PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA



PRODUTO 14: ANÁLISE DA TRANSPOSIÇÃO CAPIVARI-CACHOEIRA

Revisão Final
Agosto 2019

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 2
LISTA DE QUADROS 2
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS 3
APRESENTAÇÃO 5
1. INTRODUÇÃO 6
2. A USINA HIDRELÉTRICA GOV. PEDRO VIRIATO PARIGOT DE SOUZA 7
3. HIDROGRAFIA 12
4. INFORMAÇÕES HISTÓRICAS 15
5. IMPACTOS DO EMPREENDIMENTO NA BACIA LITORÂNEA DO PARANÁ 18
5.1 Impactos sobre o regime de vazões, morfologia e transporte de sedimentos 18
5.2 Impactos sobre a qualidade da água 22
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1– Túnel de acesso à casa de força do aproveitamento Capivari-Cachoeira .. 7
Figura 2.2– Casa de força subterrânea do aproveitamento Capivari-Cachoeira 8
Figura 2.3 – Perfil esquemático do projeto do aproveitamento Capivari-Cachoeira 8
Figura 2.4 – Barragem do aproveitamento Capivari-Cachoeira..... 9
Figura 2.5 – Vista aérea do reservatório, descarregador de fundo, barragem e vertedouro do aproveitamento Capivari-Cachoeira 10
Figura 3.1 - Mapa da Hidrografia e localização da usina..... 13
Figura 4.1 – Linha do tempo das informações históricas do aproveitamento Capivari-Cachoeira 17

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Dados técnicos do aproveitamento Capivari-Cachoeira 10
Quadro 4.1– Descrição dos acontecimentos por ano..... 15

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADEMADAN	Associação de Defesa e Desenvolvimento de Antonina
AEGs	Área Estratégica de Gestão
AMFORP	*American & Foreign Power Company*
APA	Área de Proteção Ambiental
CAD	Contaminantes, Assoreamento e Dragagens
CEHPAR	Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza
CEP	Complexo Estuarino de Paranaguá
CFLP	Companhia Força e Luz do Paraná S.A
COG	Centro de Operação da Geração
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CT	Coliformes Termotolerantes
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado do Paraná
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IET	Índice do Estado Trófico
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LACTEC	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
MPS	Material Particulado em Suspensão
MW	Megawatt
ONG	Organização Não Governamental
PR	Paraná
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SP	São Paulo
TPPF	Terminais Portuários da Ponta do Félix

UFPR	Universidade Federal do Paraná
UHE	Usina Hidrelétrica

APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde ao *Produto 14: Análise da Transposição Capivari – Cachoeira,* o qual tem o objetivo de levantar todo o sistema de transposição atualmente utilizado pela usina hidrelétrica Governador Parigot de Souza, também conhecida como Usina Capivari-Cachoeira, sendo identificados os aspectos pertinentes ao plano da bacia, relativo ao Contrato celebrado entre o AGUASPARANÁ e a Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE).

O Termo de Referência, parte integrante do contrato, estabelece os seguintes produtos a serem desenvolvidos:

- *Produto 00: Plano de Trabalho Revisado;*
- *Produto 01: Caracterização Geral;*
- *Produto 02: Disponibilidades Hídricas e Definição das AEGs;*
- *Produto 03: Demandas;*
- *Produto 04: Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo;*
- *Produto 05: Diagnóstico do Uso e Ocupação da Terra;*
- *Produto 06: Eventos Críticos;*
- *Produto 07: Cenários;*
- *Produto 08: Proposta de Enquadramento*;
- *Produto 09: Programa para Efetivação do Enquadramento;*
- *Produto 10: Rede de Monitoramento;*
- *Produto 11: Prioridades para Outorga;*
- *Produto 12: Diretrizes Institucionais;*
- *Produto 13: Indicadores de Avaliação do Plano de Bacia;*
- *Produto 14: Análise da Transposição Capivari – Cachoeira;*
- *Produto 15: Cobrança pelo Direito de Uso;*
- *Produto 16: Programas de Intervenções;*
- *Relatório sobre a Consulta Pública;*
- *Relatório Final;*
- *Relatório Executivo.*

1. INTRODUÇÃO

Desde o ano de 1970 ocorre a operação da Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza, também conhecida como Usina Capivari-Cachoeira, pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL. A obra tem uma função importante dentro do sistema energético do Estado e foi a maior obra de geração de energia do Paraná na época em que foi construída.

