

Poluição e geração de energia: implicações ambientais em Pequenas Centrais Hidrelétricas do estado de São Paulo

DOSSIER ELETROMEMÓRIA: PAISAGEM E HISTÓRIA

**Giorgia Limnios**

Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo [SP] Brasil. <giorgiageo@usp.br>.

**Edson Alves Filho**

Mestrando no Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo [SP] Brasil. <edson.filho@usp.br>.

**Sueli Angelo Furlan**

Professora Doutora no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo [SP] Brasil. <suelifurlan@uol.com.br>.

Resumo

A atual situação de escassez hídrica do estado de São Paulo vislumbrada pelo risco iminente de desabastecimento das principais áreas urbanas tem levantado não somente a problemática da preservação dos recursos hídricos, mas também questões relacionadas à segurança energética, fato este identificado em uma série de expedições de campo realizadas no âmbito do projeto "História da Energia Elétrica no Estado de S. Paulo (1890-1960): Patrimônio Industrial, Paisagem e Meio-Ambiente – Eletromemória II". O objetivo deste projeto é estudar um conjunto extremamente representativo de usinas e pequenas centrais hidrelétricas construídas durante o período inicial da eletrificação do Estado de São Paulo – Brasil (1890-1960), juntamente com sua evolução dentro do contexto social, histórico e geográfico, para evidenciar as transformações da paisagem advindas do processo de eletrificação, bem como os beneficiários e os impactos na paisagem no período de estudo. Nas visitas empreendidas, além do problema da escassez d'água, as usinas enfrentam restrições de geração relacionadas à intensa poluição hídrica, seja de fontes difusas ou pontuais. Alguns estudos desenvolvidos no Brasil têm analisado a interferência da poluição na geração de energia, ressaltando o papel das fontes difusas como resíduos sólidos, sedimentos provenientes de áreas com forte erosão, óleos lubrificantes de veículos ou mesmo o desenvolvimento de espécies invasoras, particularmente as macrófitas como agentes causadores de alterações bioquímicas que promovem a formação de compostos químicos capazes de corroer os equipamentos eletromecânicos das usinas ou mesmo impedir o fluxo de água da tomada d'água das mesmas. As usinas contempladas no escopo do Projeto Eletromemória II apresentam estes mesmos problemas, o que suscitou a necessidade de estabelecer uma relação entre poluição em suas diversas formas e geração de energia elétrica. Para que seja estabelecida esta ponte, foi necessário o levantamento de material bibliográfico como relatórios técnicos, legislação ambiental, material cartográfico e fotográfico, relatórios de visitas de campo, entre outros. Como resultado parcial dos estudos desenvolvidos no projeto Eletromemória II, foram visitados 32 empreendimentos hidrelétricos, distribuídos em 8 bacias hidrográficas, por meio de 06 expedições científicas interdisciplinares no período de julho de 2013 a janeiro de 2015. A partir dos insumos possibilitados pelo material bibliográfico e técnico consultado, é apresentado um panorama geral dos efeitos da poluição tanto em relação à segurança da geração de energia elétrica, como seus efeitos nos ecossistemas locais, sobretudo na ictiofauna e habitats correlacionados.

Palavras-chave

Pequenas Centrais Hidrelétricas, poluição, bacia hidrográfica, uso da terra.

Pollution and power generation: environmental implications Small Hydroelectric Plants of São Paulo

Abstract

The current situation of water scarcity of of São Paulo State, manifested as imminent risk of shortages in major urban areas, has led not only to issues concerning preservation of water resources, but also problems related to energy availability, identified in a series of expeditions field carried out under the project " Electricity History of the State of São

