

AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO RIO-AQUÍFERO EM SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO OESTE BAIANO PARA ATENDIMENTO DAS DEMANDAS CONSUNTIVAS

Polyana Alcântara Galvão dos Reis^{1}; Andrea Sousa Fontes²; Yvonilde Dantas Pinto Medeiros³*

Resumo – A bacia hidrográfica do rio Grande, afluente do rio São Francisco, é muito conhecida por seus projetos de irrigação de grande porte, necessitando de elevadas quantidades de água, seja ele superficial ou subterrânea. Os rios desta bacia são do tipo efluente sendo abastecido pelo aquífero Urucuia, porém o uso sem controle das águas subterrâneas pode levar a exaustão deste aquífero. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a alocação de água na sub-bacia hidrográfica do Alto Grande considerando a interação do rio com o aquífero. Para isso foram utilizados dados de vazão do rio Grande em seu trecho alto para o período de 2007 a 2016 e os cenários de demanda apresentados na atualização do Plano da Bacia do Rio São Francisco. O balanço hídrico foi realizado com auxílio do modelo de fluxo de rede AcquaNet para consideração das diferentes prioridades de atendimento às demandas. Ao analisar os resultados, verificou-se que para uma vazão remanescente de até 67 m³/s, não houve falhas de atendimento a demandas. Entretanto sinaliza a necessidade de verificação do impacto que esse valor pode trazer a vazão de base do rio São Francisco.

Palavras-Chave – Alocação de água; modelo AcquaNet; rio Grande.

RIVER-AQUIFER INTERACTION ASSESSMENT IN A WATER-BASED SUB-BAY WATER BASEMENT FOR CONSUMER DEMANDS

Abstract – The river basin of the Grande River, tributary of the São Francisco river, is known for its large irrigation projects, requiring high amounts of water, either superficial or underground. The rivers of this basin are of the effluent type being supplied by the Urucuia aquifer, but the uncontrolled use of the groundwater can lead to the exhaustion of this aquifer. In this context, the objective of the present work is to evaluate the water allocation in the sub-basin Alto Grande considering the interaction of the river with the aquifer. For that, flow data of the Grande river in its high stretch for the period from 2007 to 2016 and the demand scenarios presented in the update of the São Francisco river Basin Plan were used. The water balance was carried out with the help of the AcquaNet network flow model to take into account different priorities for meeting the demands. When analyzing the results, it was verified that for a remaining flow of up to 67 m³ / s, there were no failures to meet demands. However, it indicates the need to verify the impact that this value can bring to the base flow of the São Francisco river.

Keywords – Water allocation; AcquaNet model; Grande river.

¹GRH(Grupos de Recursos Hídricos) – Mestranda em Meio Ambiente Águas e Saneamento – UFBA

² Docente na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

³ Docente na Universidade Federal da Bahia

INTRODUÇÃO

A ocupação da região do oeste baiano se deu na década de 50 ligada diretamente com a agricultura, sendo até hoje a principal atividade financeira, caracterizada por culturas irrigadas e de sequeira (Gaspar, 2006). A irrigação de grandes culturas necessita de uma grande quantidade de água, seja ele superficial ou subterrânea necessitando de um conhecimento integrado desses dois mananciais.

Nessa região está localizada a bacia hidrográfica do rio Grande, importante aflente baiano na altura do Médio São Francisco, que conta com vários rios perenes cujas águas são utilizadas para irrigação. A perenidade desses rios é mantida devido à recarga do sistema poroso presente nesta área, o aquífero Urucuia. Essa relação é comprovada pelos estudos de Maia e Cruz (2013), onde eles afirmam que os rios perenes da bacia do rio São Francisco são considerados efluentes, ou seja, são alimentados pelo aquífero em exudação que gera um efeito de proteção com os movimentos ascendentes da água. O efeito de exudação gera a perenidade caudal dos rios principalmente em tempos secos.

