



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

# Considerações acerca da geração hidroelétrica Fluminense a partir da crise hídrica do estado de São Paulo

Luiz Fernando Rosa Mendes<sup>1</sup>

## Resumo

Este texto faz algumas considerações sobre a situação da geração hidroelétrica do estado do Rio de Janeiro a partir da crise hídrica do estado de São Paulo. A metodologia proposta consiste em uma pesquisa exploratória dos dados referentes a matriz energética Fluminense para verificação de sua característica. Demonstra também uma análise do boletim de monitoramento dos reservatórios do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul e do acompanhamento diário da operação hidroenergética do sistema interligado nacional (SIN). O trabalho mostrou que há uma dependência direta do volume de água armazenada nas três maiores usinas hidroelétricas do estado do Rio de Janeiro com a vazão do rio Paraíba do Sul e seus afluentes localizados no Estado de São Paulo e que qualquer ação natural ou antrópica que venha reduzir drasticamente a vazão deste rio irá impactar negativamente no armazenamento de água para as UHE Fluminenses instaladas no rio Paraíba do Sul.

**Palavras-chave:** crise hídrica; rio Paraíba do Sul; geração hidroelétrica.

## Abstract

*This text makes some considerations on the situation of hydroelectric generation in the state of Rio de Janeiro from the water crisis in the state of São Paulo. The proposed methodology consists of an exploratory survey of data on energy matrix Fluminense to verify its characteristic analysis also demonstrates a newsletter monitoring of reservoirs of hydraulic system of the Paraíba do Sul River and the daily monitoring of the hydropower operation of the national grid. The work showed that there is a direct dependence of the volume of water stored in the three major hydroelectric plants in the state of Rio de Janeiro with the Paraíba do Sul and its tributaries in the State of São Paulo river and that any natural or anthropogenic action that may drastically reduce the flow of this river will negatively impact the storage of water for the hydroelectric plant installed on Fluminense Paraíba do Sul River.*

**Key words:** water crisis; Paraíba do Sul river; hydroelectric generation.

## Introdução

Nos últimos meses observa-se uma redução da incidência de chuva na região Sudeste e mais especificamente no estado de São Paulo. Segundo alguns especialistas, esta estiagem é proveniente do sistema de alta pressão do Atlântico que bloqueou as frentes frias.

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia de Produção, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IF Fluminense campus Campos-Guarus e Pesquisador do NPGA.



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

Por causa desta estiagem no estado de São Paulo houve uma diminuição no volume de água armazenada nas represas dos sistemas e rios que abastecem o Estado, sendo os sistemas Cantareira e Alto Tietê os mais prejudicados.

A partir disso, o estado de São Paulo não conseguiu se antever aos problemas advindos da estiagem e começou a trabalhar na utilização das reservas técnicas dos sistemas de abastecimento de água, implantando o racionamento de água em várias cidades.

Para tentar minimizar os problemas da falta de água o governo paulista busca mais uma transposição no rio Paraíba do Sul. Esta transposição é polêmica e pode trazer vários problemas no âmbito do abastecimento nas cidades fluminenses e também na geração de energia hidroelétrica.

Esse trabalho visa realizar algumas considerações acerca da geração hidroelétrica Fluminense a partir da crise hídrica do estado de São Paulo, demonstrando que a situação atual do rio Paraíba do Sul já compromete a geração hidroelétrica e ocorrendo mais uma transposição só tenderá a piorar.

## 2 - Revisão de Literatura

### 2.1 - O Rio Paraíba do Sul

O rio Paraíba do Sul situa-se na região hidrográfica Atlântico Sudeste e apresenta-se como um dos principais rios da região (ANA, 2014). Sua bacia, Figura 1, tem uma área aproximada de 62.074km<sup>2</sup>, sendo 14.510km<sup>2</sup> no estado de São Paulo, 26.851km<sup>2</sup> no estado do Rio de Janeiro e 20.713km<sup>2</sup> no estado de Minas Gerais (CEIVAP, 2014).

Segundo Carvalho *et al.* (2007), o rio Paraíba do Sul “é considerado um rio federal, ou seja, sob domínio da União, resultado da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna no Estado de São Paulo mais precisamente na serra da Bocaina”. Isso justifica-se pelo fato do rio em questão atravessar três estados da Federação.

Figura 1 – Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Fonte: CEIVAP (2014)





## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

A importância do Rio Paraíba do Sul é imensurável, levando em consideração que ao longo de toda a sua bacia podem-se observar o desenvolvimento de várias atividades, tais como: uso doméstico; indústrias; agricultura e geração de energia elétrica.

Conforme previsto no Decreto Federal nº 6.591/ 2008, o Rio Paraíba do Sul abastece 184 municípios, sendo 39 localizados no estado de São Paulo, com 1,8 milhões de habitantes atendidos pelas suas águas, 57 municípios no Estado do Rio de Janeiro, com 2,4 milhões de habitantes atendidos e 88 municípios em Minas Gerais, com uma população 1,3 milhões. O volume de água consumido para uso doméstico é cerca de 64 mil l/s, onde 17 mil l/s são para o abastecimento domiciliar da população residente na bacia e 47 mil l/s para o abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro, este último é advindo da transposição do Paraíba do Sul para o rio Guandu (HUGUENIN, 2010). Desta forma, o Paraíba do Sul e sua bacia atendem a uma quantidade significativa de habitantes e a consequência disto é uma elevada carga de efluentes (IBGE, 2000, *apud* CEIVAP, 2014).

