



XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CB/GET/21

22 a 25 de outubro de 2017

Curitiba - PR

GRUPO - 14

GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA- GET

**O ABASTECIMENTO ATRAVÉS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: OS IMPACTOS NO SISTEMA ELÉTRICO
BRASILEIRO E PRIORIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Débora dos Santos Carvalho(*)
POLI-USP

Aquiles Baeso Grimoni
POLI-USP

RESUMO

O estudo visa investigar os impactos do abastecimento por águas subterrâneas no setor energético brasileiro, as dinâmicas das tomadas de decisões no gerenciamento hídrico e gerenciamento energético brasileiro, e apontar onde as ações para a sustentabilidade no bombeamento de águas subterrâneas devem ser tomadas. A geração, consumo e gestão de energia interage de muitas formas com os recursos hídricos, contudo o gerenciamento das águas superficiais difere do gerenciamento das águas subterrâneas. Cerca de 2,6% do consumo energético brasileiro é utilizado para abastecimento por águas subterrâneas. Ações para eficiência energética neste setor podem trazer economia de energia.

PALAVRAS-CHAVE

Águas subterrâneas, Bombeamento, Setor energético, Abastecimento

1.0 - INTRODUÇÃO

O presente projeto visa investigar os impactos do abastecimento por águas subterrâneas no setor energético brasileiro. Visa também estudar as dinâmicas das tomadas de decisões no gerenciamento hídrico e gerenciamento energético brasileiro, identificar as demandas de água subterrânea e energia elétrica e apontar onde as ações para a sustentabilidade no bombeamento de águas subterrâneas devem ser tomadas. A água subterrânea depende da precipitação pluviométrica para a recarga do manancial, a energia elétrica, no Brasil, também está fortemente atrelada à quantidade de chuvas, é, portanto, dependente da hidrologia. Não há como explorar água subterrânea sem energia, e a escassez desta, faz com que haja mais esforços para alcançá-la.

As inter-relações entre energia e água vêm ganhando notabilidade internacional nos últimos anos com a crescente demanda para utilizar ambos os recursos e os governos continuam a lutar para garantir o fornecimento confiável para atender necessidades setoriais. Como quase todos os processos de geração de energia exigem significativa quantidades de água, e água requer energia para o tratamento e transporte, estes dois recursos são indissociáveis. Esta relação é o nexos de águas energia. (1)

A revisão da literatura mostra um tema constante de estresse e escassez de água, bem como a expectativa de que irão aumentar com o tempo. O impacto da concorrência intersetorial no tocante à energia e à água sublinha a necessidade de uma abordagem mais integrada para o planejamento do uso de ambos os recursos. (1)

O bombeamento global de águas subterrâneas, notadamente para a agricultura irrigada, é um grande consumidor

(*)Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3, n° 158 – CEP: 05508-010 São Paulo, SP – Brasil

de energia e muito mais esforços precisam ser colocados para reduzir o uso ineficiente da energia devido ao esgotamento de aquíferos e inadequação dos projetos de poços artesanais.

A complexidade dos sistemas de recursos hídricos requer métodos para a integração das questões técnicas, econômicas, ambientais, legais e sociais à escala da bacia dentro de uma estrutura que permite o desenvolvimento de estratégias eficientes e sustentáveis de uso da água. (2) apud (3).

As águas subterrâneas no Brasil vêm sendo progressivamente exploradas para o abastecimento de cidades e núcleos urbanos, assim como para a indústria, irrigação e turismo. Estima-se que haja, pelo menos, 416 mil poços no país, com um aumento anual de 10,8 mil novas captações, atendendo a 30-40 % da população. Esse volume explorado ainda é muito pequeno quando comparado às potencialidades de suas reservas renováveis de 42 mil m³/s (4). Apesar da sua expressiva contribuição para o desenvolvimento socioeconômico de muitas regiões do país e do seu papel ecológico na manutenção do fluxo de base dos corpos de água, a gestão da água subterrânea ainda é incipiente e não reflete sua relevância atual e estratégica. A falta de políticas públicas para o setor mostra-se na lacuna de conhecimento do estágio de utilização e das potencialidades dos aquíferos, bem como dos riscos de contaminação antropogênica a que estão submetidos e que afetam sua qualidade.