Como supracitado, verifica-se a interação do aquífero com rio e a dependência desses corpos hídricos com a água subterrânea para manutenção de vazão superficial. Dessa forma, fortalece a ideia de que o uso exagerado das águas subterrâneas pode levar a exaustão dos aquíferos e mananciais superficiais. A perenidade dos rios da margem esquerda do rio São Francisco se deve basicamente a recarga do Sistema Aquífero Urucuia (SAU), por este fato, é de extrema importância o levantamento de informações deste aquífero com o objetivo de resguardá-lo e garantir a manutenção da vazão dos rios abastecidos por ele e a contribuição ao escoamento de base do rio São Francisco.

De acordo com Gonçalves, Engelbrecht e Chang (2016) a bacia hidrográfica do rio Grande é a segunda mais importante para a manutenção do rio São Francisco, justamente pela contribuição do aquífero Urucuia, principalmente nos tempos de escassez hídrica como vem ocorrendo desde 2012.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a interação rio-aquífero para atendimento das demandas de irrigação, animal, industrial, urbana e rural na sub-bacia do Alto-Grande, sinalizando influência nas reservas reguladoras do Urucuia em cenários de aumento de demandas.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Grande está posicionada na Região Oeste da Bahia e se divide em sub-bacia do Alto Grande e Médio/Baixo Grande. Pelo fato da sub-bacia do Alto Grande estar quase na sua totalidade, cerca de 94%, sobre o Grupo Urucuia, o estudo se restringiu a esta área (Figura 1).

Em relação à demanda, a bacia do Alto Grande se destaca apresentando uma demanda de retirada três vezes maior do que a do Médio/Baixo Grande (CBHSF, 2016).

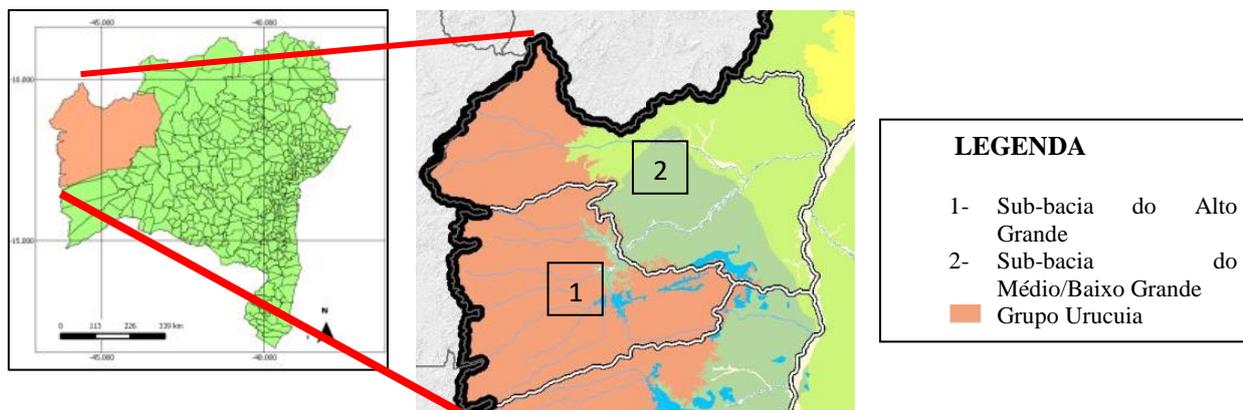


Figura 1: Afloramento do Grupo Urucua na bacia hidrográfica do rio Grande.
Fonte: Adaptado de CBHSF, 2016.

Segundo Gonçalves *et. al.* (2016), em seus estudos sobre a contribuição do aquífero Urucua para a bacia do rio Grande, este aquífero é o principal componente da vazão dos rios da bacia hidrográfica do rio Grande contribuindo com 81,75% a 93,06%, confirmando os dados disponibilizados por Pimentel (2011). De acordo com Gonçalves *et. al.* (2016) houve uma redução no fluxo de base dos afluentes do rio Grande durante o período de 1977 a 2013 de 0,75% a 3,04% ao ano, sendo mais acentuada que a queda pluviométrica que variou entre 0,07% a 0,88% ao ano, evidenciando a influencia de outros fatores, como a superexploração de aquífero.

