



I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres:
“Gestão Integrada em RRD no Brasil e o Marco de SENDAI”
Curitiba, Paraná, Brasil – 12 a 15 de Outubro de 2016

**CRISE E ESCASSEZ DA ÁGUA: A QUESTÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA E A ALTERNATIVA PELA
CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS**

Mônica de Aquino Galeano da Hora Rocha¹ e Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora²

1 Universidade Federal Fluminense, Mestranda da Pós-Graduação em Defesa e Segurança Civil,
monicadahora@outlook.com

2 Universidade Federal Fluminense, Coordenadora do Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil,
dahora@vm.uff.br

RESUMO

A discussão sobre a temática segurança hídrica é importante para a sobrevivência da humanidade. No Brasil, em 2013, foi publicado o Plano Nacional de Segurança Hídrica, que trata sobre alternativas que envolvam soluções, tanto para o controle de eventos críticos relativos aos recursos hídricos quanto para reservar água para garantir o contínuo abastecimento populacional. Neste contexto, a construção de barragens pode ser uma opção estratégica. Visando ao atendimento da demanda por água da população dos municípios de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí, localizados no Estado Rio de Janeiro, este trabalho buscou propor novas dimensões para as estruturas hidráulicas da barragem Eixo Guapi-Açu Jusante, sugerida pelo Projeto Macacu, em 2010. Conclui-se que, além do aumento da disponibilidade hídrica para esses municípios, o controle das vazões defluentes, através de barramento com reservatório de regularização, pode ser caracterizado como um benefício adicional para uma população que já sofre com inundações e cheias frequentes.

Palavras Chave: seca, uso múltiplo da água, conflito, Rio de Janeiro.

**CRISIS AND WATER SHORTAGE: THE WATER SAFETY ISSUE AND THE DAMS CONSTRUCTION
ALTERNATIVE**

ABSTRACT

The discussion about the theme water security becomes vital for the human survival. In Brazil, in 2013, the publication of the National Plan for Water Security, which deals with alternative solutions involving both to control critical events related to water resources and to store water to ensure continuous supply population. In this context, the construction of dams may be an option. Aiming to meet the water demand of the population in the cities of Niterói, São Gonçalo and Itaboraí and, located in Rio de Janeiro State, this research proposes a new hydraulic resizing of the dam Guapi Açu Axis Downstream, suggested by Macacu Project in 2010. It was possible to infer that besides the increase in water availability for these municipalities, the control of outflows through the regulating reservoir can be characterized as an additional benefit to a population which already suffers with floods and flash floods.

Keywords: drought, multiple use of water, conflict, Rio de Janeiro.



I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres: “Gestão Integrada em RRD no Brasil e o Marco de SENDAI” Curitiba, Paraná, Brasil – 12 a 15 de Outubro de 2016

1 INTRODUÇÃO

A água é a conexão fundamental que relaciona todos os aspectos de sobrevivência do ser humano, desde a necessidade de mitigar a sede até as questões que envolvem o saneamento básico e a saúde. É a base indispensável para a manutenção do homem e do ambiente que o cerca.

Conforme a Declaração Ministerial publicada no II Fórum Mundial da Água, ocorrido em Haia em 2000, há um consenso no mundo em torno da necessidade da garantia da segurança da água no século XXI. Para alcançar a segurança hídrica, foram elencados os seguintes desafios: atender necessidades básicas; assegurar o suprimento alimentar; proteger os ecossistemas; partilhar os recursos hídricos; enfrentar responsabilidades; valorizar a água e administrar a água com sabedoria. O enfrentamento das responsabilidades objetiva a prevenção de inundações, estiagens, poluição e outras ameaças potenciais à água. Portanto, pode-se inferir que o conceito de segurança hídrica abrange o conhecimento sobre os riscos hídricos (ÁGUA ONLINE, 2016).