As atividades industriais (siderurgia, automobilísticas, químicas, etc.) instaladas na bacia do Paraíba do Sul captam um volume de aproximadamente 14 mil l/s para seus processos industriais e despejam os seus efluentes. Além disso, algumas vezes estas indústrias causam acidentes tais como o derramamento de produtos químicos e tóxicos no leito do rio. Há também as atividades agrícolas que consomem um volume de 30 mil l/s e, além de fazerem usos descontrolados de fertilizantes e agrotóxicos acarretando mais impacto ao rio. (CEIVAP, 2014; HUGUENIN, 2010).

A geração de energia elétrica é outra atividade econômica inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Nesta atividade as principais usinas hidrelétricas na bacia e instaladas no estado de São Paulo são Paraiçuna/ Paraitinga com potência de 33MW, Jaguari com 28MW (CESP), Santa Branca com 58MW (LIGHT) e no estado do Rio de Janeiro são Funil com 216MW (FURNAS), Nilo Peçanha com 380MW, Fontes Nova com 132MW, Pereira Passos com 100MW e Ilha Pombos com 187MW (LIGHT). (CEIVAP, 2014).

### 1.2 - Geração hidroelétrica

Conceitualmente a Eletrobrás Furnas (2012) afirma que uma usina hidroelétrica constitui-se de um conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade **é a geração de energia elétrica** através do aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio.

Ao contrário das demais fontes renováveis para geração de eletricidade, a geração hidroelétrica representa uma parcela significativa da matriz energética mundial e possui tecnologias de aproveitamento devidamente consolidadas. Atualmente, ela é a principal fonte geradora de energia elétrica para diversos países e responde por cerca de 17% de toda a eletricidade gerada no mundo (IEA, 2012).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2012a), estão em operação 451 centrais geradoras hidroelétricas (CGH), totalizando 277.679kW, 463 pequenas centrais hidroelétricas (PCH) com 4.640.031kW e 197 usinas hidroelétricas (UHE) totalizando uma potência de 82.205.278kW. Sendo assim, a geração hidroelétrica contribui para 67,4% de toda geração de energia elétrica no Brasil. Além disso, há em fase de construção no país um empreendimento de CGH com 848kW, 30 empreendimentos de PCH com 328.073kW e seis UHE num total de 14.008.300kW.

A predominância da geração hidroelétrica no Brasil se dá em função de vários aspectos, mas o principal é o potencial das bacias hidrográficas brasileiras (TOLMASQUIM, 2012).

A energia hidráulica ( $E_p$ ) é proporcional à **vazão** volumétrica de água ( $V$ ) e ao desnível ( $h$ ) existente ao longo do curso do rio, conforme a Equação 1 (MARQUES, 2006).

$$E_p = \rho \cdot g \cdot V \cdot \Delta h \quad (1)$$



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

Onde:

$E_p$  = energia hidráulica ( $J = N.m$ );  
 $\rho$  – densidade da água ( $1000\text{kg/m}^3$ );  
 $g$  – aceleração da gravidade ( $9,8\text{ m/s}^2$ );  
 $V$  – vazão volumétrica de água ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  
 $h$  – altura disponível da queda (m).

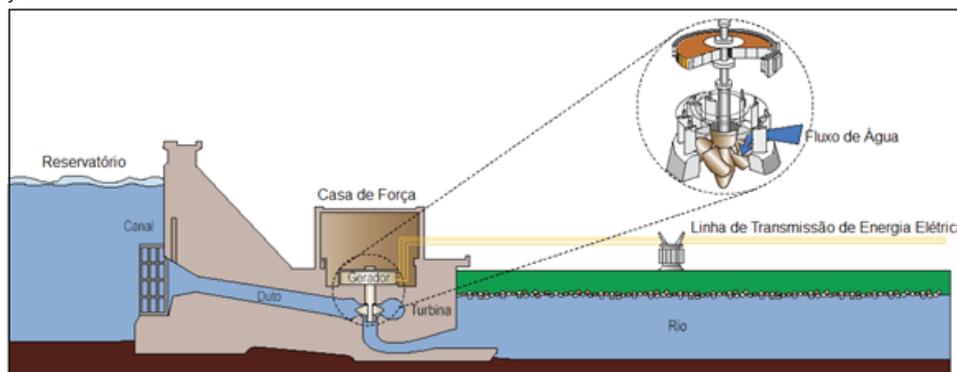
De acordo com Tiago Filho (2007), a queda ( $h$ ) desejável para um dado aproveitamento hidroelétrico pode ser alcançada de três formas:

- Natural, quando o desnível está concentrado numa cachoeira;
- Barragem, quando pequenos desníveis são concentrados na altura da barragem;
- Desvio do rio de seu leito natural, concentrando-se os pequenos desníveis nesse desvio.

Segundo Borges Neto; Carvalho (2012), as usinas hidroelétricas podem ser de acumulação, a fio d'água e reversíveis. Nas usinas de acumulação a água é armazenada de forma a permitir o uso mais constante de uma vazão média superior a média natural do rio. Já as usinas a fio d'água operam sem reservatórios utilizando a vazão primária do rio. Por fim, as reversíveis são usinas que geram eletricidade para satisfazer uma demanda máxima e para isso, necessitam de bombeamento de um represamento de um canal de fuga para um reservatório a montante.

A geração hidroelétrica consiste em conversões de energia. A Figura 2 demonstra um esquema típico de uma hidroelétrica contendo barragem, onde esta produz energia elétrica a partir da energia potencial hidráulica (Equação 1) contida em uma represa.

Figura 2 – Esquema do arranjo típico de uma Hidroelétrica. Fonte: adaptada ANEEL (2014) – Atlas da Energia Elétrica no Brasil – 3ª edição.