O Planejamento Integrado de Recursos (PIR) é o desenvolvimento combinado da oferta de eletricidade e de opções de gerenciamento do lado da demanda (DSM) para fornecer serviços de energia a custo mínimo, incluindo custos sociais e ambientais. Este tipo de planejamento incorpora o esforço de se contabilizar o potencial de recursos em melhorias do uso de energia com o mesmo rigor empregado para se inventariar os recursos de oferta de energia (5).

geração, consumo e gestão de energia interage com o domínio das águas subterrâneas de maneiras surpreendentemente variadas. Em consequência, são necessários insumos específicos de ciência hidrogeológica para entender essas ligações, e para a avaliação de risco e de gestão eficaz das interações. Para facilitar a discussão é útil classificar as interações sob o viés da exploração sustentável dos recursos energéticos renováveis, dos impactos da exploração de águas subterrâneas nas fontes de água e de energia não renováveis e do consumo de energia para o bombeamento de águas subterrâneas (6).

Os efeitos da seca estão devastando as atividades agrícolas e a geração hidrelétrica em áreas povoadas. Com a redução persistente da precipitação nessas áreas, os lagos secam, as vazões dos rios diminuem e o abastecimento de água potável é reduzido, o mesmo autor também afirma que os impactos são maiores em nações menos resilientes, que não possuem a capacidade de absorver as mudanças em seus sistemas sociais, econômicos e agrícolas (7). O reconhecimento da necessidade de corrigir os efeitos das frágeis estruturas de governança de água (8) convenceu muitos países que é necessário um novo parâmetro de gestão hídrica.

O gerenciamento das águas superficiais difere do gerenciamento das águas subterrâneas, e seria um grande equívoco tratar ambos semelhantemente, porém ambos recursos estão interligados e um mau gerenciamento de uma fonte pode causar danos e sobrecargas à outra fonte (2).

Em 1997 no Brasil, foi implantada a Lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e os instrumentos de gestão quanto ao aspecto quantitativo e qualitativo dos mananciais e tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo os usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (9).

O volume outorgado para o uso doméstico rural é muito superior à quantidade demanda para este tipo de usuário, e que a outorga é uma importante ferramenta na garantia da qualidade da água consumida e na coleta de informações dos aquíferos (9).

No Brasil, 39% dos municípios são abastecidos somente por águas subterrâneas, 14% utilizam abastecimento misto (águas subterrâneas e superficiais) e 47% utilizam somente águas superficiais (10).

Em São Paulo, no Paraná e no Rio Grande do Sul, mais de 50% dos municípios, majoritariamente localizados no oeste dos Estados, também são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas (10).

O uso intensivo de mananciais superficiais é observado nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Pernambuco e Paraíba, em que mais de 75% dos municípios são abastecidos somente por águas superficiais. Nesses Estados, verifica-se a baixíssima presença de rochas sedimentares e de sistemas aquíferos com bom potencial hídrico (10). A Lei 10.257 de 10 de Julho de 2001, denominada estatuto das cidades, determina em uma de suas diretrizes que é de responsabilidade dos municípios a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural, entre outras. No entanto, até então esta Lei não contribuiu para reduzir os acelerados processos urbanos de degradação das águas subterrâneas nas cidades brasileiras (11).

Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil são consumidos pelos prestadores de serviços de saneamento em 2008, o que era equivalente a 8,3 bilhões de kWh/ano, sendo que 90% dessa energia são consumidas pelos conjuntos motobomba. Estima-se que esse consumo pode ser reduzido em pelo menos 25% na maioria dos sistemas de água (12).

As perdas de água têm relação direta com o consumo de energia, pois é necessário cerca de 0,6kWh para produzir 1m³ de água potável. Isso mostra que eficiência hidráulica e a eficiência energética são fundamentais para o bom gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água (12). O consumo de energia elétrica no país, em 2016, foi

de 460.001 Gigawatt-hora(GWh) (13).

