKOF, J.P., Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, p. 210, 2008
2. CARTER, Nicole T. Energy's Water Demand: Trends, Vulnerabilities, and Management. Congressional Research Service, Report for Congress, November 2010
3. CEC - California Energy Commission. California's Water – Energy Relationship: Final Staff Report, November 2005.
4. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The Water-Energy-Food Nexus: A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Roma, 2014.
5. GLEICK, Peter H. Water and Energy. Annual Review of Energy and the Environment. n. 19, 1994, p. 267-99
6. HARDY, Laurent; GARRIDO, Alberto; JUANA, Luis. Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus. Water Resources Development. v. 28, n. 1, 2012, p. 151–170
7. HUSSEY, Karen; PITTOCK, Jamie. The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future. Ecology and Society v. 17, n. (1), 2012, p. 31.
8. KENWAY, S.J.; PRIESTLEY, A.; COOK, S.; INMAN, M.; GREGORY, A.; HALL, M. Energy use in the provision and consumption of urban water in Australia and New Zealand. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship 2008
9. LI, Xin; FENG, Kuishuang; SIU, Yim Ling; HUBACEK, Klaus. Energy-water nexus of wind power in China: The balancing act between CO2 emissions and water consumption. Energy Policy v. 45, 2012, p. 440–448
10. MAAS, Carol. Ontario's Water-Energy Nexus: Will We Find Ourselves in Hot Water... or Tap into Opportunity? POLIS Research Report 10-01, April 2010
11. MCMAHON, James E.; PRICE, Sarah K. Water and Energy Interactions. Annual Review of Environment and Resources, v. 36, n. 163, 2011, p.91
12. MO, Weiwei; NASIRI, Fuzhan; ECKELMAN, Matthew J.; ZHANG, Qiong; ZIMMERMAN, Julie B. Measuring the Embodied Energy in Drinking Water Supply Systems: A Case Study in The Great Lakes Region. Environment Science Technology, v. 44, 2010, p. 9516–9521
13. SIDDIQI, Afreen; ANADON, Laura Diaz. The water–energy nexus in Middle East and North Africa. Energy Policy v. 39, 2011, p. 4529–4540