Paulo (1890-1960): Industrial Heritage , Landscape and Environment – Electromemory II”. The objective of this project is to study an extremely representative set of power plants and small hydroelectric power plants built during the initial period of electrification of the State of São Paulo – Brazil (1890-1960), along with its evolution within the social, historical and geographical aspects, to highlight the landscape changes resulting from the electrification process, as well as beneficiaries and impacts on landscape during the study period. In all visits, in addition to the problem of water scarcity, we verified that the power plants face generation constraints related to severe water pollution, either by diffuse or point sources. Some studies conducted in Brazil have analyzed the interference of pollution in power generation , highlighting the role of diffuse sources such as solid waste, sediments from areas with strong erosion, lubricant oils from vehicles or the development of invasive species, particularly as macrophytes, causative agents of biochemical changes that promote the formation of chemical compounds able to erode the electromechanical equipment of the plants or even prevent the flow of water intake into the same. The power plants covered by Electromemory II Project scope have these same problems, which prompted the need to establish a relationship between pollution in its various forms and the generation of electricity. To establish this bridge, the survey of publications and technical reports was necessary as well as researches in environmental legislation, cartographic and photographic material, field visit reports, among others. As a partial result of the studies developed in Electromemory II project, 32 hydroelectric plants were visited, spread along 8 watersheds, through 6 interdisciplinary scientific expeditions from July 2013 to January 2015. From the inputs made possible by the bibliographical material and technical consulting, we expect to build an overview of effects of pollution both in relation to the safety of electricity generation, as its effects on local ecosystems, especially in fish populations and related habitats.

Keywords

Small Hydroelectric Plants, pollution, watershed , land use.

1. Pequenas Centrais Hidrelétricas e a geração de energia no estado de São Paulo

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) são usinas com potência instalada de até 30 MW e reservatório de água com área igual ou inferior a 3 km² (ANEEL, 2003). O conjunto de PCHs inseridas no escopo do Projeto Eletromemória II inclui um total de 59 empreendimentos, construídos entre 1890 e 1960, divididos entre 16 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (URGHI). Até o momento, foram realizadas expedições científicas em 32 empreendimentos localizados em 8 URGHIs. A distribuição espacial das usinas visitadas inclui uma ampla área geográfica, disseminada por praticamente todo o território do estado de São Paulo, o que corrobora a grande representatividade destas usinas em relação às condições socioambientais de um modo geral e os níveis de pressão por poluição dos corpos hídricos.

A dispersão geográfica dos empreendimentos hidrelétricos visitados obedece à seguinte distribuição (Mapa na Figura 1):

1. UGRHI 1 – Mantiqueira: PCH Marmelos I, PCH Marmelos II, PCH Fojo, PCH Lavras.
2. UGRHI 2 – Paraíba do Sul: PCH Isabel,
3. UGRHI 4 – Pardo: PCH Santa Alice, PCH Rio do Peixe 1, PCH Rio do Peixe 2.
4. UGRHI 5 – Piracicaba-Capivari – Jundiá: PCH Salto Grande, PCH Jaguari, PCH Carioba, PCH Cariobinha, PCH Americana, PCH Corumbataí.
5. UGRHI 6 – Alto Tietê: PCH Traição, PCH Edgard de Souza, PCH Rasgão, PCH Salesópolis.
6. UGRHI 7 – Baixada Santista: PCH Itatinga, UHE Henry Borden.
7. UGRHI 9 – Mogi-Guaçu: PCH Socorro, PCH Salto do Pinhal, PCH Pinhal, PCH Eloy Chaves, PCH Capão Preto, PCH Porto Góes,
8. UGRHI 13 – Tietê – Jacaré: PCH Monjolinho, PCH Jacaré, UHE Carlos Botelho, PCH Gavião Peixoto, PCH Três Saltos, PCH Chibarro.

As usinas listadas acima foram responsáveis pelo esforço empreendido para tornar possível a modernização do território paulista, com o advento das ferrovias associadas à economia cafeeira, num primeiro momento, e logo depois, a eletrificação urbana e industrialização do Estado, que atraía cada vez mais empresas em virtude da oferta de energia. O processo de eletrificação contribuiu para o desenvolvimento de núcleos urbanos, preparados para receber novas indústrias. As primeiras usinas do Estado foram criadas por

2. As PCHs em relação ao Panorama Físico-Ambiental

O conjunto de aspectos socioambientais dos empreendimentos hidrelétricos pesquisados no Projeto Eletromemória II até exibe uma diversidade bastante relevante de características fisiográficas e ecológicas, que incluem desde terrenos cristalinos, passando por terrenos sedimentares. Em relação aos relevos, citam-se desde escarpas festonadas da frente do Planalto Atlântico, até os relevos de Cuestas Basálticas. Já em relação aos solos, observam-se Neossolos Litólicos e Cambissolos nas porções mais elevadas dos relevos, Latossolos ao longo dos relevos cuestiformes e Argissolos ocupando as áreas dos relevos cristalinos. O quadro ambiental das usinas visitadas inclui ainda fitofisionomias ligadas às Matas Atlânticas e até mesmo encraves de cerrados. Em relação aos aspectos sociais, as usinas se localizam em centros urbanos, ou próximas a eles, em diversas tipologias, o que inclui centros industriais, pequenas cidades ligadas às atividades agroindustriais.