Calcula-se que 20% das águas pluviais se infiltram no solo, constituindo imensas reservas subterrâneas, isto é, as reservas renováveis (14), e, deste montante, as reservas exploráveis perfazem 20% das reservas renováveis (15).

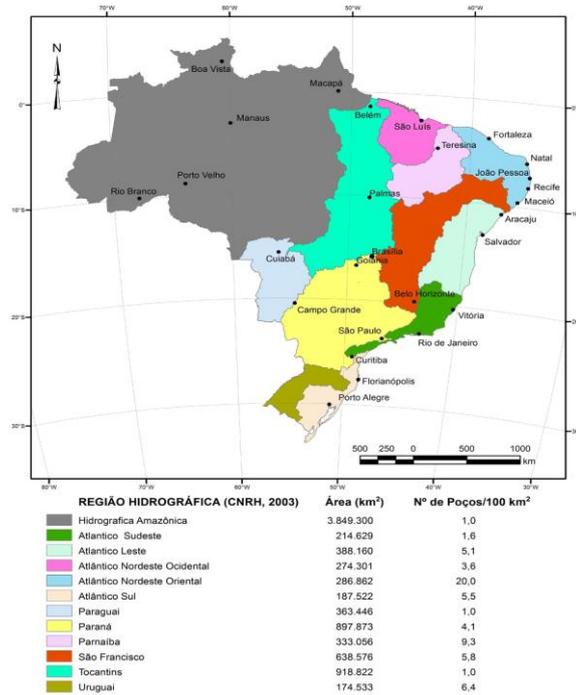


FIGURA 1 - Distribuição de poços por região hidrográfica do Brasil - Diniz, Monteiro et al (16)

Para facilitar o estudo das águas subterrâneas o Brasil foi dividido em regiões homogêneas, formando 10 províncias hidrogeológicas. Os limites dessas províncias não coincidem necessariamente com os das bacias hidrográficas (ver Figura 1 e Figura 2), representadas na , estas províncias são regiões onde os sistemas aquíferos apresentam condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água. (Ministério do Meio Ambiente)

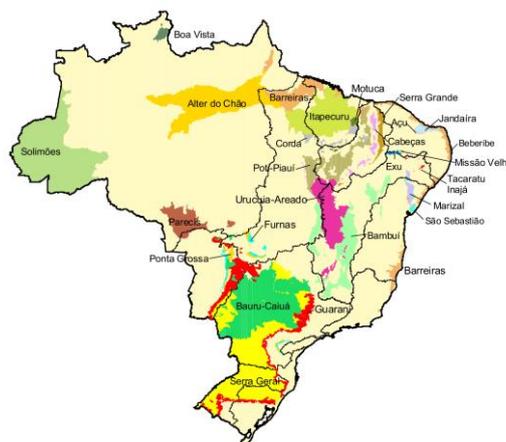


FIGURA 2 -Representação esquemática dos principais aquíferos brasileiros e suas respectivas áreas de recarga (15)

Muito se aborda sobre o volume de águas subterrâneas presente nos aquíferos brasileiros, sobre o volume de oferta e demanda de água subterrânea, mas para ela ser extraída é necessário a energia elétrica. Considerando o

montante de mais de 2000 municípios brasileiros são abastecidos somente por água subterrânea, um estudo do impacto desta política no sistema energético brasileiro se faz necessário (ver Figura 3).

Segundo a norma europeia IEC 60034-30/31 de classificação de motores quanto ao rendimento, a partir de 1 de Janeiro de 2017 todos os motores com potência nominal entre 0,75 e 375 kW não devem possuir níveis de rendimento inferiores a IE3 ou atender a nível IE2 e ser equipados com um inversor de frequência. A diretiva da união europeia 640/2009, baseada na norma 60034-30, é a que estabelece os requisitos “ecodesign” para colocação no mercado dos motores (17). Já está disponível no mercado motores da classe IE4, Super Premium Efficiency.