Para Veyret (2007), o risco é a percepção do perigo ou da catástrofe possível e, portanto, para a autora, não pode existir risco sem que ele seja percebido e tenha seus efeitos sentidos por uma população ou por um indivíduo. No contexto da crise hídrica, entende-se que o risco hídrico pode ser a percepção de uma possível catástrofe que pode ocorrer em uma sociedade, relacionada à água. A catástrofe hídrica, mais facilmente exemplificada nos eventos de inundações e enchentes, também pode ser entendida através do não atendimento à demanda de água para o abastecimento humano.

De acordo com ANA (2013), a questão da segurança hídrica está associada ao enfrentamento das secas e estiagens ou qualquer desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água que signifique restrição ao consumo e, conseqüentemente, ao desenvolvimento econômico e regional. Por outro lado, também devem ser enquadradas, no âmbito da segurança hídrica, as medidas relacionadas ao enfrentamento de eventos críticos de cheias e ao seu controle. Em alguns casos, as barragens são a melhor alternativa técnica, ambiental e social, pois em muitas situações, elas fornecem alternativas para as soluções de ambos os problemas.

Reservar água de forma a garantir o contínuo abastecimento humano, inclusive em épocas de estresse hídrico, de tal maneira que os impactos econômicos, sociais e ambientais sejam mitigados adequadamente, é um desafio. De acordo com Hora e Legey (2015), os aproveitamentos hidrelétricos com reservatórios de regularização, que possuem notável participação na matriz energética brasileira, bem como na oferta de água para os usos múltiplos, devem ser planejados, construídos e operados de forma adequada para evitar a escassez hídrica, sem a redução da produção de energia elétrica.

Neste panorama, o governo brasileiro negociou um empréstimo com o Banco Mundial (BIRD) para execução do Programa de Desenvolvimento do Setor Água (INTERÁGUAS), e pretende aplicar parte do montante dos fundos na elaboração do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH). O PNSH tem por objetivo a definição das principais intervenções estruturantes no país (barragens, sistemas adutores, canais e eixos de integração), de natureza estratégica e relevância regional, necessárias para garantir a oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas e reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e cheias) (DOU, 2013).

De acordo com ANA (2013), caso nada seja feito, o cenário futuro brasileiro é de aumento da desproporção entre a demanda e a oferta de água, gerado pelas crescentes taxas de crescimento econômico e populacional. Assim, o INTERÁGUAS busca uma melhor articulação e coordenação de ações, criando um ambiente onde os setores envolvidos com a utilização da água possam se articular e planejar suas ações de

maneira racional e integrada, de modo a contribuir para o fortalecimento da capacidade de planejamento e gestão do setor água, especialmente nas regiões menos desenvolvidas do país.

De acordo com CENAD (2014), a parte mais ao sul da região Sudeste, em virtude do fato de ser a de maior desenvolvimento econômico e maior contingente populacional do país, apresenta grande vulnerabilidade a desastres, tais como inundações, alagamentos e enxurradas, com grande risco de ocorrência de danos econômicos e sociais. Entretanto, desde 2012, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro vêm se confrontando com uma situação de escassez/crise hídrica, onde as pressões de demanda pelo uso da água para objetivos e usuários distintos cresceram muito e as dificuldades inerentes à resolução desses conflitos exigem soluções institucionais urgentes (FERREIRA, 2015).

Segundo Barbosa (2011), existe um problema grave de falta de água no manancial que abastece o município de Niterói, que de acordo com PNUD (2013) possui o maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do Estado do Rio de Janeiro. Esta afirmação é corroborada em ANA (2016), que aponta a necessidade de ampliação do sistema de abastecimento de água dos municípios de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí.