3. Poluição hídrica em PCHs do estado de São Paulo

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de São Paulo vêm sofrendo contaminações pelos mais diversos poluentes, seja no meio urbano ou rural. Os resíduos das atividades industriais, agrícolas e domésticas são as principais fontes de poluentes que vêm degradando a qualidade e a disponibilidade destes recursos.

Segundo a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, entende-se por poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

As águas superficiais no Estado de São Paulo apresentam condições físicas, químicas e biológicas que dependem dos usos da terra e do estado de conservação das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ao longo do seu percurso e antes de chegar aos oceanos, as águas passam por cidades, áreas de cultivo, florestas, indústrias, etc, e assim transportam diversos compostos e materiais por toda a sua extensão. Para avaliação da qualidade das águas dos rios e reservatórios a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utiliza o Índice de Qualidade das Águas — IQA que monitora 384 pontos distribuídos pelas 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI), calculados bimestralmente por meio de nove variáveis a saber:

- Coliformes termotolerantes
- pH
- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- Nitrogênio total
- Fósforo total
- Temperatura
- Turbidez
- Resíduo total
- Oxigênio dissolvido

Cada ponto de monitoramento é classificado em um dos 5 níveis, conforme uma ponderação que varia de 0 a 100 (Tabela 1).

No Quadro 1 foram organizados os dados de distribuição do IQA das usinas hidrelétricas estudadas até o momento. Foram categorizadas quanto à bacia hidrográfica onde estão inseridas conforme a vocação de uso, o total de pontos monitorados e a porcentagem dos pontos em cada categoria do IQA. Observa-se que somente três usinas hidrelétricas estão localizadas em bacia hidrográfica com

vocação de conservação, e os pontos monitorados apresentam IQA bom e regular. As demais situam-se em bacias com vocação industrial e em processo de industrialização. As duas bacias com maior número de pontos monitorados referem-se às industriais: Piracicaba/Capivari/Jundiá e Alto Tietê. Nestas foi registrada qualidade péssima para as águas, sendo que na bacia Alto Tietê essa categoria prevalece sobre as demais. Alguns fatores como forte urbanização, pouca cobertura vegetal ao longo dos cursos d'água, insuficiência na coleta e tratamento de esgotos contribuem para a baixa qualidade das águas, especialmente nas duas bacias citadas. Importante destacar que a UGRHI 2 — Paraíba do Sul apresenta 95% das águas inseridas nas categorias Boa e Ótima. Conforme constatado em campo, a edificação da PCH Isabel (1915) está localizada no sopé da Serra da Mantiqueira, em ambiente com cobertura vegetal abundante e bem conservada da Floresta Ombrófila Densa. O reservatório localizado na cota aproximada de 1.825 metros e os afluentes que nela desaguam também estão inseridos em ambiente cujas condições propiciam a produção e manutenção da qualidade das águas.

Tabela 1. Classificação do IQA.

Categoria	Ponderação
ÓTIMO	79 < IQA ≤ 100
BOM	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMO	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB, 2013.

Quadro 1. Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2013.

Usina	Bacia Hidrográfica	Nº de pontos monitorados	% de Pontos em cada categoria do IQA				
			Ótima	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
PCH Fojo, PCH Marmelos I, PCH Marmelos II	1 - Mantiqueira	2		50	50		
PCH Isabel	2 - Paraíba do Sul	23	17	78	4		
PCH Rio do Peixe 1, PCH Rio do Peixe 2, PCH Santa Alice	4 - Pardo	6		67	17	17	
PCH Americana, PCH Carioba, PCH Jaguari, PCH Cariobinha, PCH Carlos Botelho, PCH Salto Grande	5 - Piracicaba/Capivari/Jundiá	84	4	46	32	15	2
PCH Salesópolis, PCH Traição	6 - Alto Tietê	62	10	23	13	21	34
UHE Henri Bordem, PCH Itatinga	7 - Baixada Santista	16	6	69	19	6	
PCH Eloy Chaves, PCH Pinhal, PCH Socorro, PCH Salto do Pinhal, PCH São Valentim	9 - Mogi-Guaçu	34		82	15	3	
PCH Edgard de Souza, PCH Lavras, PCH Rasgão, PCH Porto Góes	10 - Tietê/Sorocaba	24	8	46	25	21	

PCH Chibarro, PCH Três Saltos, PCH Jacaré, PCH Gavião Peixoto, UHE Carlos Botelho.	13 - Tietê/Jacaré	10	80	20
--	-------------------	----	----	----

Fonte: CETESB, 2013.