Neste esquema, a água é represada, por meio de uma barragem, logo em seguida a mesma entra em um duto (tubulação forçada) e neste momento a energia potencial hidráulica é transformada em cinética. Logo em seguida, a água alcança a turbina<sup>2</sup> e que por sua vez, entra em movimento rotativo e conseqüentemente, aciona o eixo do gerador de elétrico. Após a produção de potência elétrica (tensão e corrente elétrica) pelo gerador, esta energia produzida é enviada para um transformador que eleva a

<sup>2</sup> Tem o objetivo de transferir a energia cinética da água na tubulação forçada em energia mecânica no eixo do alternador. A escolha da velocidade de rotação da turbina depende da potência nominal, altura da queda, tipo de turbina e do tipo de alternador. Os tipos de turbinas mais utilizadas são: Pelton, Francis, Banki e Kaplan. (BRAGA JÚNIOR; SALECKER, 1999).



níveis pré-determinados para conexão ao Sistema Elétrico Nacional (SIN) ou em pequenas aplicações na utilização direta da eletricidade em residências, vilas ou fazendas. Após a água passar pela turbina a mesma retorna ao rio pelo canal de fuga. Todos os equipamentos elétricos e mecânicos da hidroelétrica ficam instalados em uma construção chamada de casa de força (BRAGA JÚNIOR; SALECKER, 1999).

A capacidade de geração das UHE está balizada basicamente em quatro conceitos: potência gerada; energia firme; garantia física (energia assegurada); e energia armazenada.

De acordo com Oliveira *et al.* (2009), a potência gerada em uma usina hidrelétrica para cada estágio é determinada através da Equação 2.

$$PG_i^t = \rho_i^t \cdot Q_i^t \quad (2)$$

Sendo,

$PG_i^t$  = potência gerada em uma usina  $i$ , durante um estágio  $t$  (MW);

$\rho_i^t$  = produtividade da usina  $i$ , no estágio  $t$  (MW.mês/hm<sup>3</sup>);

$Q_i^t$  = volume turbinado na usina  $i$ , durante o estágio  $t$  (hm<sup>3</sup>/mês).

A energia firme referente a uma usina hidrelétrica, segundo a ANEEL (2014b), “corresponde à máxima produção contínua de energia que pode ser obtida, supondo a ocorrência da sequência mais seca registrada no histórico de vazões do rio onde ela está instalada”. Sendo assim, o MME (2014) descreve a Equação 3 para mensurar a energia firme, onde:

$$EF = 0,0088 \cdot H_{LM} \cdot Q_{LM} \quad (3)$$

Onde,

$E_f$  – energia firme de uma usina (MW);

$H_{LM}$  – queda líquida média (m);

$Q_{LM}$  – vazão líquida média do período crítico (m<sup>3</sup>/s).

0,0088 – coeficiente correspondente ao produto da massa específica da água (1.000kg/m<sup>3</sup>), pelos rendimentos da turbina (0,93) e do gerador (0,97), pela aceleração da gravidade (9,81m/s<sup>2</sup>) e pelo fator 10<sup>-6</sup> que permite expressar a energia em MW médios.

A garantia física ou energia assegurada é descrita de acordo com ANEEL (2014c) como:

Montante, em MW médios, correspondente à quantidade máxima de energia relativa à Usina que poderá ser utilizada para comprovação de atendimento de carga ou comercialização por meio de contratos, estabelecido na forma constante da Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008. (p.\_).

Já a definição de energia armazenada é descrita pela ABRADÉE (2014) como: “energia potencialmente disponível nos reservatórios das hidroelétricas, cujo cálculo considera o volume de água armazenado e a capacidade de geração da usina.”

### 3 - Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto nesse trabalho, adotou-se uma pesquisa exploratória dos fatos referentes aos impactos da nova proposta de transposição no Rio Paraíba do Sul.



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

A hipótese levantada no estudo é de que a nova transposição no Paraíba do Sul proposta pelo estado de São Paulo pode afetar a geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro.

A metodologia consistiu na revisão de literatura para caracterizar o perfil da geração de energia elétrica do estado do Rio de Janeiro, compreender a proposta de transposição do Paraíba do Sul solicitada pelo estado de São Paulo e os impactos desta transposição nas hidroelétricas instaladas no Rio Paraíba do Sul em território Fluminense.

Para verificar a situação atual do Rio Paraíba do Sul no que tange à geração hidroelétrica analisou-se o comportamento do sistema hidráulico do mesmo no trecho compreendido entre às UHE de Paraibuna (SP), Santa Branca (SP), Jaguari (SP) e Funil (RJ) a partir de dados do boletim de monitoramento dos reservatórios do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul da Agência Nacional das Águas (ANA) e também dados referentes ao acompanhamento diário da operação hidroenergética do Sistema Interligado Nacional (SIN) realizado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) no mesmo trecho.

## 4 - Resultados e Discussão

### 4.1. A geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro

A geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro contribui com 7,01% na geração de eletricidade do Brasil, sendo a matriz elétrica Fluminense distribuída conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição da matriz para geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro

| Tipo                                 | Quantidade | Potência Fiscalizada (kW) | %      |
|--------------------------------------|------------|---------------------------|--------|
| Central Geradora Hidroelétrica (CGH) | 13         | 7.564                     | 0,08   |
| Eólica (EOL)                         | 1          | 28.050                    | 0,31   |
| Pequena Central Hidroelétrica (PCH)  | 23         | 301.040                   | 3,32   |
| Usina Fotovoltaica (UFV)             | 13         | 412                       | 0,00   |
| Usina Hidroelétrica (UHE)            | 9          | 1.371.699                 | 15,14  |
| Usina Termoelétrica (UTE)            | 63         | 5.359.980                 | 59,17  |
| Usina Termonuclear (UTN)             | 2          | 1.990.000                 | 21,97  |
| Total                                | 124        | 9.058.745                 | 100,00 |

Fonte: ANEEL (2014)

Observando a Tabela 1, nota-se que 59,17% da energia elétrica produzida no Estado é originária das usinas termoelétricas (UTE), em seguida, por usinas termonucleares UTN (Angra I e Angra II) que contribuem com 21,97% da matriz e com 18,54% encontra-se a geração hidroelétrica (incluindo as Centrais Geradores, Pequenas Centrais e Usinas hidroelétricas).