Com base no exposto, o Estado do Rio de Janeiro já apresenta, em algumas regiões, escassez quanto ao abastecimento de água da população, como por exemplo, nos Municípios de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí, localizados na porção leste da Baía de Guanabara. Segundo UFF/FEC (2010), o rio Macacu é a principal fonte de abastecimento de água desta porção da bacia hidrográfica. O sistema atual conta com uma barragem submersa denominada Imunana, localizada a jusante da confluência do rio Macacu com o rio Guapi-Açu, que tem por finalidade elevar as águas e desviá-las para o canal de adução da estação elevatória, que por sua vez as distribui entre as estações de tratamento de água atendendo a uma população de cerca de 2,5 milhões de pessoas. O sistema de abastecimento de Imunana já apresenta problemas com relação ao atendimento da demanda para o abastecimento humano e demais usuários. Se ainda for considerada a implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), complexo industrial da Petrobras, forte indutor de crescimento regional, serão necessárias alternativas que viabilizem o aumento da disponibilidade hídrica nesta região.

Com foco na questão da sustentabilidade deste recurso natural, a Universidade Federal Fluminense (UFF), com o apoio da Fundação Euclides da Cunha (FEC), participou e foi vencedora da segunda edição da seleção pública do Programa Petrobras Ambiental, em 2006, para a área temática “Água: Corpos d’Água Doce e Mar”. O projeto vencedor pela UFF, intitulado “Planejamento Estratégico da Região Hidrográfica dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu”, ou ainda “Projeto Macacu”, teve por objetivo principal propor o aumento da disponibilidade hídrica na região através do estudo de eixos alternativos para projetos de barramentos. Em 2012, em virtude de um convênio firmado entre a Petrobras e a Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (SEA), foram contratados serviços de levantamento topográfico para a região estudada pelo Projeto Macacu. O convênio foi firmado em atendimento ao condicionante do licenciamento ambiental que visava aumentar a disponibilidade hídrica em $5,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nas regiões de impacto direto e indireto do COMPERJ.

O presente trabalho buscou, em função dos condicionantes ambientais estabelecidos pela SEA, sugerir novas dimensões hidráulicas para o eixo definido no âmbito do Projeto Macacu, denominado Eixo Guapi-Açu Jusante. Esta pesquisa foi elaborada tendo em vista as perspectivas de desenvolvimento das barragens como solução para garantir a oferta de água para o abastecimento humano, tal como preconizado no PNSH.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo sugerir novas dimensões para as estruturas hidráulicas da barragem Eixo Guapi-Açu Jusante, para o abastecimento de água dos municípios de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí, localizados no Estado do Rio de Janeiro, em função dos condicionantes ambientais estabelecidos pela SEA e dos dados topográficos levantados através do convênio entre a Petrobras e a SEA.

3 METODOLOGIA

Dentre os eixos de barramentos estudados por UFF/FEC (2010), aquele apontado como solução para o déficit hídrico dos municípios de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí, foi o Eixo Guapi-Açu Jusante, cujo reservatório se situaria no nível d'água máximo normal igual a 23,75 m. A localização do eixo estudado com delimitação das áreas a serem inundadas, bem como as construções passíveis de serem atingidas pelo enchimento do reservatório estão relacionadas na Figura 1 e na Tabela 1, respectivamente.