Considerando que, segundo Chang (2014), o SAU contribui para o rio São Francisco com 735,80 m³/s englobando uma área de 109.143,0 km² e que 28,86% dessa área está sob a sub-bacia do Alto Grande, estima-se uma contribuição de vazão ao rio São Francisco nessa mesma proporção. Isso se confirma pela análise da série histórica de 2007 a 2015 a bacia do rio Grande contribuiu com a vazão naturalizada do rio São Francisco em média de 19%, variando entre 5% nos períodos mais úmidos a 71% no período mais seco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar a alocação de água na sub-bacia Alto Grande considerando a interação rio-aquífero, foi realizada a simulação do balanço entre disponibilidade e demanda utilizando o modelo de rede de fluxo AcquaNet desenvolvido pelo LabSid da Escola Politécnica da USP (Porto *et al.*, 1998), considerando duas situações: (i) a disponibilidade de água apenas proveniente da vazão do rio; e (ii) a disponibilidade de água proveniente da soma da vazão do rio com a parcela da reserva reguladora do aquífero permitida pela legislação para exploração.

Para os dados da série histórica de vazão foi selecionada a estação fluviométrica de TAGUÁ, código 46650000, pela disponibilidade de dados e localização, sendo o período de estudo da série fluviométrica entre os anos de 2007 a 2016 por ser um intervalo de tempo mais recente e caracterizado pela baixa disponibilidade hídrica para a bacia do rio São Francisco.

Os dados de demanda foram coletados no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (PRHSF) 2016-2025 conforme cenários de demandas apresentado no Quadro 1: Cenário A (cenário que representa um consumo de água mais moderado que poderia estar associado a uma trajetória de menor desenvolvimento econômico e social); Cenário B (cenário resultante das dinâmicas instaladas nas sub-bacias e setores usuários); Cenário C (cenário de maior desenvolvimento e de alta demanda em termos de consumo d'água).

O valor da demanda subterrânea se manteve constante para todos os cenários e anos, porque o PRHSF não cita porcentagem de aumento para os próximos anos ou os valores de vazão para os cenários apresentados. Os valores das prioridades de atendimento as demandas e das frações de retorno também foram as mesmas indicadas no PRHSF (Quadro 1).

Quadro 1: Resumo das vazões retiradas, suas respectivas prioridades e fração de retorno para atendimento das demandas na sub-bacia do Alto Grande para os diversos cenários.

Demandas	2013	2025			2030			Prioridade	Retorno
	-----	Cenário A	Cenário B	Cenário C	Cenário A	Cenário B	Cenário C		
Animal (Danimal)	0,202	0,28	0,36	0,42	0,29	0,37	0,49	2	20%
Irrigação (Dirri)	27,501	38,4	48,65	56,36	38,34	50,86	66,53	5	20%
Indústria (Dindus)	0,183	0,46	0,54	0,56	0,61	0,77	0,82	4	80%
Urbana (Durb)	0,599	0,74	0,84	0,94	0,8	0,93	1,06	1	80%
Rural (Drural)	0,078	0,1	0,11	0,12	0,1	0,12	0,14	1	50%
Subterrânea (Dsub)	2,43	---	---	---	---	---	---	1	---
Vazão remanescente (Qrema)	---	---	---	---	---	---	---	1	---

Fonte: CBHSF, 2016.

Para a parcela das reservas explotáveis subterrâneas do aquífero considerada tanto o valor de 52,72 m³/s que corresponde a 20% das reservas reguladoras de acordo com as definições da ANA (2005) e do CBHSF (2016); como o valor de 100 m³/s que corresponde ao definido pela Instrução Normativa n.º 15 de 18 de março de 2010 que institui que capacidade de exploração das águas subterrâneas no aquífero Urucuia de domínio do Estado da Bahia fica limitada a uma vazão máxima instantânea de 360.000 m³/h.