Vocação da Bacia Hidrográfica:	Conservação	Em industrialização	Industrial
--------------------------------	-------------	---------------------	------------

Outro índice que fornece dados para avaliação das condições hídricas refere-se ao Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas. Segundo a Cetesb, o IVA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto, de um índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário (Tabela 2). O IVA leva em consideração a presença e a concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas das variáveis consideradas essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), variáveis essas agrupadas no IPMCA – Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática, bem como o IET – Índice do Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo (1990). Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, como também sobre o seu grau de trofia.

Os parâmetros avaliados são oxigênio dissolvido, pH, ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*, cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes, clorofila a e fósforo total e, assim como o IQA, classificados em 5 categorias: Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima (Quadro 2).

Tabela 2. Classificação do IVA.

Categoria	Ponderação
ÓTIMO	IVA ≤ 2,5
BOM	2,6 < IVA ≤ 3,3
REGULAR	3,4 < IVA ≤ 4,5
RUIM	4,6 < IVA ≤ 6,7
PÉSSIMO	IVA > 6,8

Fonte: CETESB, 2013.

Quadro 2. Distribuição percentual das categorias do IVA por UGRHI em 2013.

Usina	Bacia Hidrográfica	Nº de pontos monitorados	% de Pontos em cada categoria do IVA				
			Ótima	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
PCH Fojo, PCH Marmelos I, PCH Marmelos II	1 - Mantiqueira	2		50		50	
PCH Isabel	2 - Paraíba do Sul	23	52	39	9		
PCH Rio do Peixe 1, PCH Rio do Peixe 2, PCH Santa Alice	4 - Pardo	4	25	75	17	17	
PCH Americana, PCH Carioba, PCH Jaguari, PCH Cariobinha, PCH Carlos Botelho, PCH Salto Grande	5 - Piracicaba/Capivari/Jundiá	72	18	29	26	19	7

PCH Salesópolis, PCH Traição	6 - Alto Tietê	37	8	11	22	30	30
UHE Henri Bordem, PCH Itatinga	7 - Baixada Santista	8	25	25		38	13
PCH Eloy Chaves, PCH Pinhal, PCH Socorro, PCH Salto do Pinhal, PCH São Valentim	9 - Mogi-Guaçu	33	27	42	18	12	
PCH Edgard de Souza, PCH Lavras, PCH Rasgão, PCH Porto Góes	10 - Tietê/Sorocaba	20	10	60	20		
PCH Chibarro, PCH Três Saltos, PCH Jacaré, PCH Gavião Peixoto, UHE Carlos Botelho.	13 - Tietê/Jacaré	9	33	44		22	

Fonte: CETESB, 2013.

Vocação da Bacia Hidrográfica: Conservação Em industrialização Industrial

Com menor quantidade de pontos monitorados, em relação ao IQA, os dados da tabela relevam que a maioria das UGRHs possuem águas em condições na categoria Ótima ou Boa para a proteção da vida aquática, enquanto que três bacias apresentam percentuais na categoria Péssima. Os pontos estão localizados nos principais cursos d'água, normalmente em trechos onde há uso e ocupação da terra.