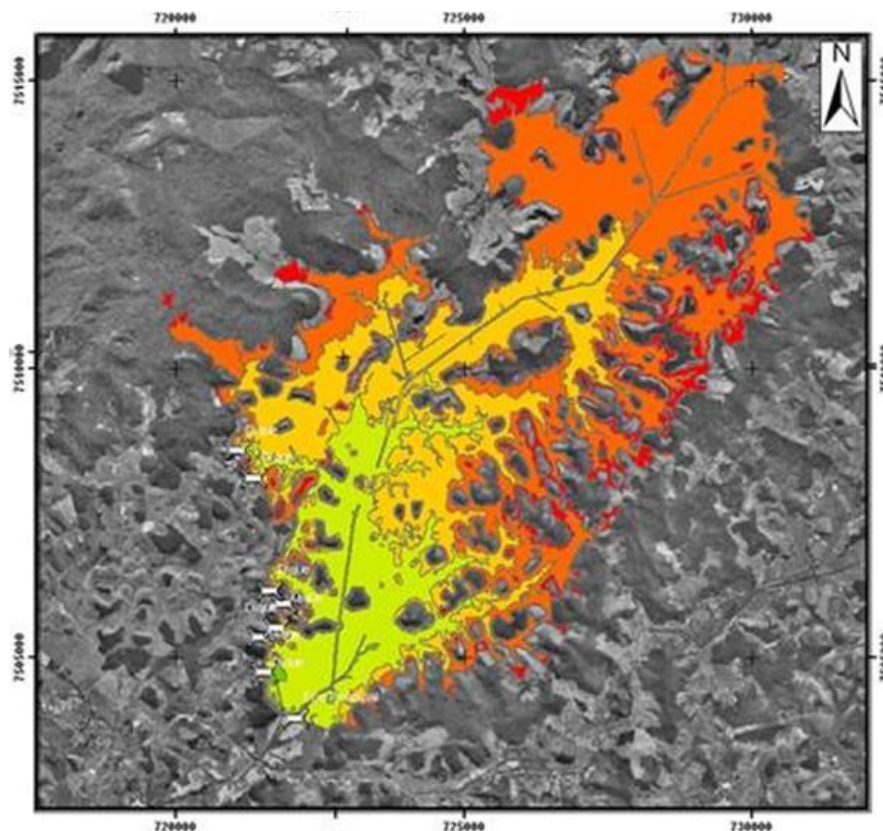


Figura 1 – Mapa de áreas inundadas pelo barramento no Eixo Guapi-Açu Jusante (Fonte: UFF/FEC, 2010)

Tabela 1 - Construções atingidas diretamente pelo Eixo Guapi-Açu Jusante (Fonte: UFF/FEC, 2010).

Cotas de Inundação (m)	Nº de Construções Afetadas	Nº de Construções Afetadas Acumulado
até 5	0	0
De 5 até 10	0	0
De 10 até 15	119	119
De 15 até 20	258	377
De 20 até 30	494	871
De 30 até 40	132	1003

Em 2012, em virtude de um convênio firmado entre a Petrobras e a SEA, foram contratados serviços de levantamento topográfico para a região estudada pelo Projeto Macacu. O convênio foi firmado em atendimento a um condicionante do licenciamento ambiental que visava aumentar a disponibilidade hídrica

em $5,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nas regiões de impacto direto e indireto do empreendimento COMPERJ. A SEA também estabeleceu um limite para a cota de elevação do nível máximo da água no reservatório como sendo igual a 19,00 m, pois dessa forma atingiria um número menor de construções.

No âmbito dos estudos de UFF/FEC (2010), a vazão $Q_{7,10}$, mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência, foi definida como sendo igual a $3,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tendo em vista que a vazão máxima outorgável disponível para uso da água (VMO), segundo os critérios do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), órgão gestor dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro e subordinado à SEA, é representada pela metade da vazão $Q_{7,10}$, a VMO no local do barramento foi definida como sendo igual a $1,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Logo, o reservatório a ser formado deve possibilitar uma regularização de vazão igual a $6,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($1,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} + 5,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) para o aumento da demanda hídrica pretendida pela SEA.

Com base na vazão de atendimento e na restrição da cota de inundação na elevação 19,00 m, o volume útil do reservatório foi estimado a partir da formulação do método da simulação proposto por McMahon & Mein (1978), partindo da condição inicial de reservatório cheio e com base na série histórica de vazões médias mensais, extraída de UFF/FEC (2010), e referente ao período de janeiro de 1932 a dezembro de 2007. Foram realizadas várias simulações buscando variar a capacidade de armazenamento do reservatório para atender a uma confiabilidade de até 95% no tempo, ou seja, com até 5% de falha no atendimento à demanda de água, como preconizado por McMahon *et al* (2007). Para o cálculo do volume útil e das vazões regularizadas, foi utilizada a planilha eletrônica desenvolvida por Hora *et al* (2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos cálculos para estimativa do volume útil encontram-se consolidados na Tabela 2.