Entretanto diante da importância do rio Grande para a manutenção da vazão de base do rio São Francisco no período seco, foi adicionado duas alternativas de análise para a vazão remanescente do Alto Grande:

- Alternativa 1: considerou a vazão remanescente igual a 23,6 m³/s, seguindo a Instrução Normativa n.º 01, de 27 de fevereiro de 2007 do estado da Bahia (Bahia, 2007) e que corresponde a 20% da vazão com noventa por cento de permanência de acordo com a série histórica da estação fluviométrica em estudo para o período mais antigo disponível, minimizando os efeitos das retiradas de água existentes na região.
- Alternativa 2: considerou estimativas da vazão de contribuição ao rio São Francisco com base na área do aquífero Urucuia presente na região de estudo e valores apresentados por Chang (2014) para essa contribuição (735,80 m³/s x 28,86% = 212,4 m³/s), assim como a vazão mínima observada na estação fluviométrica de estudo para o período avaliado (89,4 m³/s). Para complementar essa avaliação estabeleceu-se (de acordo com o balanço hídrico) valores limite dessa vazão de contribuição para não haver falha de atendimento as demandas do Alto Grande.

A Figura 2 apresenta a tipologia do sistema simulado, onde foram utilizados dois nós de passagem representando as contribuições de água subterrânea (Qsub) e superficial (Qsup). Foram

inseridos dois reservatórios fictícios para representar a vazão de passagem da água subterrânea e superficial apenas por ser uma condição imposta pelo AcquaNet 2013, de ter um reservatório no layout, assim como o dreno fictício no final do trecho simulado.

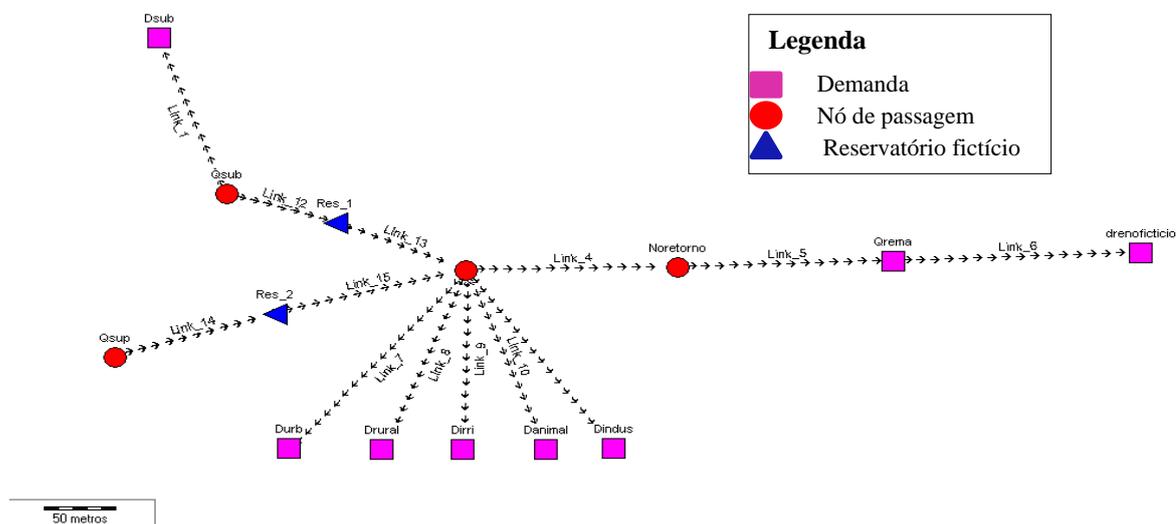


Figura 2: Esquema conceitual da sub-bacia do Alto Grande-BA
Fonte: Próprio autor, 2017

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os resultados para o atendimento dos diversos usos da água do rio Grande, verificou-se que para a alternativa 1, as duas situações analisadas (com e sem contribuição da reserva reguladora) e os cenários de demandas (maior e menor pressão hídrica) não apresentaram falhas de atendimento, sinalizando que para o atendimento local as demandas e suas projeções futuras se apresentam em situação confortável diante da manutenção do fluxo do rio pelo aquífero.