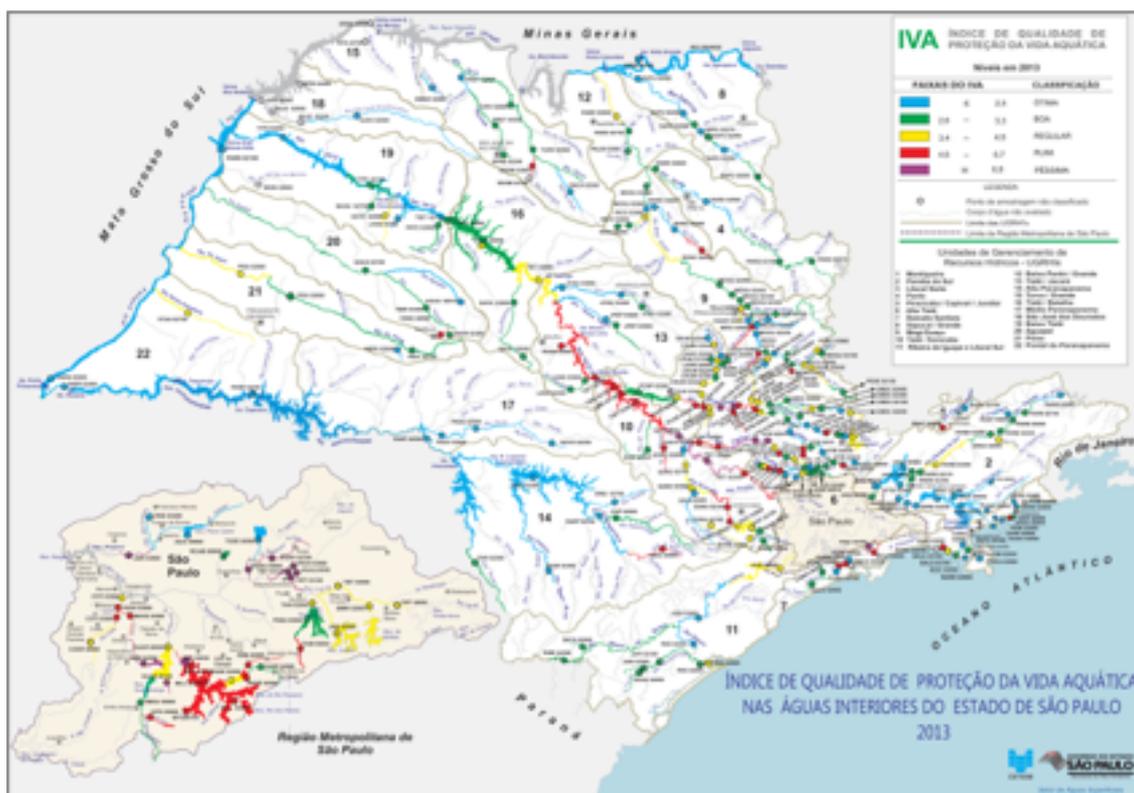


Figura 2. Índice de qualidade e proteção da vida aquática nas águas interiores do estado de São Paulo, 2013. Fonte: CETESB, 2013.

O IQA e o IVA fornecem dados pontuais sobre as condições das águas superficiais por meio de parâmetros monitorados pela Cetesb. Os resíduos sólidos e outros poluentes difusos trazem sérias implicações para a produção de energia, como a paralisação das operações para retirada de materiais

que obstruem a passagem das águas do canal de adução para as turbinas de geração de energia, painéis de grade e comportas. Processos corrosivos também podem afetar as operações hidráulicas dependendo dos compostos presentes na água, e a principal refere-se à biocorrosão, que pode ser definida como o processo eletroquímico de dissolução metálica iniciada ou acelerada por microrganismos, principalmente bactérias redutoras de sulfato (VIDELA, 2003 *apud* SILVA, 2012). Entretanto, esses processos dependem do suporte litológico dos reservatórios, da proximidade com as áreas industriais, urbanas e agrícolas e das condições climáticas. Os organismos bioincrustantes como o mexilhão dourado, molusco introduzido no Brasil por meio da água de lastro, podem se fixar em diversos tipos de superfícies, artificial ou natural e, nas usinas hidrelétricas, pode afundar equipamentos flutuantes, prejudicar a operação de equipamentos submersos e obstruir tubulações, filtros, trocadores de calor e grades da tomada d'água provocando diminuição da vazão do sistema, comprometendo equipamentos. Os sistemas de refrigeração das turbinas ficam sujeitos a entupimentos (SILVA, 2012). Na Figura 2 há um exemplo encontrado em expedição à Usina Porto Goés no Rio Tietê (Município de Salto).



Figura 3. Barreira de resíduos sólidos próxima à entrada do canal de adução da Usina Porto Goés com acúmulo de material plástico como garrafas PET. Foto: Giorgia Limnios, 20.01.2014.