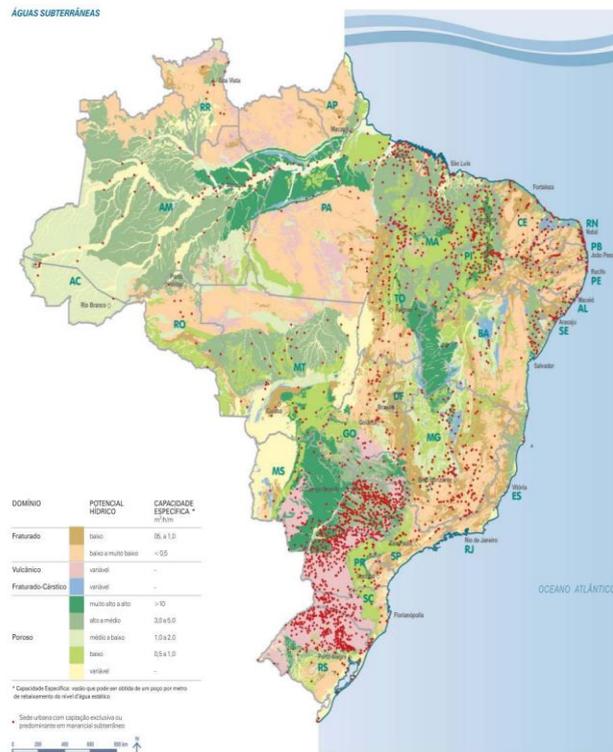


FIGURA 3 - Municípios de abastecimento exclusivo por águas subterrâneas no Brasil (10)

O Brasil vem desenvolvendo esforços para conservar energia desde meados da década de oitenta, quando foram criados dois programas nacionais: o PROCEL (eletricidade) e CONPET (derivados de petróleo). Embora outras iniciativas anteriores tivessem ocorrido, esses dois programas foram a maior expressão do interesse do governo federal e uma manifestação favorável de se estabelecer uma política pública para a área de energia que incorporasse a necessidade de controlar a demanda de energia. Mais um terceiro exemplo de ações que favorecem o avanço da eficiência energética (18): A partir do ano 2001 foi criado um fundo nacional chamado CTENERG. Esse fundo possui um documento de diretrizes estratégicas disponível no site do Ministério da Ciência e Tecnologia onde se verifica que é outra fonte de recursos para financiar não só o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes que nossa indústria pode estar fabricando, como também pode financiar programas de eficiência de interesse público, complementando de maneira inteligente as atividades que as empresas podem estar fazendo dentro de uma visão mais comercial.

Pelas considerações aqui abordadas, o presente trabalho reveste-se de importância por se voltar ao estudo da preservação e na eficiência da utilização dos recursos naturais, por se propor a reduzir os impactos dos eventos extremos nos grandes centros urbanos propondo assim cidades mais resilientes.

Os trabalhos tratando dos aspectos econômicos da exploração das águas subterrâneas ainda são escassos. Desse modo, serão introduzidos alguns trabalhos que discutem, de maneira menos específica, a relevância do consumo de energia elétrica na captação / produção de água. (19)

Os aquíferos desempenham duas diferentes funções: a de reservação e a de condução da água. Assim, os poros, em seu conjunto, se comportam ora como um reservatório, ora como um conduto que transporta a água entre dois pontos submetidos a um gradiente hidráulico, conforme se pode ver na Figura 4. A água contida num aquífero se desloca, conseqüentemente, em condições de escoamento hidráulico semelhantes às de um “reservatório em

marcha". A eficiência de um aquífero como fonte de suprimento de água depende de propriedades intimamente ligadas às duas funções que ele desempenha. As propriedades relacionadas com a capacidade de reservação são a porosidade e a produção específica (ou suprimento específico), enquanto as propriedades associadas à função de condução da água são a condutividade hidráulica (ou permeabilidade) e a transmissividade (20).