Tabela 2 – Variação do volume útil em função da falha no atendimento à demanda de água (Fonte: Hora e Neto, 2013)

Falha no Atendimento à Demanda de Água	Sem falha	1,0%	2,0%	3,0%	3,5%
Volume Útil (10^6 m^3)	262,0	203,0	110,0	55,60	44,20
Cota do Nível d'Água para o Volume Total (m)	25,37	24,97	23,16	19,92	19,00

Tendo em vista a restrição de inundação na cota 19,00 m, em função dos aspectos sociais e ambientais de uso e ocupação do solo e custo social de relocação de população residente a ser atingida pelo futuro reservatório, admitiu-se que a cota do nível d'água máximo normal do reservatório corresponde a esta elevação. Assim, a partir do valor do volume útil calculado, foram simuladas falhas no atendimento à demanda de água para o abastecimento humano, variando entre 1,0% a 3,5%, com a finalidade de reduzir o volume e, conseqüentemente, o nível d'água máximo normal. Foi selecionada a falha de 3,5%, que representa a menor no tempo no qual o espelho d'água não atinge a cota de restrição, ou seja, a vazão regularizada que atenderia a demanda do abastecimento humano em 96,5 % do tempo, superior ao recomendado por McMahon *et al* (2007). O volume útil para esta condição resultou em $44,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Já no Projeto Macacu, o atendimento à demanda por água foi estimado em $4,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, sendo que não foi computado o abastecimento do COMPERJ, mas foi incluído o aumento da demanda pelos outros setores (abastecimento humano, agropecuário e industrial). O reservatório deveria possibilitar uma regularização igual a $7,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($4,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} + 3,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), considerando a totalidade da vazão $Q_{7,10}$. Para tanto, foi considerado que o reservatório deveria ter uma cota de restrição na elevação 25,00 m, em função da quantidade de construções diretamente atingidas. Das simulações realizadas, resumidas na Tabela 3, foi possível definir o nível d'água máximo normal do reservatório na cota 23,75m, com volume útil de $233,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ e falha de 2,0%.

Tabela 3 – Projeto Macacu: variação do volume útil em função da falha no atendimento à demanda de água
(Fonte: UFF/FEC, 2010)

Falha no Atendimento à Demanda de Água	Sem falha	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%
Volume Útil (10^6 m^3)	448,0	354,0	233,5	151,0	80,00
Cota do Nível d'Água para o Volume Total (m)	31,39	28,34	23,75	20,18	16,82

Dos resultados apresentados, observa-se que a diferença mais significativa entre ambos os projetos hidráulicos reside no critério de definição das vazões regularizadas. Apesar da vazão de atendimento à demanda considerada neste estudo de $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ser maior do que a do Projeto Macacu ($4,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), a aplicação do conceito de VMO do INEA possibilitou a regularização de uma vazão menor ($6,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), com falha de 3,5%. Já nos estudos desenvolvidos por UFF/FEC (2010), a adoção do valor integral da vazão $Q_{7,10}$ ($3,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), resultou em uma vazão regularizada maior ($7,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), com falha de 2,0%. A distinção de critérios justifica os resultados diferentes entre os valores de volume útil.

Porém, este estudo possibilitou o aumento da disponibilidade hídrica para jusante da barragem a partir dos condicionantes da SEA (cota de inundação 19,00 m e demanda de $5,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), sem prejudicar o conceito da VMO para o Estado do Rio de Janeiro.

5 CONCLUSÃO

O conceito de segurança hídrica envolve, entre outros fatores, a questão do fornecimento de água em quantidade e qualidade suficientes para a população, além do controle de cheias. Em um panorama de escassez hídrica, a prioridade é o abastecimento humano. Neste contexto, alternativas que possibilitem a ampliação do sistema de abastecimento de água devem ser analisadas.