4. A vegetação ciliar e os reservatórios

Algumas ações podem minimizar os problemas decorrentes da poluição das águas na geração de energia por usinas hidrelétricas. A recomposição da cobertura vegetal ao longo dos cursos d'água exerce importante função hidrológica. Conforme Rodrigues e Filho (2000) essas funções são:

- **Quantidade de água** – a vegetação ciliar contribui para o aumento da capacidade de armazenamento da água na sub-bacia ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano.
- **Qualidade da água** – filtragem superficial de sedimentos, diminuição da concentração de herbicidas nos cursos dá agua pela absorção dos componentes pelo sistema radicular dos vegetais.

- **Ciclagem de nutrientes** – o efeito da filtragem de particulados e de nutrientes em solução proporcionado pela zona ripária confere, também, significativa estabilidade em termos do processo de ciclagem geoquímica de nutrientes pela sub-bacia.
- **Interação direta com o ecossistema aquático** – raízes estabilizam processos erosivos nas margens dos rios. A mata ciliar abastece o rio com material orgânico, sendo muitas vezes, fonte de alimentação da fauna aquática. Além disso, a diminuição da velocidade das águas, atenuação da radiação solar direta, favorecendo o equilíbrio térmico da água.

As usinas localizadas em ambientes com entorno bem conservado não apresentam problemas na geração de energia, sendo mantidas somente as manutenções previstas para o bom funcionamento das mesmas. Um bom exemplo é a PCH Itatinga (Município de Bertioga-SP). As nascentes do Rio Itatinga estão localizadas no território do Parque Estadual da Serra do Mar e todo o seu percurso ocorre no interior da Unidade de Conservação. A exuberante cobertura florestal e a não interferência antrópica no ambiente, exceto as estruturas da usina construídas no início do século XX, fazem com que as águas livres de poluentes e resíduos sólidos não afetem as atividades hidráulicas e nem onerem os custos de manutenções extras.

Nos últimos dois anos, houve uma considerável diminuição no volume de água em praticamente todos os rios que servem as usinas visitadas na pesquisa, situação que afeta diretamente a geração de energia, total ou parcialmente. Na Usina de Itatinga, essa redução de volume não aconteceu na mesma proporção das demais, fato relacionado ao bom estado de conservação da bacia do Rio Itatinga. Essas condições naturais favoráveis propiciam a ampliação da oferta de energia mesmo em tempos de escassez hídrica.

Segundo o painel da Qualidade Ambiental da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (SMA, 2014) a situação da cobertura vegetal nas UGRHI, objeto de estudo deste projeto apresentava a seguinte situação para a vegetação nativa (Quadro 3).

Quadro 3. Situação da vegetação nativa nas UGRIs em 2013.

Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI)	Usina do Projeto Eletromemória II	% Vegetação Nativa
UGRHI 1 - Mantiqueira	PCH Marmelos I	51,1
	PCH Marmelos II	
	PCH Fojo	
	PCH Lavras	
UGRHI 2 - Paraíba do Sul	PCH Isabel	25,8
UGRHI 4 - Pardo	PCH Santa Alice	15
	PCH Rio do Peixe 1	
	PCH Rio do Peixe 2	
UGRHI 5 - Piracicaba-Capivari - Jundiá	PCH Salto Grande	12,5
	PCH Jaguari	
	PCH Carioba	
	PCH Cariobinha	
	PCH Americana	
	PCH Corumbataí	

UGRHI 6 – Alto Tietê	PCH Salesópolis	39,1
	PCH Traição	
	PCH Edgard de Souza	
	PCH Rasgão	
UGRHI 7 – Baixada Santista	PCH Itatinga	63,7
	UHE Henri Borden	
UGRHI 9 – Mogi-Guaçu	PCH Socorro	9,2
	PCH Salto do Pinhal	
	PCH Pinhal	
	PCH Eloy Chaves	
	PCH Capão Preto	
	PCH Porto Góes	
UGRHI 13 – Tietê – Jacaré	PCH Monjolinho	8,0
	PCH Jacaré	
	PCH Gavião Peixoto	
	PCH Três Saltos	
	PCH Chibarro	
	UHE Carlos Botelho	

Fonte: CPLA (SMA), 2014.