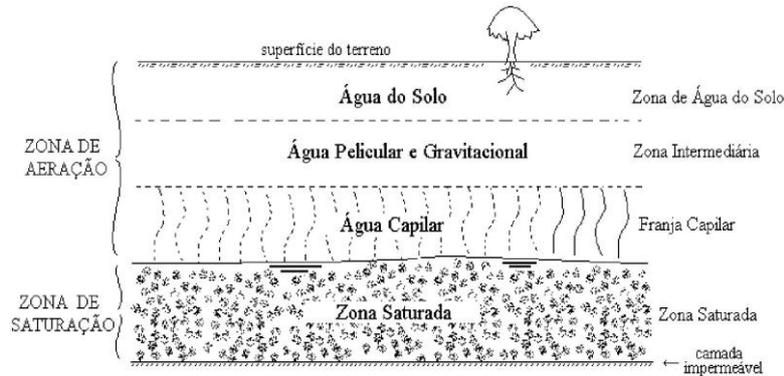


FIGURA 4 - Representação esquemática da distribuição da água subterrânea (20)

Há uma significativa variação sazonal em cada aquífero, que se difere em épocas de estiagem e épocas chuvosas, conforme se pode observar na Figura 5.

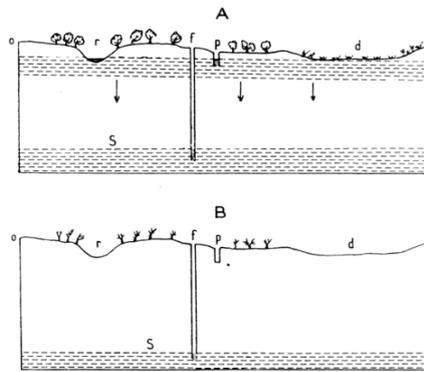


FIGURA 5 - Variação sazonal da água subterrânea (21)

A estiagem de 2014 foi um evento excepcional, sem precedentes na longa série histórica de observações. A vazão média afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira no ano de 2014 foi a menor da série de 85 anos (22)

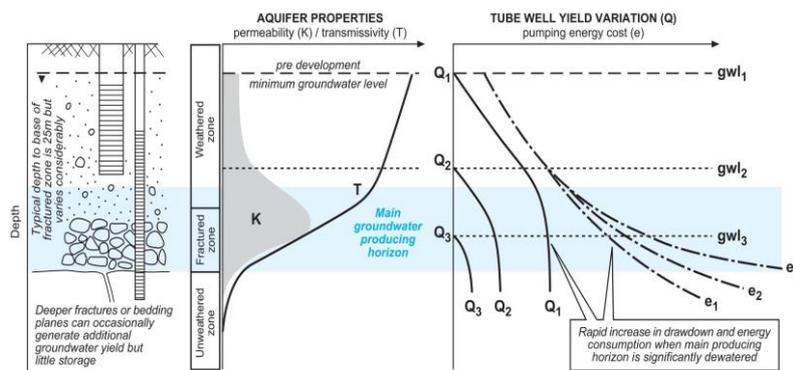


FIGURA 6 - Perdas crescentes no bombeamento conforme as condições do aquífero (23)

A Figura 6 ilustra as perdas crescentes no bombeamento, conforme se rebaixa o nível do lençol freático devido à exploração de água subterrânea e também devido a períodos secos do ano.

O bombeamento produz as depressões do nível d'água do aquífero (ou da superfície piezométrica, em caso de artesiano), constituindo o chamado "cone de depressão". O raio desse cone, denominado raio de influência, é uma função da vazão de bombeamento, e também varia com o tempo de bombeamento. O raio de influência, bem como a depressão de nível, cresce com o tempo de bombeamento, em taxas decrescentes, até que a capacidade de recarregamento do aquífero se equilibre com a vazão de bombeamento (20).

Para fins de aproveitamento hídrico, a zona de saturação é a mais importante. Ela pode ser considerada como um vasto reservatório, ou um conjunto de reservatórios naturais, cuja capacidade de armazenamento é definida pelo volume total dos poros existentes nas rochas que, nesta zona, se encontram completamente cheios de água. (20)

A conseqüência mais grave do bombeamento excessivo de água subterrânea é que o lençol freático, abaixo do qual o solo está saturado com água, pode ser reduzido. Para que a água seja retirada do solo, a água deve ser bombeada de um poço que chegue abaixo do lençol freático. Se os níveis da água subterrânea declinarem demais, então o proprietário do poço poderá ter que aprofundar o poço, perfurar um poço novo ou, pelo menos, tentar baixar a bomba. Além disso, à medida que os níveis de água diminuem, a taxa de água que o poço pode produzir pode diminuir. (24)