Comparativamente, a matriz elétrica Fluminense é inversa à matriz elétrica brasileira. Nota-se que a predominância na geração elétrica brasileira é por hidroelétricas ao contrário do estado do Rio de Janeiro que se fundamenta em usinas térmicas (Figura 3).

Do ponto de vista ambiental e mais especificamente no processo de geração de energia elétrica,



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos

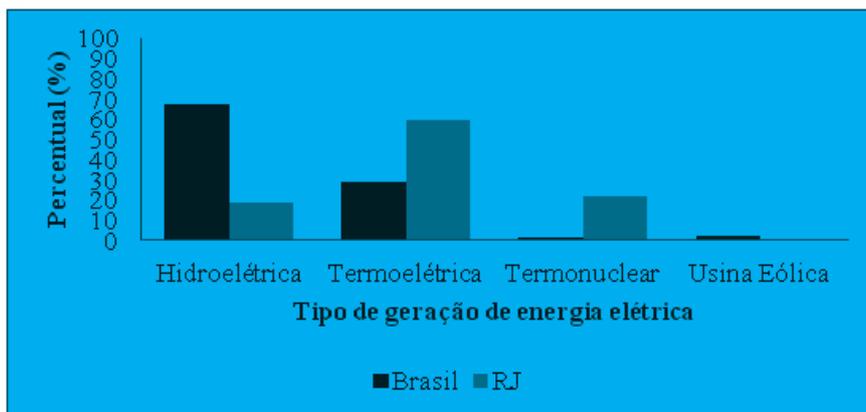


V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

a matriz do Estado do Rio de Janeiro pode ser considerada “suja”, haja vista que os combustíveis utilizados pelas usinas térmicas Fluminenses são oriundos de combustíveis fósseis (gás natural) e material radioativo (urânio).

Figura 3 – Comparativo, em percentual, da matriz elétrica brasileira e a matriz elétrica do Estado do Rio de Janeiro. Fonte: elaborado pelo autor.



Dentre os empreendimentos hidroelétricos instalados no Estado, percebe-se que há predominância de UHE (nove unidades) que totalizam 15,14% da matriz Fluminense, sendo estas usinas descritas na Tabela 2 com suas respectivas potências, destino da energia, proprietário, municípios e rios que estão instalados os empreendimentos.

Tabela 2 – Capacidade de geração hidroelétrica no Estado do Rio de Janeiro.

| Usina  | Potência Outorgada (MW) | Destino da energia | Proprietário                            | Município  | Rio            |
|--|-------------------------|--------------------|---|--|----------------|
| Fonte Nova   | 130,3                   | Serviço Público    | 100% para Light Energia S/A             | Piraí/RJ   | Piraí          |
| Ilha dos Pombos  | 187,17                  | Serviço Público    | 100% para Light Energia S/A             | Além Paraíba/MG<br>Carmo/RJ                                      | Paraíba do Sul |
| Nilo Peçanha   | 378,42                  | Serviço Público    | 100% para Light Energia S/A             | Piraí/RJ   | Piraí          |
| Pereira Passos   | 99,11                   | Serviço Público    | 100% para Light Energia S/A             | Piraí/RJ   | Lajes          |
| Rosal  | 55                      | Serviço Público    | 100% para Rosal Energia S/A             | Bom Jesus do Itabapoana/RJ<br>Guaçu/ES<br>São José do Calçado/ES | Itabapoana     |
| Vigário (Elevatória/<br>Potência de bombeamento 90.820 kW) | 0                       | Serviço Público    | 100% para Light Energia S/A             | Piraí/RJ   | Piraí          |
| Funil  | 216                     | Serviço Público    | 100% para Furnas Centrais Elétricas S/A | Itatiaia/RJ<br>Resende/RJ  | Paraíba do Sul |



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

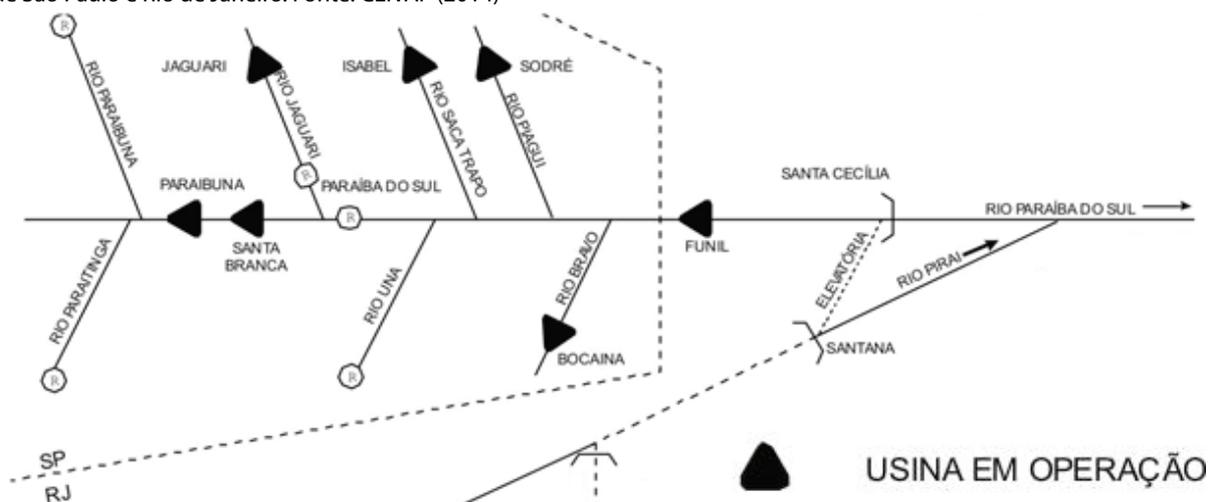
|   |       |                                  |   |  |                |
|---|-------|----------------------------------|---|--|----------------|
| Santa Cecília<br>(Elevatória/Potência de bombeamento 34.960 kW) | 0     | Serviço Público                  | 100% para Light Energia S/A             | Barra do Pirai/RJ  | Paraíba do Sul |
| Simplício   | 305,7 | Produção Independente de Energia | 100% para Furnas Centrais Elétricas S/A | Além Paraíba/MG<br>Chiador/MG<br>Sapucaia/RJ<br>Três Rios - RJ | Paraíba do Sul |