A usina utiliza uma parte das vazões do Rio Capivari, no município de Campina Grande do Sul, no Primeiro Planalto do Paraná, para gerar energia na usina localizada em uma caverna escavada na base da Serra do Mar na bacia litorânea. A geração de energia se realiza graças a uma transposição de vazões que ocorre por meio de um túnel escavado no maciço rochoso da Serra do Mar, o qual descarrega as vazões, após a passagem pela usina, no Rio Cachoeira, cuja foz é na Baía de Antonina.

Após a realização desta breve introdução (*Capítulo 1*), o *Capítulo 2* descreve as informações técnicas da Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot. Posteriormente, no *Capítulo 3* é feita uma análise da hidrografia, citando seus principais afluentes e demais informações.

No *Capítulo 4* são reunidas informações históricas referentes à Usina, e na sequência são sintetizados os principais estudos de impactos resultantes da implantação da obra, mais especificamente em relação aos recursos hídricos da Bacia Litorânea. Cabe destacar que não serão abordados impactos que eventualmente tenham ocorrido ou estejam ocorrendo na região do Planalto.

Posteriormente, no *Capítulo 6*, são expostas as considerações finais do presente relatório e na sequência apresentadas as referências bibliográficas.

2. A USINA HIDRELÉTRICA GOV. PEDRO VIRIATO PARIGOT DE SOUZA

A Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza – UHE GPS – possui a potência instalada de 260 MW, e está situada no município de Antonina. Seu reservatório está localizado no Primeiro Planalto paranaense, com acesso ao reservatório e barragem pela Rodovia BR-116, no município de Campina Grande do Sul, a 50 km de Curitiba. A usina fica na base da Serra do Mar, com acesso pela PR-340, aproximadamente 30 km de Antonina.

A UHE GPS entrou em operação em outubro de 1970, tendo sido inaugurada oficialmente em 26 de janeiro de 1971, quando entrou em operação comercial. Ela é a maior central hidrelétrica subterrânea do sul do país.

A usina, inicialmente conhecida como Capivari-Cachoeira, recebeu seu nome oficial em homenagem ao Professor e Governador Pedro Viriato Parigot de Souza, que liderou o Paraná entre 1971 e 1973 e foi, também, presidente da Copel.

Para a construção da UHE GPS foram represadas as águas do rio Capivari, localizado no planalto, a 830 metros acima do nível do mar. Este represamento foi possível pela construção de uma barragem de terra de 58 m de altura e 370 m de comprimento. Da barragem, as águas são desviadas para o rio Cachoeira, no litoral, obtendo-se um desnível de aproximadamente 740 metros, sendo as águas conduzidas por um túnel subterrâneo de 15,4 km que atravessa o maciço rochoso da Serra do Mar.

Figura 2.1– Túnel de acesso à casa de força do aproveitamento Capivari-Cachoeira



FONTE: COPEL (s.d.a).