Como a profundidade para a água aumenta, a água deve ser levantada mais alto para chegar à superfície terrestre. Se as bombas são usadas para levantar a água (em oposição aos poços artesianos), mais energia é necessária para conduzir a bomba. Usar o poço pode se tornar proibitivamente caro. (24)

1.0 - METODOLOGIA

A proposição do presente trabalho é estudar quais são os impactos das políticas de abastecimento no setor energético brasileiro e irá envolver o estudo de estratégias de uso das águas subterrâneas para abastecimento público capazes de maximizar o retorno econômico, através de uma proposta que considere a sustentabilidade, a flexibilidade e resiliência de um sistema hídrico. De modo geral, a metodologia envolverá a determinação do consumo de energia elétrica em cada Sistema Aquífero brasileiro a partir dos dados de poços cadastrados e confrontamento dos dados da literatura disponível. Os dados de exploração de águas subterrâneas são escassos e, por vezes, conflitante.

A Crise Hídrica de 2014 acarretou uma mudança de paradigma, uma vez que, até então, os registros indicavam que o ano de 1953 havia sido o mais crítico da história, quando se registrou uma vazão média de 24,6 m³/s, mais que o dobro do observado em 2014. (22). Devido a todo o contexto da crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo, a mesma foi escolhida para um estudo de caso mais aprofundado.

Para a obtenção do consumo de energia anual referente ao bombeamento de águas subterrâneas, algumas hipóteses foram adotadas. Primeiro se estudou os Sistemas Aquíferos e suas respectivas vazões de retirada¹. Destas vazões definiu-se que 60% da retirada seria de águas subterrâneas. Juntou-se os dados das vazões médias e suas profundidades médias de cada sistema aquífero. Com base nestes dados, projetou-se qual potência ideal do grupo motorbomba seria mais adequada para as características de cada sistema e quantos destes grupos seriam necessários para atender à vazão de retirada de água subterrânea. Considerou-se 50% de acréscimo na potência ideal, visto as perdas com incrustações em poços antigos e materiais não-eficientes.

2.0 - RESULTADOS

O crescente aumento demográfico da população mundial, o desenvolvimento econômico e social, a evolução tecnológica, as conseqüentes pressões advindas da necessidade por maior volume de alimentos, o atendimento aos atuais paradigmas de consumo e os modelos de uso e ocupação da superfície terrestre tem sido os responsáveis pelo aumento do estresse hídrico, provocado por excessivas taxas de exploração e/ou por contaminações das águas (19).

Do montante de precipitações pluviométricas, um quinto renova os corpos hídricos subterrâneos, e as reservas explotáveis perfazem 20% das reservas renováveis. Portanto, em um cenário de crise hídrica superficial, as águas subterrâneas são tardiamente, porém duramente afetadas, visto que somente 4% do volume de precipitação efetivamente compõe as reservas explotáveis.

2.1 Consumo de energia elétrica

Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil são consumidos para bombeamento de água subterrânea, o que é equivalente a 12 bilhões de kWh/ano, isto é 12007 Gwh/ano, conforme pode observar-se na Tabela 1. Esta Tabela considerou um cenário normal, com as demandas hídricas disponíveis em (15), quando não havia crise hídrica.

¹ Consumo total de água dos municípios situados sobre a área de recarga do sistema aquífero.

TABELA 1 – Consumo de energia por ano para bombeamento de água subterrânea

Sistema Aquífero	Consumo de energia por ano para bombeamento água subterrânea (GWh/ano)
Solimões	22
Alter do chão	221
Boa Vista	11
Parecis	153
Jandaíra	133
Açu	126
Itapecuru	204
Corda	87
Motuca	38
Poti-Piauí	208
Cabeças	76
Serra Grande	156
Barreiras	1.218
Beberibe	13
Marizal	97
São Sebastião	25
Inajá	10
Tacaratu	59
Exu	10
Missão Velha	5
Urucuia-Areado	338
Bambuí	860
Bauru-Caiuá	1.874
Serra Geral	4.322
Guarani	1.155
Ponta Grossa	369
Furnas	219
Total	12.007