Fonte: ANEEL (2014).

Vale ressaltar que, de acordo com dados da Tabela 2, as Usinas de Vigário e Santa Cecília não estão gerando eletricidade e servem apenas de sistema para elevação de água.

Outro fato é que dentre os nove empreendimentos em operação, três estão diretamente instalados no rio Paraíba do Sul e com capacidade total de 708,87MW, sendo Funil a primeira UHE no trecho do Fluminense do Rio Paraíba do Sul tomando como referência da nascente do rio pra sua foz (Figura 4).

Figura 4 – Mapa topológico das usinas hidroelétricas instaladas na bacia do Rio Paraíba do Sul próximo a divisa dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Fonte: CEIVAP (2014)



### 4.2 - A proposta de transposição do rio Paraíba do Sul

Desde o segundo semestre do ano de 2013 a região Sudeste do país vem enfrentando uma escassez de chuva. Esta redução abrupta afetou drasticamente os rios e reservatórios que abastecem o estado de São Paulo e a região metropolitana da capital.

Os reservatórios mais afetados são o sistema Cantareira, que atualmente encontra-se com 13% do volume armazenado, e o sistema Alto Tietê com 18% do volume armazenado (SABESP, 2014).

Neste contexto o estado de São Paulo, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e municípios do estado vêm buscando alternativas para o problema posto, tais como:

- SABESP – captação de água do volume morto dos reservatórios (Figura 5).
- SABESP – sistema de bonificação 30% de desconto na conta de água para os clientes que alcançarem uma redução de 20% no seu consumo.



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

- Em Tambaú – a prefeitura está multando em um salário mínimo os moradores que desperdiçarem água com atividade de lavar calçadas ou carros, por exemplo;
- E em algumas cidades – a prefeitura está perfurando poços, instalando adutoras, realizando bombeamento e construindo reservatórios para evitar o desabastecimento.

Figura 5 – Retirada de água do volume morto em represa do Sistema Cantareira em Joanópolis.



Fonte: Canal de notícias G1.

No entanto, a alternativa mais polêmica proposta para mitigar a crise hídrica do sistema Cantareira consiste em construir mais uma transposição no rio Paraíba do Sul no trecho em que o mesmo atravessa o estado de São Paulo.

Alternativas de transposição do rio Paraíba já constavam em 2008 no Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista. Tal plano tinha como objetivo “definir as futuras soluções para o abastecimento de toda a região, consistindo em um planejamento estratégico que, tendo como horizonte o ano de 2035, reveste-se de caráter essencial ao processo de desenvolvimento econômico regional”. (AGEVAP, 2011).

Segundo a AGEVAP (2011), o Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo, realizado em 2008, chegou a estudar três concepções para o aproveitamento das águas da bacia do Rio Paraíba do Sul visando ao abastecimento da região metropolitana de São Paulo. Tais concepções eram compostas por uma transposição para o sistema Produtor Cantareira e outras duas para o Sistema Produtor Alto Tietê (todas as alternativas, foram consideradas vazões de transferência de 5 e 10 m<sup>3</sup>/s), sendo:

- A transferência para o Sistema Produtor Cantareira, com captação em um dos braços da represa Jaguari, entre os afluentes Ribeirão da Boa Vista e Ribeirão das Palmeiras, através de uma Estação Elevatória;
- Uma captação no rio Paraíba do Sul, no município de Guararema, com lançamento final na represa de Biritiba, após passagem por trecho do rio Tietê e pela elevatória da Sabesp existente no local;
- E outra captação na represa Paraibuna, com lançamento na represa de Ponte Nova.

Atualmente, com o agravamento da estiagem no estado de São Paulo e a crise hídrica do Sistema Cantareira o governo de estadual paulista propôs a construção de um novo sistema de transposição no Paraíba do Sul, conforme a Figura 6.



#### IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

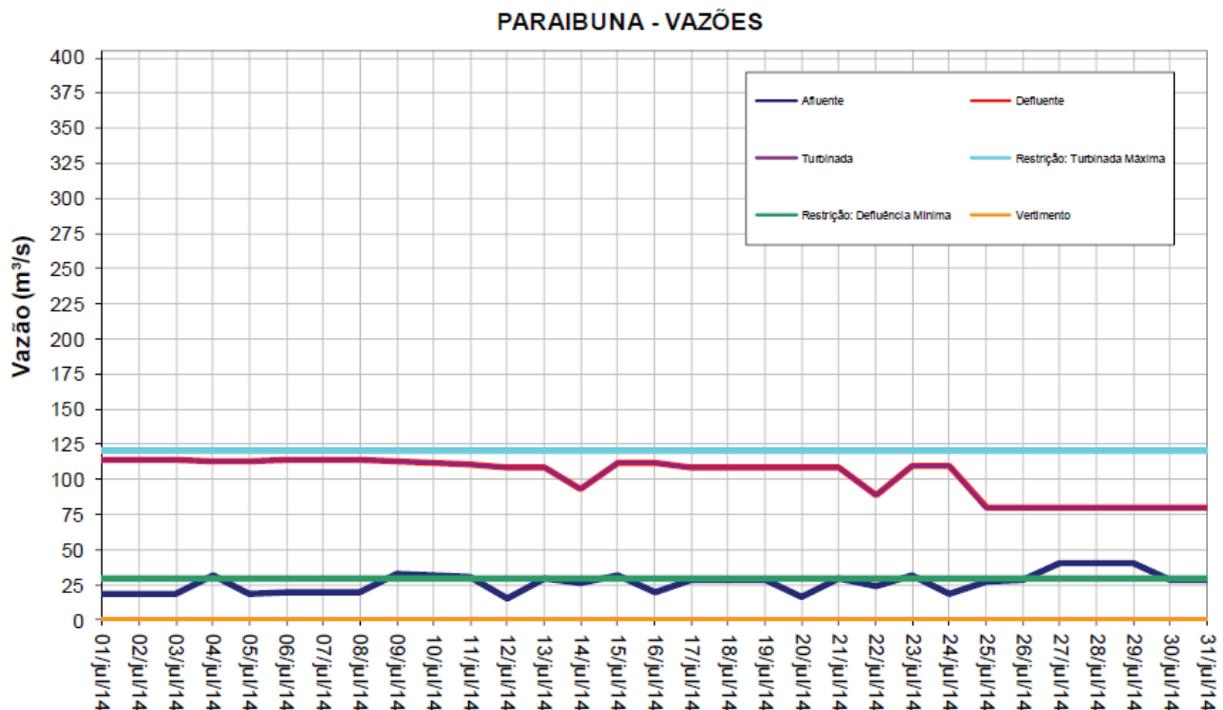
Figura 6 – Local destinado à proposta de transposição do Rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo. Fonte: Jornal O Diário (2014)



#### 4.3 - Os impactos da crise hídrica do estado de São Paulo na geração hidrolétrica Fluminense.

Analisando os dados referentes às vazões dos reservatórios de Paraibuna e Santa Branca, Figuras 7 e 8 respectivamente, observa-se que os mesmos estão com as vazões de afluência menores que de defluência, ou seja, não estão conseguindo acumular água e desta forma, as vazões de defluência estão decaindo, prejudicando diretamente os reservatórios que estão à jusante.

Figura 7 – Vazões no reservatório de Paraibuna no período de julho de 2014.



Fonte: ANA.



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

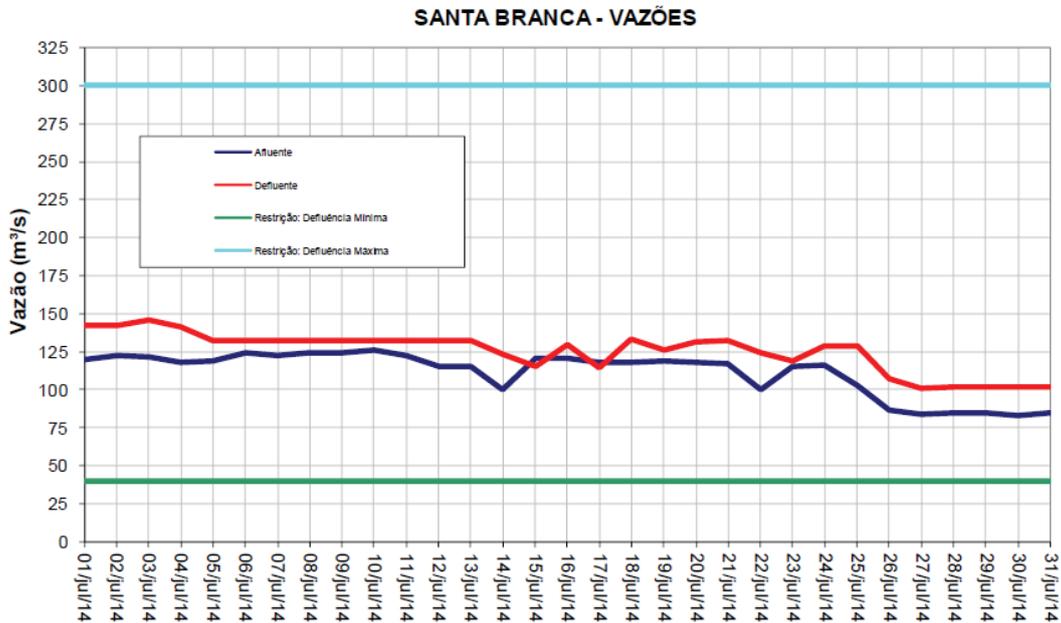
quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