Entretanto para a alternativa 2 que considera a vazão de contribuição do rio Grande ao São Francisco, a balanço hídrico simulado apresentou diversas falhas.

Considerando o valor da vazão de contribuição ao rio São Francisco (vazão remanescente do trecho) com base na área do aquífero Urucuia presente na região de estudo e valores apresentados por Chang (2014) para essa contribuição, todos os cenários avaliados apresentaram falhas, sinalizando que a manutenção de uma contribuição média de acordo com esses valores médios não possibilitou o atendimento das demandas locais mesmo considerando a vazão explotável de 100 m³/s referido na Instrução Normativa nº. 15 de 18 de março de 2010 do Estado da Bahia. Para o cenário de menor demanda (2013) e com a maior reserva explotável considerada, as falhas de atendimento para irrigação, industrial e dessedentação animal alcançaram 50%, 22,5%, 22,5% do tempo respectivamente.

Já considerando a vazão mínima observada na estação fluviométrica de estudo para o período avaliado (89,4 m³/s), o balanço hidrico só apresentou deficit no atendimento quando não foi considerada a vazão explotável do aquífero para as demandas de 2013 e 2025. As falhas de atendimento às demandas de 2013 estão apresentadas na Tabela 1.

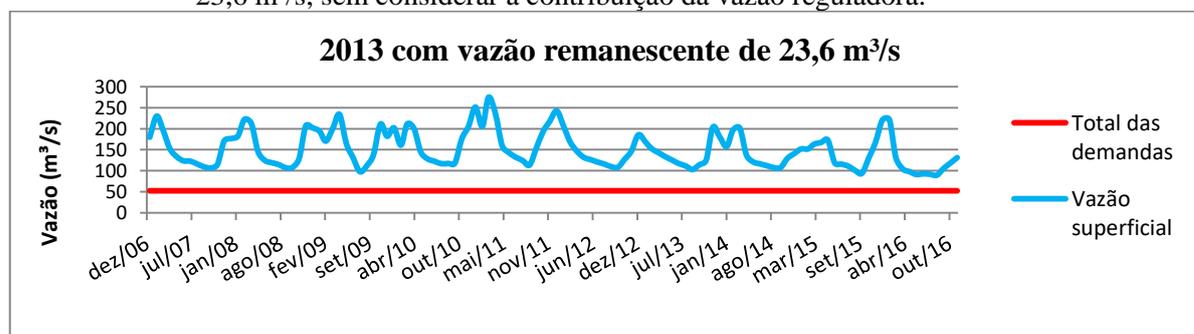
Tabela 1: Atendimento as demandas de 2013 considerando vazão de contribuição para o rio São Francisco de 89,4 m³/s sem considerar a vazão explótavel do aquífero

Demandas	Tempo máximo abaixo da demanda necessária (mês(es))	Frequência abaixo da demanda necessária (%)	Volume acumulado dos déficits (Mm ³)	Demand a média necessária (m ³ /s)	Vazão média fornecida (m ³ /s)	Vazão média fornecida (% da demanda média necessária)	Vazão média fornecida quando ocorrem falhas (m ³ /s)	Vazão mínima fornecida (m ³ /s)
Danimal	1	0,83	0,53	0,20	0,20	99,17	0,00	0,00
Dindus	1	0,83	0,48	0,18	0,18	99,17	0,00	0,00
Dirri	7	17,5	633,03	27,50	25,49	92,7	16,03	0,00
Drural	0	0	0,00	0,08	0,08	100	0,08	0,08
Durb	0	0	0,00	0,60	0,60	100	0,60	0,60
Qrema	1	0,83	0,42	89,4	89,4	100	89,21	89,21

Fonte: Próprio autor, 2017.