Num cenário de crise hídrica superficial, no que tange à escassez de precipitações pluviométricas ou retiradas maiores do que a capacidade de suporte da região, ou obras que alteram as hidrodinâmicas locais, as águas subterrâneas são atingidas com um retardo que depende das características hidrogeológicas de cada sistema aquífero. Ações para a retirar água de profundidades maiores, ou de zonas insaturadas, acrescidas ainda de uma maior exploração do sistema aquífero, justamente pela escassez do recurso superficial, somente faz aumentar estes valores de consumo de energia para bombeamento de águas subterrâneas. Muitos cenários são possíveis de se prever, considerando a integralidade da vazão de retirada atual sendo suprida por água subterrânea, haveria um acréscimo de 59% no consumo energético, por exemplo.

No longo prazo, o Brasil terá o desafio de incluir novos 30 milhões de habitantes e 39 milhões de novos domicílios. Além da expansão quantitativa, o cenário do PNE 2050 estima que o crescimento da renda per capita da população brasileira a colocará em nível situado entre os patamares atuais da Espanha e França. (25) e analisando separadamente o aumento populacional de 14%, representaria o mesmo aumento da demanda hídrica para o ano de 2050, e com isso, teríamos um aumento do 22% do consumo energético para o bombeamento.

3.0 - CONCLUSÃO

Através do progresso induzido pode-se sugerir medidas que visem salvaguardar energia, tais como programas de eficiência energética setorial, troca para equipamentos mais eficientes e outras tecnologias tais como bombeamento alternativos e sustentáveis e de fontes renováveis, que não utilizem energia elétrica da rede elétrica. Estas medidas iriam não somente aliviar o sistema elétrico, como também deixar o sistema de bombeamento de águas subterrâneas mais resiliente, desacoplado e independente de qualquer evento que faça interrupção de fornecimento de energia elétrica, conferindo segurança hídrica à população.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1)RODRIGUEZ, Diego J.; DELGADO, Anna; DELAQUIL, Pat; SOHNS, Antonia. Thirsty Energy. Washington, DC: World Bank, 2014. (Water Papers). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10986/16536>>.

(2)PULIDO, Manuel; MARQUES, Guilherme F.; JENKINS, Marion W.; LUND, Jay R. Conjunctive Use of ground and surface waters:: Concepts, management and examples, 2003. Acesso em: 27 out. 2015.