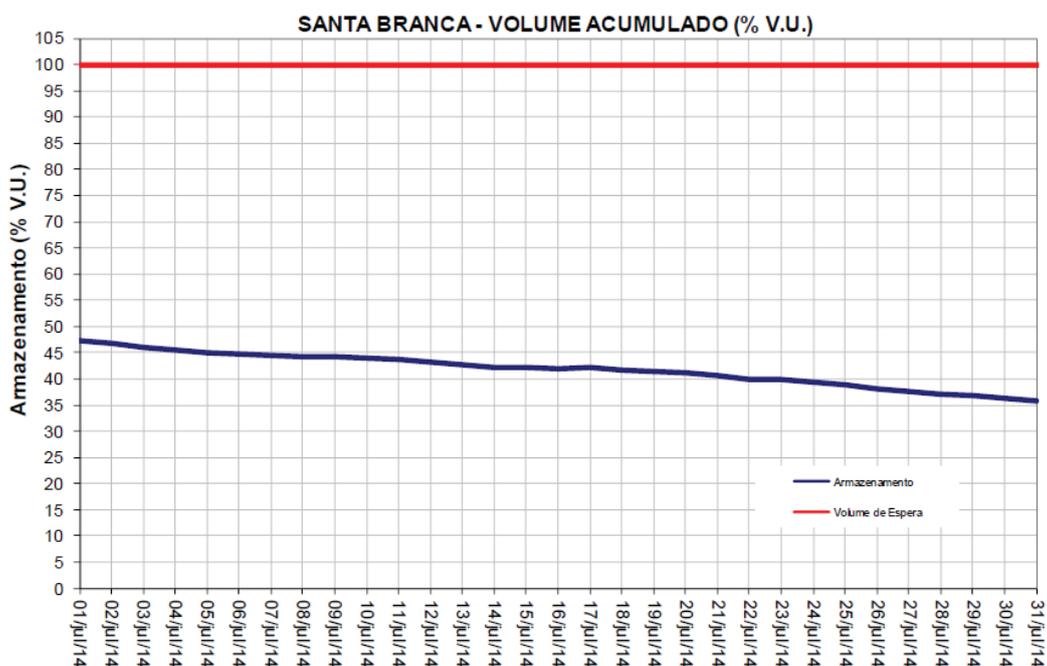
Figura 8 – Vazões no reservatório de Santa Branca no período de julho de 2014.



Fonte: ANA (2014).

Outro fato é que devido a estiagem ocorrida nos últimos anos o volume acumulado no reservatório de Santa Branca está com 35% do volume esperado para o período ratificando a redução das vazões para os reservatórios à jusante.

Figura 9 – Volume acumulado no reservatório de Santa Branca no período de julho de 2014.



Fonte: ANA (2014).



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos

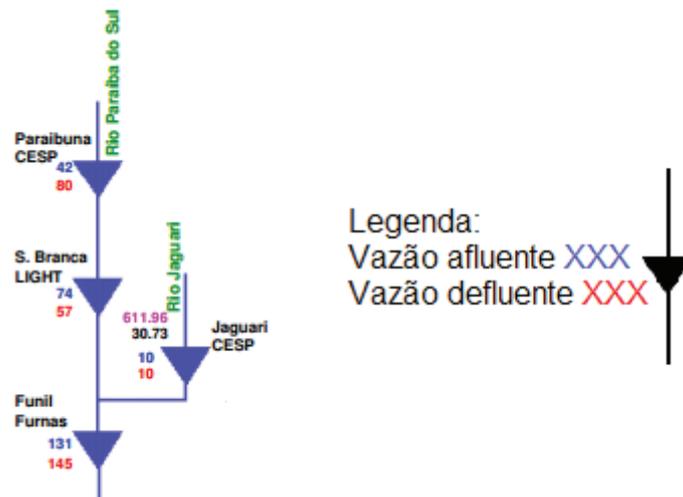


V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

Desta forma, os dados do acompanhamento diário da operação hidroenergética do SIN no dia 14 de agosto de 2014 (Figura 10) mostram que em função das reduções de vazão ocorridas nos últimos dias nos reservatórios instalados no rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo há também uma redução na vazão afluente do reservatório do Funil que por sua vez está sendo obrigado a manter uma vazão defluente maior que a afluente para atender as demandas dos outros reservatórios localizados no estado do Rio de Janeiro.

Figura 10 – Vazões de afluência e defluência das UHE de Paraibuna, Santa Branca Jaguari e Funil observadas no Acompanhamento diário da operação hidroenergética do SIN no dia 14 de agosto de 2014.



Fonte: NOS (2014).

A atual operação da UHE do Funil descrita pela Figura 10 vem conduzindo a usina para redução de sua energia potencial ( $E_p$ ), pois a mesma está intimamente ligada à vazão volumétrica de água ( $m^3/s$ ), conforme a Equação 1. Esta redução da energia potencial irá influenciar no volume turbinado da usina ( $Q_t$ ) e conseqüentemente, na potência elétrica gerada ( $PG_t$ ), de acordo com a Equação 2.

## 5- Considerações finais

Nas discussões referentes à transposição do rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo fica evidente a preocupação com o abastecimento de água para a população ao longo do rio, ficando as questões relacionadas à geração hidroelétrica como secundárias.

Tal preocupação justifica-se porque os sistemas de abastecimento de água do estado de São Paulo estão operando na sua reserva técnica e a nova transposição no rio impactará no estado Fluminense, onde o rio Paraíba do Sul abastece atualmente cerca de 9,45 milhões de habitantes, além de 37 municípios ao longo dos seus 500 km dentro do Estado. Além disso, a nova transposição poderá comprometer o futuro abastecimento de água para aproximadamente 16 milhões de habitantes em projeções para 2035. (IFF, 2014).

Entretanto, a geração hidroelétrica é um fator chave para o desenvolvimento econômico do estado e do país, pois com a redução do potencial hidroelétrico, a substituição é feita com geração



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

termoelétrica, que utiliza combustíveis fósseis (gás natural, óleo, etc.) e agravam ainda mais os problemas relacionados a intensificação de gases que contribuem para o efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , S, etc.).

A diminuição na geração da UHE também se traduz em redução dos *royalties* pagos aos municípios onde as usinas estão instaladas.