Este quadro juntamente com os dados de poluição e usos da terra nos mostra uma situação dramática em relação a capacidade de reservar água destas bacias e dos reservatórios destas usinas. Somente as PCHs cujos reservatórios são abastecidos por drenagens protegidas por Unidades de Conservação tem na bacia uma porcentagem de vegetação nativa acima de 50%. Essa situação necessita de urgente ação das instituições no sentido de preservar a qualidade das águas por meio da proteção da vegetação no entorno dos reservatórios.

5. Considerações finais

O patrimônio natural merece ser considerado na proteção da paisagem, particularmente nos processos de intervenção que a modificam permanentemente. As viagens permitiram a observação *in loco* das condições geocológicas onde foram construídas as usinas, relativas aos solos, biota e componentes climatológicos. Uma usina hidrelétrica é sempre um fator de impacto no meio-ambiente. Observou-se que o impacto inicial foi em geral assimilado na paisagem.

Localizadas quase sempre em locais inicialmente afastados dos centros urbanos, o impacto atual se inverteu, no sentido de que as usinas sofrem para operar com os rios extremamente poluídos de hoje e servem como uma espécie de tanque de decantação de sujeira a montante, melhorando a água a jusante. A degradação das águas pela poluição doméstica e, em menor grau, industrial, acaba gerando um impasse entre seu uso para geração elétrica e como fonte para abastecimento urbano de água. A situação pode variar bastante, desde uma usina em Mata Atlântica, como Itatinga, com água limpa, abundância de flora e fauna silvestres, até casos como a Usina Edgard de Souza, hoje apenas uma barragem para o caudal de garrafas plásticas e outros objetos flutuantes no

Tietê provindos da Região Metropolitana de São Paulo. A fauna ictiológica está severamente ameaçada na maioria das usinas visitadas, apesar de subsistirem fragmentos da cobertura vegetal da mata original, mas num processo preocupante de degradação.

6. Referências

- ANEEL. **Resolução 652/2003**, disponível em <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 15/02/2015.
- CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013** [recurso eletrônico]/CETESB. São Paulo: CETESB, 2014.
- COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO MOGI GUAÇU(CREUPI). **Diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu – UGRHI-09**. São Paulo: CBH-MOGI/CREUPI, 1999.
- COMPANHIA DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS (CPTI). **Plano de Bacias da UGRHI-1 – Mantiqueira**. São Paulo (Relatório Técnico), 2009.
- COOPERATIVA DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS (CPTI). **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê/Jacaré (UGRHI 13)**. Relatórios Técnicos 02. São Paulo: CBH-TJ /FEHIDRO, 2008.
- COPPETEC Plano de Recursos Hídricos para a fase Inicial da cobrança na bacia do Rio Paraíba do Sul: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos. **PGRH-RE-010-R0**, v.1, 243. 2006.
- CPTI – Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais. **Plano de Bacia para a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI 04)** – Revisão para atendimento da Deliberação CRH 62. Relatório Técnico 401/08. São Paulo: CPTI, 2008. 370 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1999.
- FUNDAÇÃO DE APOIO A UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Alto-Tietê (UGRHI-6)** (Relatório Técnico). São Paulo (2011).
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). **Atlas da População do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1991. – Perfil dos Municípios Paulistas.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações dos Municípios Brasileiros**. Dados Demográficos. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 20/09/2013.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, 1981.
- INSTITUTO FLORESTAL (IF). **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar**. São Paulo, 2006.
- PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Anuário Demográfico e Estatístico Municipal. Disponível em: <http://www.saobernardo.sp.gov.br>. Acesso em: 21/09/2013.
- RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2000.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: DG-FFLCH-USP, IPT, FAPESP, 1997.
- SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Meio Ambiente Paulista** [recurso eletrônico]: relatório de qualidade ambiental 2014/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo,

Coordenadoria de Planejamento Ambiental ; Organizadores Edgar Cesar de Barros, Priscila Ferreira Capuano ; Equipe técnica Nádia Gilma Beserra de Lima [et al.]. – 1ª ed. – São Paulo: SMA, 2014.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. Rio de Janeiro, 2005.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: CIBPU, 1966.

SHS CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA (SHS). **Plano de Bacia da UGRHI 5 – Piracicaba – Capivari – Jundiá (Relatório Técnico)**. São Paulo, 2006.

SILVA, Mariana Borin da. **Estudo da influência da poluição difusa na qualidade da água de reservatórios de usinas hidrelétricas**. Monografia apresentada no Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.