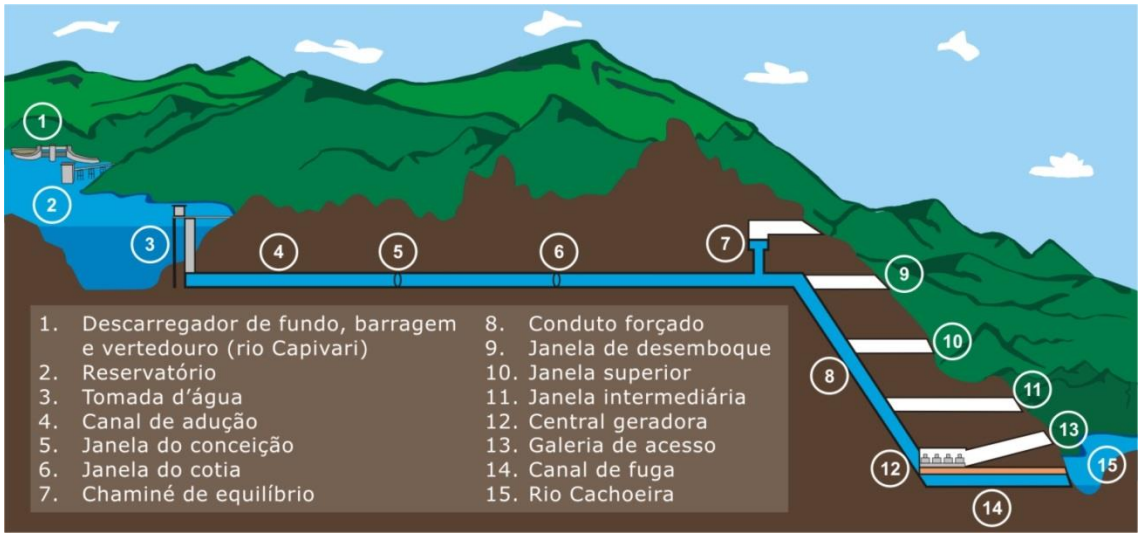
Figura 2.2– Casa de força subterrânea do aproveitamento Capivari-Cachoeira



FONTE: COPEL (s.d.a).

No sopé da montanha, três grandes cavernas foram escavadas na rocha, compondo a central subterrânea. Na sala de máquinas, quatro geradores totalizando 260 MW de potência garantem ao Paraná uma produção anual de 900 milhões de kWh. (COPEL, s.d.a).

Figura 2.3 – Perfil esquemático do projeto do aproveitamento Capivari-Cachoeira



FONTE: COPEL (s.d.a).

O reservatório é formado pelas águas do rio Capivari, localizado na porção central do Primeiro Planalto Paranaense ou de Curitiba, entre os municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul.

O barramento está localizado no trecho médio do rio Capivari e o reservatório encontra-se a 60 km da sua foz, na cota 785 m, cujo volume de 179 milhões de m^3 de água inundou 16,28 km^2 (COPEL, s.d.a).

A barragem é formada por um maciço homogêneo de material argilo-siltoso, com um volume de 1.300.000 m^3. A face de montante da barragem é protegida por enrocamento e os taludes à jusante receberam gramados. As obras de descarga compreendem o descarregador de fundo e o vertedouro, ambos localizados na ombreira da margem direita. O descarregador de fundo é formado por duas comportas setor de 2,5 x 4,45 m e duas comportas de guarda do tipo vagão, que permitem o acesso às comportas setor para manutenção e observação.

Figura 2.4 – Barragem do aproveitamento Capivari-Cachoeira



FONTE: COPEL (s.d.a).

O vertedouro apresenta duas comportas setor de 10 x 8 m, e descarrega as águas em um sistema de “salto de esqui”, diretamente sobre o leito antigo do rio Capivari. No rio Capivari e nos seus afluentes foi coletada areia, que foi usada na base da barragem, assim como no enrocamento, a montante e a jusante, foram utilizadas rochas das escavações do túnel de adução, cujo emboque está localizado a 3 km do local da barragem (Pinto, s.d.a).

Depois de passar pelas turbinas, a água é conduzida pelo canal de fuga com 2.230 m de comprimento, a maior parte subterrânea, e nos últimos 500 m a céu aberto, até ser enfim despejada na margem direita do Rio Cachoeira, que nasce na mesma Serra do Mar, mas em sua vertente litorânea, e que deságua na Baía de Antonina, ligada ao oceano pela Baía de Paranaguá.

Figura 2.5 – Vista aérea do reservatório, descarregador de fundo, barragem e vertedouro do aproveitamento Capivari-Cachoeira



FONTE: COPEL (s.d.a).

No Quadro 2.1 a seguir constam os principais dados técnicos do aproveitamento Capivari-Cachoeira.