- (3) PULIDO-VELÁZQUEZ, Manuel; ANDREU, Joaquín; SAHUQUILLO, Andrés. Economic Optimization of Conjunctive Use of Surface Water and Groundwater at the Basin Scale. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 132, n. 6, p. 454–467, 2006. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:6(454).
- (4) HIRATA, Ricardo; ZOBY, José Luiz Gomes; OLIVEIRA, Fernando Roberto. *Água subterrânea: Reserva Estratégica ou Emergencial*, p. 149–161, 2011. Acesso em: 4 nov. 2015.
- (5) JANNUZZI, Gilberto De Martino; SWISHER, Joel. *Planejamento Integrado de Recursos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis*. Campinas: Autores Associados, 1997.
- (6) HIPEL, Keith W.; FANG, Liping; CULLMANN, Johannes; BRISTOW, Michele (Ed.). *Conflict Resolution in Water Resources and Environmental Management*. Cham, s.l.: Springer International Publishing, 2015. 27 p. ISBN 9783319142142. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-14215-9>>.
- (7) CENTRO DE CIÊNCIAS DO SISTEMA TERRESTRE. *Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos*. Cachoeira Paulista, 2009. 5 p. Acesso em: 3 abr. 2017.
- (8) JØNCH-CLAUSEN, Torkil. Application of Integrated Approaches in Water Resources Management Beyond the Conceptual Phase. In: World Bank Group (Org.). *A review of selected hydrology topic to support bank operations: HEF Technical Report 1*, New York, 2010. 128 p. Acesso em: 27 out. 2015, p. 17–38.
- (9) PRATES, Marcelo Marconato; LOURENCETTI, Josiane; OLIVEIRA, Jefferson Nascimento de (Ed.). *Uso da água no abastecimento da população rural dos municípios da bacia do Rio São José dos Dourados*. São Paulo: ABAS, 2015. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/28335/18439>>.
- (10) AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas Brasil:: Abastecimento Urbano de água*, v. 1, 2010. Acesso em: 4 nov. 2015.
- (11) BOLDRIN, MIRTES T. N., CUTRIM, ALETERÊDO O. Aspectos da gestão de águas subterrâneas urbanas, 2011. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/4f2b4534ab3e2128dff8e0f4b78b856_fddb6dbc4131bfe0063957e56442af5b.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2015.
- (12) REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL – RECESA. *Gerenciamento de Perdas de Água e Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento: Guia do profissional em treinamento*. Salvador, 2008. 139 p. Acesso em: 3 abr. 2017.
- (13) EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Consumo de energia elétrica no país em 2016*, 30 jan. 2017. Disponível em: <www.epe.gov.br>.
- (14) MACINTYRE, A. J. *Bombas e instalações de bombeamento*. 2. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 1997. 782 p. ISBN 978-85-216-1086-1.
- (15) AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Cadernos de Recursos Hídricos: Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*, 2005. Acesso em: 14 dez. 2015.
- (16) DINIZ, João Alberto Oliveira; MONTEIRO, Adson Brito; SILVA, Robson de Carlo; PAULA, Thiago Luiz Feijó. *Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: Nota técnica*. Recife: CPRM - Serviço geológico do Brasil, 2014. Acesso em: 8 dez. 2016.
- (17) CLETO, ALBERTO CARLOS DA COSTA. *Motores elétricos de alto rendimento*. Lisboa, 2012. 93 p. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68328/1/000154264.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- (18) JANNUZZI, Gilberto De Martino. *A Conservação e uso eficiente de energia no Brasil*, 2015. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/Comciencia12-040.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2015.
- (19) SIMONATO, Mateus Delatim. *Custo de energia elétrica no bombeamento de poços em áreas de intensa exploração: estudo de caso em São José do Rio Preto - SP*, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-02012014-152520/publico/MateusSimonato.pdf>>.
- (20) BARBOSA JR., Antenor R. *ÁGUA SUBTERRÂNEA / HIDRÁULICA DE POÇOS*. Acesso em: 5 fev. 2017.
- (21) PIMIENTA, J. *La captación de aguas subterráneas*: Editores Técnicos Asociados, 1980. ISBN 9788471461865. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=OPj61eak4ycC>>.
- (22) ALOISIO HILDEBRAND DE ABREU. *Crise Hídrica: Estratégias e soluções da Sabesp*. Acesso em: 31 jan. 2017.
- (23) GRANT, David B. *Sustainable Logistics and Supply Chain Management (Revised Edition): Energy Generation and groundwater*. London: Kogan Page, 2015. 255 p. ISBN 9780749473860. Disponível em: <<http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1977654>>.
- (24) PERLMAN, Howard; USGS. *Groundwater depletion, USGS water science*. Disponível em: <<https://water.usgs.gov/edu/gwdepletion.html>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

(25) EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (ED.). Estudos da Demanda de Energia. Rio de Janeiro (RJ), 2014. 90 p.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Débora dos Santos Carvalho. Nascida em Porto Alegre-RS em 1981. Possui graduação em Tecnologia em Automação Industrial pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (2006) e em Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo São Paulo, 2015. Possui curso de curta duração com a Universidade de Harvard sobre cidades sustentáveis (2015). Contemplada com bolsa de graduação sanduíche por mérito acadêmico pelo Programa Ciências sem Fronteiras, onde obteve o título de Master of Science em Engenharia Geológica e Hidrogeologia pela Universidade Técnica Academia de Montanha de Freiberg na Alemanha, 2014. Tem

experiência na área de Recursos Hídricos e Saneamento, estagiou na Alemanha em uma empresa de Engenharia Ambiental e Geotecnia. Pretende desenvolver uma carreira internacional voltada à resolução de problemas hídricos, hidrogeológicos e energéticos brasileiros. Fala fluentemente alemão, francês e inglês.