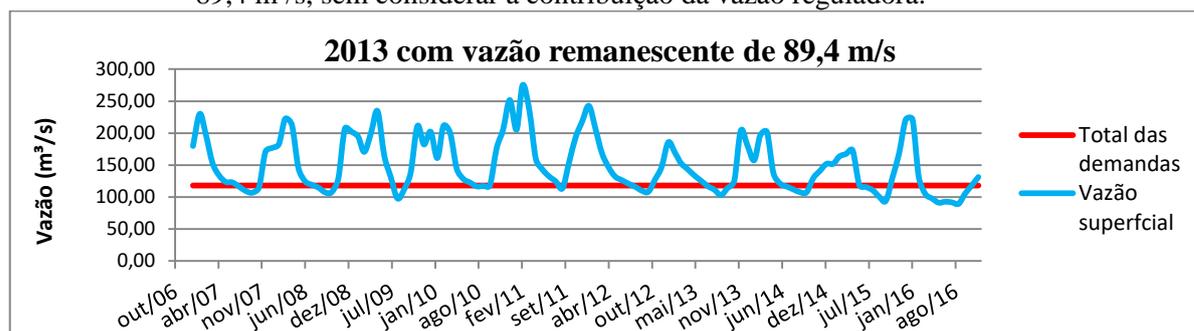
Com os Gráfico 1 e Gráfico 2 é possível comparar o atendimento da soma das demandas consuntivas para as diferentes alternativas de vazão remanescente. Verificou-se o atendimento geral das demandas para a Alternativa 1 sem a ocorrência de falhas, representando uma situação hídrica confortável. O mesmo não acontece para o Gráfico 2 que representa a Alternativa 2, no qual constatou-se o não atendimento das demandas consuntivas em alguns períodos representadas pelas falhas para o ano de 2013, mostrando uma situação de estresse hídrico.

Gráfico 1: Balanço hídrico da sub-bacia do Alto Grande para o ano de 2013, com a vazão remanescente de 23,6 m³/s, sem considerar a contribuição da vazão reguladora.



Fonte: Próprio autor, 2017

Gráfico 2: Balanço hídrico da sub-bacia do Alto Grande para o ano de 2013, com a vazão remanescente de 89,4 m³/s, sem considerar a contribuição da vazão reguladora.



Fonte: Próprio autor, 2017

Para o cenário C, de 2030, as falhas de atendimento à demanda de irrigação acontecem em quatro meses do período avaliado mesmo considerando a vazão explorável de 52,72 m³/s.

Completando essa avaliação, a partir do balanço entre a disponibilidade hídrica do período e as demandas, foram estimados valores limites da vazão de contribuição ao rio São Francisco para não haver falha de atendimento às demandas do Alto Grande para cenário de 2013 e o mais crítico, 2030 C, sem considerar a vazão explorável do aquífero. Os valores encontrados foram de 67 m³/s considerando as demandas de 2013 e 35 m³/s para 2030 C.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho confirmam o aquífero Urucuia como um grande potencial hídrico que contribui para o atendimento das demandas na sub-bacia do Alto Grande.

Foram estabelecidos valores limites da vazão de contribuição do Alto Grande para o rio São Francisco sem interferir na reserva reguladora do aquífero que mantém a vazão do rio nesse trecho, mesmo com aumento de retiradas de água, atendendo as demandas locais projetadas. Entretanto cabe reforçar a importância desse manancial para o rio São Francisco e a necessidade de verificação do impacto que esses valores podem trazer a sua vazão de base.