Quadro 2.1 – Dados técnicos do aproveitamento Capivari-Cachoeira

Hidrologia e Meteorologia		**Volumes realizados**	
Área de Drenagem	945 km²	Escavação subterrânea	630.000 m³
Vazões características:		Concreto	140.000 m³
- Média mensal máxima	73,6 m³/s (jan/95)	Barragem de terra	1.200.000 m³
- Média mensal mínima	7,0 m³/s (jun/86)	**Casa de força subterrânea**	
- Média de longo tempo	19 m³/s	Extensão	82,6 m
- Máxima de projeto	1.014 m³/s	Largura	14,7 m
Precipitação média anual	1.364,6 mm	Turbinas Pelton	4 unidades
Temperatura média anual	19° C	- Rotação	514 rpm
Temperatura máxima e mínima	33,9 e -6° C	- Potência unitária	72,6 MW
Usina - obra principal		Geradores	4 unidades
Potência instalada	260 MW	- Potência unitária	65 MW
Produção média anual	950.000 MWh	- Tensão de geração	13,8 kV

Hidrologia e Meteorologia		Volumes realizados	
Reservatório		Transformadores trifásicos	4 unidades
Área inundada	16,28 km²	- Potência unitária	70 MVA
Volume de água do reservatório	179.000.000 m³	Pontes rolantes - casa de máquinas	2 unidades
Cota máxima operacional	845 m	- Capacidade máxima unitária	50/10 t
Cota máxima maximorum	845,5 m	Ponte rolante na sala de válvulas	1 unidade
Cota mínima operacional	822 m	- Capacidade máxima unitária	25/5 t
Vertedouro		**Canal de adução subterrâneo**	
Descarga máxima dos vertedouros:		Diâmetro	5,3 m
- Vertedouro	750 m³/s	Comprimento	15,4 km
- Número de comportas radiais	2 unidades	**Conduto forçado**	
- Descarregador de fundo	259 m³/s	Diâmetro	3 m
- Número de comportas	2 unidades	Comprimento	1,1 km
Total	1.000 m³/s	Velocidade da água	426 km/h
Tomada d'água		Queda bruta normal	754 m
Número de comportas vagão	2 unidades	**Subestação**	
Dimensões	4,75 x 5,4 m	Tipo	Convencional
Barragem de enrocamento e terra		Tensão	230 kV
Altura máxima	50 m	Número de disjuntores	9 unidades
Comprimento da crista	350 m		