A crise hídrica no Brasil está se agravando notavelmente nos últimos anos. Exemplo disso são os municípios do Estado do Rio de Janeiro, com destaque para Niterói, São Gonçalo e Itaboraí. Neste cenário, a barragem do Eixo Guapi-Açu Jusante é uma alternativa para aumentar a disponibilidade de água nestes municípios, minimizando os efeitos da falta de água já observados.

Além disso, a questão do controle de cheias é importante, principalmente no caso do Estado do Rio de Janeiro, pois o controle das vazões defluentes, através de barramentos com reservatórios de regularização, pode ser caracterizado como um benefício adicional para uma população que já sofre com inundações e cheias frequentes. Por outro lado, as atividades de operação e manutenção das estruturas hidráulicas de uma barragem devem ser rigorosamente monitoradas e vistoriadas.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Termo de Referência do Plano Nacional de Segurança Hídrica – Critérios, Seleção e Detalhamento de Intervenções Estratégicas*. Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília, DF, 2013, 47p. Disponível em: http://interaguas.ana.gov.br/Lists/Licitacoes_Docs/Attachments/32/TDR_PNSH_Preliminar.pdf. Acesso em: 13 fev. 2016.

_____. *Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água. Avaliação Oferta/Demanda para o Município de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí*. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=7&mapa=diag>. Acesso em: 13 fev. 2016.

ÁGUA ONLINE. *Declaração de Haia – Água Online*. Disponível em: www.aguaonline.com.br/edicoes_antigas/1-edicao/declaracao.doc. Acesso em: 13 fev. 2016.

BARBOSA, André Tavares da Silva. *Avaliação da Sustentabilidade da Participação da Iniciativa Privada nos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário Aplicada ao Município de Niterói – RJ*. 2011. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2011.

CENAD. *Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013*. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD). Brasília, DF. 106p, 2014.

DOU. *Aviso de Manifestação de Interesse. Serviços de Consultoria para elaboração do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)*. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR - Banco Mundial. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 nov. 2013. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 13 fev. 2016.

FERREIRA, Marcelo dos Santos. A terceira “transposição” de águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul: um conflito federativo em meio à escassez hídrica. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, Campos dos Goytacazes/RJ, v.9 n.1, p. 7-34, jan./jun. 2015.

HORA, A.F.; HORA, M.A.G.M.; NORONHA, G.C.; MARQUES, E. Operação de Reservatórios com a Consideração de Falhas no Atendimento da Vazão de Demanda. In: *XXIV Congresso Latino-Americano de Hidráulica*, 2010, Punta del Este, Uruguay.

HORA, Mônica de Aquino Galeano Massera da; LEGEY, Luiz Fernando Loureiro. Water resource conflict in the Amazon region: Hydropower generation and multiple-use water systems in the Tocantins and Araguaia river basins. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, v. 4, p. 229-235, 2015.

HORA, Mônica de Aquino Galeano da; NETO, Manoel Isidro de Miranda. Dimensionamento das Estruturas Hidráulicas da Barragem do Eixo Guapi-Açu Jusante, Localizada no Rio Guapi-Açu, Estado do Rio de Janeiro. In: *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves, RS, 2013.

MacMAHON, T.A.; MEIN, R.G. *Reservoir Capacity and Yield*. Elsevier Scientific Publishing Company, 1978. 213p.

MacMAHON, T.A.; VOGELB, R.M.; PEGRAMC, G.G.S.; PEELA, M.C.; ETKINB, D. Global streamflows – Part 2: Reservoir storage–yield performance. *Journal of Hydrology*, v. 347, p. 260-271, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.021>.

PNUD. *O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro*. Série do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Brasília, DF. 96p. 2013.

UFF/FEC. *Planejamento Estratégico da Região Hidrográfica dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu*. Relatório. Niterói, RJ, 2010. 544p. Disponível em: <http://www.uff.br/projetomacacu/>. Acesso em: 13 fev. 2016.

VEYRET, Yvette. *Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23- 25.