Estes resultados permitem deduzir que com o passar dos anos, se a demanda de água continuar a crescer na sub-bacia do Alto Grande, poderá ocorrer nesta, conflitos pelo uso da água, a depender da vazão remanescente exigida para contribuir com o rio São Francisco. Além disso, fica evidente a necessidade de intervenção do órgão regulador para amenizar possíveis problemas que venham ocorrer na sub-bacia do Alto Grande como a utilização das reservas reguladoras dos aquíferos.

Como recomendação tem-se a necessidade que se considere na prática a interação rio-aquífero para alocar água, bem como, estudar mais profundamente os aquíferos, seu potencial e vulnerabilidade.

AGRADECIMENTO

Agradeço a FAPESB pelo apoio financeiro e institucional.

REFERÊNCIAS

a) Artigos publicados em revistas

CHANG, Hung Kiang. Interação Água Superficial e Subterrânea no Sistema Aquífero Urucuia. WORKSHOP - Gestão Integrada de Recursos hídricos Superficiais e Subterrâneos. Setembro, 2014. Disponível em:

<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/eventosprojetos/20140925_InteracaoAguaSuperficialESubterraneaNoSistemaAquiferoUrucuia-ChangHungKiang.pdf > Acesso em: 05 de jun. de 2017.

ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. Simulação numérica do fluxo de águas do Sistema Aquífero Urucuia na Bacia Hidrogeológica do rio Corrente (BA). **PhD Proposal**, v. 1, p. 244–256, 2015.

GONÇALVES, Roger Dias; ENGELBRECHT, Bruno Zanon; CHANG, Hung Kiang. Análise hidrológica de séries históricas da Bacia do Rio Grande (BA): contribuição do Sistema Aquífero Urucuia. **Águas Subterrâneas**, v. 30, n. 2, p. 190-208, 2016.

MAIA, P. H. P; CRUZ, M. J. M. Proposta de Modificações no Método Maia para avaliar a Vulnerabilidade do Aquífero Urucuia. Cadernos de Geociências, v. 10, n. 2, p. 150-157, nov. 2013

b) Artigo em anais de congresso ou simpósio

PIMENTEL, A.L.; Aquino R.F.; Silva R.C.A.; Vieira C.M.B. Estimativa da recarga do aquífero Urucuia da sub-bacia do rio das Fêmeas – Oeste da Bahia, utilizando separação de hidrogramas. In: 1º Congresso sobre aproveitamento e gestão de recursos hídricos em países de idioma português, 2000, Rio de Janeiro - RJ, 11p.

c) Tese de Doutorado

GASPAR, M. T. P. Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Proposta de Gestão. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Brasília, 2006.

d) Livro

MOREIRA, M. C. Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande Barreiras, BA: Editora Gazeta Santa Cruz, 2010.80 p. il.

PORTO, R. L. *et al.* Cap. 2 – Sistema de suporte a decisão para análise de sistemas de recursos hídricos. *Sistema de suporte a decisão para análise de sistemas de recursos hídricos*. ABRH.163p, 1998.

e) Legislação

ANA. Agência Nacional de Águas. Caderno de recursos hídricos: Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília-DF, 2005.

BAHIA. Instrução Normativa nº 01, de 27 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, assim como a sua renovação, ampliação, alteração, transferência, revisão, suspensão e extinção, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/legislacao-ambiental/instrucoes-normativas/instru-o-normativa-ing-n-01>. Acesso em: 25 de abr. 2017.

_____. Instrução Normativa nº. 15 de 18 de março de 2010. Dispõe sobre procedimentos administrativos e critérios técnicos para perfuração de poços tubulares para fins de exploração de água subterrânea no aquífero Urucuia de domínio do Estado da Bahia. Disponível em: http://www2.sema.ba.gov.br/gestor/ArquivosSistemas/SistemaPublicacao/Arquivos/3119/ANEXO_141823697754889431dc4f1.pdf. Acesso em: 25 de abr. 2017.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco 2016-2025. Maceió - AL, v. 7, 2016.