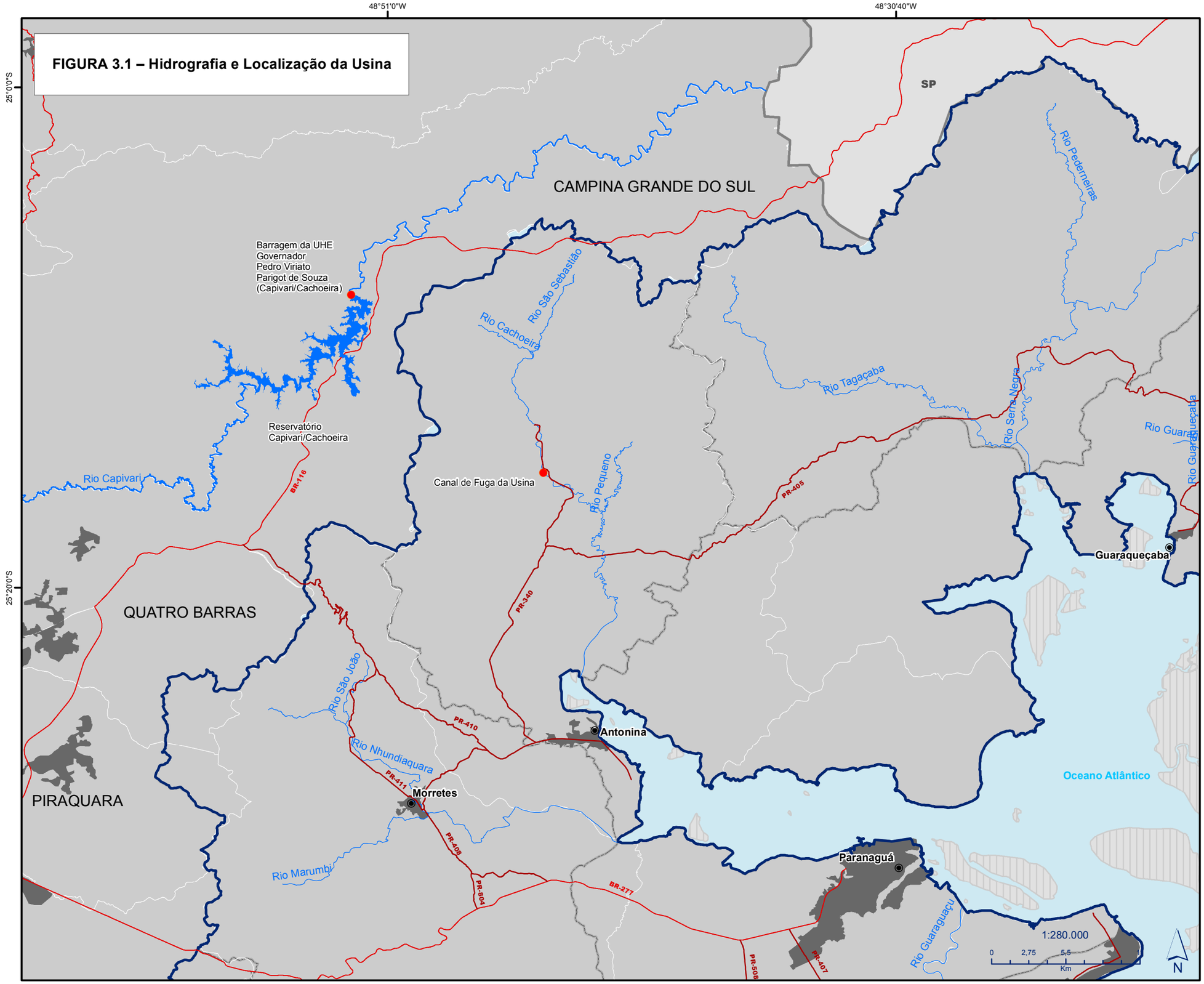
FONTE: COPEL (s.d.a).

3. HIDROGRAFIA

O rio Capivari, embora situado no Primeiro Planalto Paranaense, leste do Estado do Paraná, localiza-se bem próximo ao limite da Serra do Mar. Ele nasce junto à Serra de Santana, noroeste do município de Bocaiúva do Sul, segue na direção leste, onde neste trecho faz divisa entre Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul até a sua foz, onde se junta ao rio Pardinho e forma o rio Pardo, divisa entre os Estados do Paraná e São Paulo.

O mapa a seguir (Figura 3.1) mostra a localização da barragem, reservatório e ponto do lançamento das vazões do canal de fuga da usina no Rio Cachoeira, assim como os principais rios da região.

FIGURA 3.1 – Hidrografia e Localização da Usina



Legenda

- Localização do Canal de Fuga da Usina
- Barragem da UHE Governador Pedro Viriato Parigot de Souza (Capivari/Cachoeira)

FONTE: AGUASPARANÁ (2018), ANEEL (2017).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Hidrografia Principal
- Áreas Estratégicas de Gestão (AEG)
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Limite Municipal
- Limite Estadual
- Rodovias
- Reservatórios
- Áreas Urbanas
- Ilhas

Datum: SIRGAS 2000.

AGUASPARANÁ Instituto das Águas do Paraná

cobrape

O Capivari é o principal afluente da margem esquerda do rio Pardo em território paranaense, estando sua foz localizada 60 km a montante da confluência do rio Pardo com o rio Ribeira do Iguape, portanto, ele faz parte da bacia hidrográfica do rio Ribeira do Iguape.

Na margem direita do rio Capivari localiza-se a Serra do Mar com rios de alta declividade, mas curtos e com corredeiras, e na margem esquerda seus afluentes apresentam menores declividades, mas maiores volumes de água.