O estudo mostra que há uma dependência direta do volume de água armazenada com a vazão do Rio Paraíba do Sul e conseqüentemente, a energia hidráulica das três maiores UHE do estado do Rio de Janeiro instaladas no mesmo rio e seus afluentes localizados no Estado de São Paulo, ou seja, qualquer ação natural ou antrópica que venha reduzir drasticamente a vazão deste rio irá impactar negativamente no armazenamento de água para as UHE Fluminenses instaladas no rio Paraíba do Sul.

Além disso, caso haja a transposição no estado Paulista não somente às UHE Fluminenses terão sua geração de eletricidade reduzida, mas também as UHE de Paraibuna e Santa Branca serão impactadas no seu potencial de geração.

Para rebater a transposição e mitigar os problemas relacionados ao desabastecimento de água e também a redução da geração hidroelétrica no rio Paraíba do Sul, o poder público, instituições, produtores rurais e demais membros da sociedade deveriam trabalhar no uso racional da água, na recuperação das matas ciliares e áreas de preservação permanente, conforme o município de Camanducaia e Extrema (IRRIGART, 2008). Tais ações podem contribuir para eliminar a possibilidade de uma nova transposição do Rio Paraíba do Sul.

## 6 - Referência bibliográfica

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>>. Acessado em: 30 de junho de 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ELENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações da Geração – Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acessado em: 24 de junho de 2014a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ELENERGIA ELÉTRICA. **Cadernos temático ANEEL – energia assegurada – 3 ed.**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acessado em: 26 de junho de 2014b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ELENERGIA ELÉTRICA. **Glossário**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/glossario.cfm?att=G>>. Acessado em 26 de junho de 2014c.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Relatório técnico – bacia do rio Paraíba do Sul – subsídios às ações de melhoria da gestão 2011**. Disponível em: <<http://www.agevap.org.br/downloads/Relatorio%20Geral%20versao%20para%20site%2029dez11.pdf>>. Acessado em: 08 de agosto de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. Glossário do setor elétrico. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/glossario-do-setor-eletrico>>. Acessado em: 26 de junho de 2014.

BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. **Geração de energia elétrica – fundamentos**. São Paulo: Érica, 2012. 158p.



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

BRAGA JÚNIOR., R. A.; SALECKER, J. C. **Mini e Micro Centrais Hidroelétricas**. Londrina: UEL. 1999, 68p.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas – edição 2007. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2009/09\\_Setembro/Manual\\_de\\_Inventario\\_Edicao\\_2007.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2009/09_Setembro/Manual_de_Inventario_Edicao_2007.pdf)>. Acessado em: 26 de junho de 2014.

BRASIL. Decreto nº 6.591, de 1º de outubro de 2008. Altera a denominação do Comitê instituído pelo Decreto nº 1.842, de 22 de março de 1996, e acresce parágrafo único ao seu art. 1º. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6591.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6591.htm)>. Acessado em: 30 de junho de 2014.

CARVALHO, A. M. *et al.* Programa de sensibilização da sociedade civil sobre o uso e preservação de águas do Rio Paraíba do Sul no município de Campos dos Goytacazes/RJ. In: **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**. 2007, v.1 n.2, p. 55-63.

CEIVAP. **Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Dados gerais**. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/populacao.php>>. Acessado em: 30 de junho de 2014.

ELETOBRÁS FURNAS. **Sistema Eletrobrás FURNAS de geração de transmissão – Parque Gerador: Usina Hidrelétrica**. Disponível em: <[http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina\\_hidr\\_funciona.asp](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina_hidr_funciona.asp)>. Acessado em: 24 de junho de 2014.

HUGUENIN, F. P. S. O rio, o homem, o drama. In: **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**. 2010, v. 4 n. 1, p. 11-36.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Statistics and Balances**. Disponível em: <<http://www.iea.org/stats/index.asp>>. Acessado em: 20 de agosto de 2012.

INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. **Decisão do comitê do baixo Paraíba do Sul e Itabapoana acerca da redução de vazões de chegada na transposição de Santa Cecília**. Disponível em: <[http://portal.iff.edu.br/campus/upea/arquivos/docs-2014/Nota\\_Tecnica\\_CTRHEH\\_redacao\\_final%20transposicao%20rio%20Paraiba%20do%20Sul-%20-1.pdf](http://portal.iff.edu.br/campus/upea/arquivos/docs-2014/Nota_Tecnica_CTRHEH_redacao_final%20transposicao%20rio%20Paraiba%20do%20Sul-%20-1.pdf)>. Acessado em: 21 de agosto de 2014.

IRRIGART. **Plano diretor de recursos hídricos bacia Piracicaba/ Jaguari 2008/2009**. Disponível em: <[http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/planos\\_diretores\\_BH/piracicaba-e-jaguari.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/planos_diretores_BH/piracicaba-e-jaguari.pdf)>. Acessado em: 21 de agosto de 2014.

MARQUES, M. *et al.* **Conversão de Energia – eficiência energética de equipamentos e instalações** – 3 ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 597p.

OLIVEIRA, E. J. *et al.* Influência da variação da produtividade das usinas hidrelétricas no cálculo da energia firme. In: **Revista Controle & Automação**. 2009, v.20 n.2, p. 247-255.

SABESP. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Situação dos mananciais**. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>. Acessado em:



## IV Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos

quantidade e qualidade das águas:  
inovação tecnológica e recursos hídricos



V Fórum do Observatório Ambiental  
Alberto Ribeiro Lamego

ISSN CD-ROM 2316-5049

09 de julho de 2014.

TIAGO FILHO, G. L. **Micro centrais Hidroelétricas – série energias renováveis**. Itajubá. FAPEPE: CERPCH. 2007, 30p.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. In: **Revista Estudos Avançados [online]**. 2012, vol.26, n.74, p. 247-260. ISSN: 0103-4014.