A bacia do rio Capivari está localizada entre Curitiba e a divisa dos Estados do Paraná e São Paulo, e abrange terras dos municípios de Colombo, Quatro Barras, Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul, todos pertencentes à Região Metropolitana de Curitiba.

Esta bacia apresenta 72 km de comprimento e uma área de drenagem de 1.249 km^2, e o rio tem 153 km de comprimento, considerado de médio porte, e apresenta um desnível total de aproximadamente 680 m, sendo de 960 m de altitude nas cabeceiras e de 280 m na foz.

Seus principais afluentes são os rios Tapera (formado pelo rio Marrecas e o ribeirão da Conceição Santana) e o rio Taquari. À jusante da barragem, o rio Capivari apresenta vários trechos secos, e à medida que avança em direção à sua foz recebe a contribuição de vários córregos e apresenta diversas quedas naturais.

Na região da casa de força, na planície litorânea, o relevo é bastante acidentado nas encostas da Serra do Mar, e nas planícies ele vai de plano a ondulado. Nesta área encontram-se as maiores precipitações pluviométricas do Estado, podendo chegar a aproximadamente 3.600 mm anuais. A cobertura florestal nativa é formada de Floresta Atlântica com presença de Floresta com Araucária, ocupa 54,20% da área da microrregião, e representa 9,8% do total de floresta nativa do Estado.

4. INFORMAÇÕES HISTÓRICAS

O progresso econômico por meio da eletrificação foi um bordão repetido pelo mundo afora nas primeiras décadas do século XX, e teve uma especial repercussão no Estado do Paraná, justamente em função de seus numerosos pontos de possível aproveitamento hidrelétrico, algum dos quais de grande porte. A estratégia se concretizaria mais tarde, na segunda metade do século, com usinas de grande porte construídas no Rio Iguaçu, Paranapanema e com a mais possante usina brasileira e do continente, Itaipu, no Rio Paraná.

No caso da Serra do Mar, e da possibilidade de transposição de vazões para o litoral, a ideia do sistema Capivari–Cachoeira veio à luz logo depois das grandes obras similares feitas pela Companhia Light em São Paulo e no Rio de Janeiro.

As frequentes interrupções no fornecimento de energia elétrica baseada na termeletricidade, e a falta de investimento da empresa de eletricidade que atuava em Curitiba, foram motivos que levaram à realização de estudos em 1913, visando definir um projeto para a construção de uma usina no Salto do Inferno, localizado no rio Capivari, nas proximidades de Curitiba. Os mesmos motivos também levaram as indústrias instaladas no Estado a construírem suas próprias usinas.

Em 1948, mesmo ano em que se criou o Departamento de Águas e Energia Elétrica, embrião da empresa estadual Copel, já aparecia na mensagem do então governador Moyses Lupion: “Para suprir as deficiências de energia elétrica do primeiro sistema, pretende o Estado aproveitar o centro hidroelétrico das bacias Capivari-Cachoeira com potência instalada superior a 250.000 H.P. no município de Antonina” (*apud* Arruda, 2008).

Vinte e dois anos depois, no final de 1970, essa pretensão tornou-se realidade: com mais de 250 MW, era a usina mais possante do Estado, e a garantidora de eletricidade para a capital Curitiba, que havia passado, durante décadas, pelas agruras do fornecimento irregular e dos vários “apagões” na época da concessionária Companhia Força e Luz do Paraná S.A. - CFLP, do grupo norte-americano *American & Foreign Power Company* - AMFORP.

Quadro 4.1– Descrição dos acontecimentos por ano

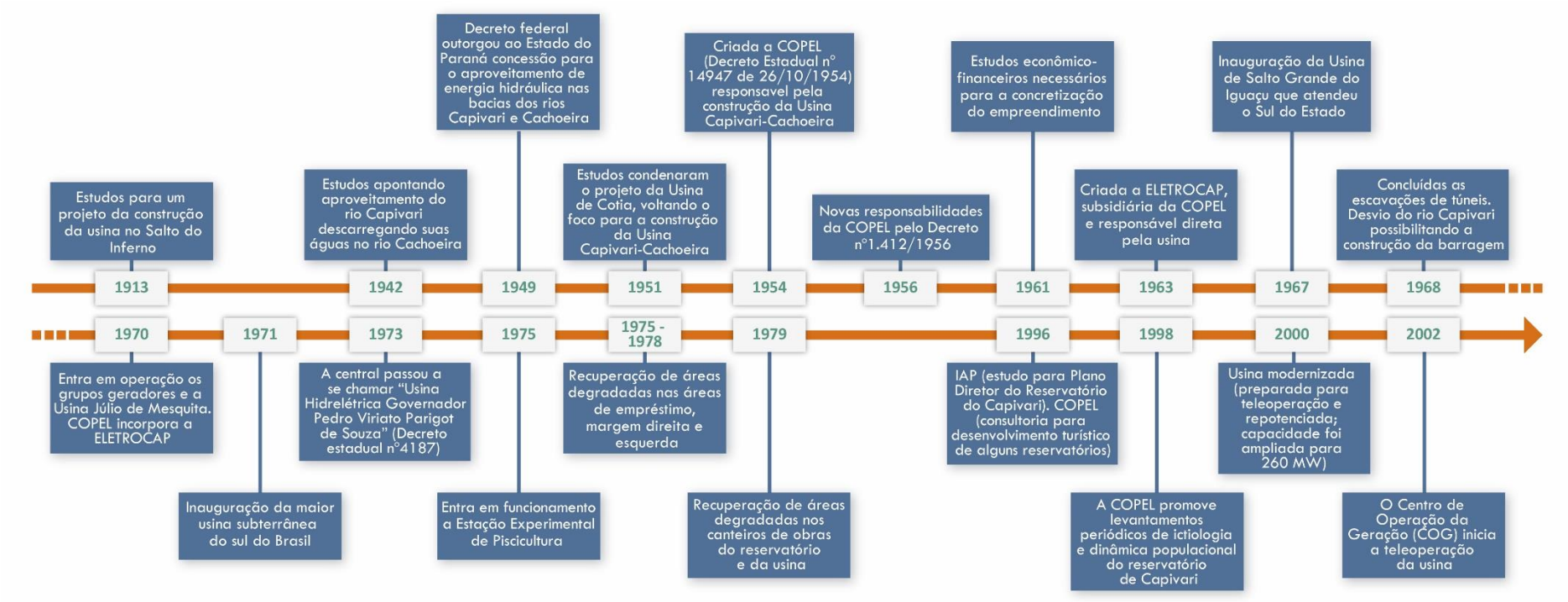
Ano	Acontecimento
1913	Estudos visando definir um projeto para a construção da usina no Salto do Inferno, no rio Capivari.
1942	Novos estudos determinaram que o rio Capivari poderia ser aproveitado descarregando suas águas no rio Cachoeira.
1949	Decreto federal outorgou ao Estado do Paraná concessão para o aproveitamento progressivo de energia hidráulica nas bacias dos rios Capivari e Cachoeira, e neste mesmo ano foi assinado o contrato para a construção da Usina de Cotia.
1951	Os estudos de uma comissão técnica condenaram o projeto da Usina de Cotia (já iniciado), fato que desviou o foco para a construção da Usina Capivari-Cachoeira.
1954	Criada a COPEL, através do Decreto Estadual no14947 de 26/10/1954, no governo de Bento Munhoz da Rocha Netto, ficando sob sua responsabilidade a construção da Usina Capivari-Cachoeira (até então de responsabilidade do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado do Paraná - DAEE).

Ano	Acontecimento
1956	A COPEL incorporou, através do decreto no 1.412/1956, os bens, serviços e obras em poder de vários órgãos e ficou responsável pela construção dos grandes sistemas de integração energética e dos empreendimentos hidrelétricos previstos no Plano de Eletrificação do Paraná.
1961	Através do pedido do então presidente da COPEL, prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, foram iniciados os estudos econômico-financeiros necessários para a concretização do empreendimento.
1963	Criada a ELETROCAP, subsidiária da COPEL e responsável direta pela usina. Parte das obras civis estava sendo executada pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento. Início de operação da Usina Termelétrica de Figueira (20 MW) no norte pioneiro, viabilizando os sistemas de interligação das regiões norte e centro, e a implantação do Plano Estadual de Eletrificação.
1967	Inauguração da Usina de Salto Grande do Iguaçu (15,6 MW) que atendeu o Sul do Estado.
1968	Concluídas as escavações dos 22 km de túneis, o rio Capivari foi desviado para possibilitar a construção da barragem.
1970	Em outubro entra em operação o primeiro grupo gerador, e em dezembro o segundo. No fim do ano a COPEL incorporou a ELETROCAP. Entrada em operação da Usina Júlio de Mesquita Filho (44 MW), para atender ao sudoeste e oeste do Estado.
1971	Em 26/01 foi inaugurada oficialmente, pelo Presidente Médici, a maior usina subterrânea do sul do Brasil. Atendeu a região leste do Estado, inclusive a capital e a RMC. Nos meses de junho e agosto entraram em operação a terceira e a quarta unidades geradoras, totalizando 252 MW.
1973	Em 21/08, através do decreto estadual no 4187, a central passou a denominar-se “Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza”, em homenagem ao renomado professor da UFPR que também foi governador do Estado e diretor presidente da COPEL.
1975	Entra em funcionamento a Estação Experimental de Piscicultura
1975 a 1978	Recuperação de áreas degradadas nas áreas de empréstimo, margem direita e esquerda, cujo solo deu origem à barragem de terra. A metodologia usada foi a hidrossemeadura de gramíneas consorciada com espécies florestais (produziu uma dissertação de mestrado).
1979	Recuperação de áreas degradadas nos canteiros de obras do reservatório e da usina (áreas remanescentes), mediante reflorestamento de espécies nativas e exóticas.
1996	O IAP encomendou um estudo para definir um Plano Diretor para o Reservatório do Capivari, com o objetivo de implantar futuramente o Parque Ambiental do Capivari, e a COPEL encomendou consultoria para analisar as oportunidades de desenvolvimento turístico de alguns reservatórios, entre eles, o do Capivari.
1998	A COPEL passou a promover levantamentos periódicos de ictiologia e dinâmica populacional do reservatório de Capivari para diagnosticar e orientar ações de manejo pesqueiro.
2000	A usina foi modernizada, preparada para teleoperação e repotenciada, cuja capacidade foi ampliada para 260 MW.
2002	O Centro de Operação da Geração (COG), localizado em Curitiba, inicia a teleoperação da usina.

FONTE: Adaptado de COPEL (2000).

O desenho a seguir (Figura 4.1) mostra a “linha do tempo” das principais informações históricas do Sistema Capivari – Cachoeira.

Figura 4.1 – Linha do tempo das informações históricas do aproveitamento Capivari-Cachoeira



5. IMPACTOS DO EMPREENDIMENTO NA BACIA LITORÂNEA DO PARANÁ

5.1 Impactos sobre o regime de vazões, morfologia e transporte de sedimentos

Ao norte da planície litorânea paranaense está localizada a Baía de Paranaguá, que abrange uma área de 601 km^2. Geograficamente ela é considerada uma baía, mas oceanograficamente é um estuário, e por isso é também conhecida como Complexo Estuarino de Paranaguá - CEP, pois nela deságuam diversos rios que formam estuários menores, como a Baía de Antonina, na qual deságuam os rios Nhundiaquara e Cachoeira.

A Baía de Paranaguá é dividida em outras baías menores, como a Baía de Antonina e Paranaguá propriamente dita, no eixo leste-oeste, e as baías das Laranjeiras, de Guaratuba e Pinheiros, no eixo norte-sul. O CEP faz parte do Complexo Estuarino Iguape-Cananéia-Paranaguá. O CEP também abriga dois portos, o de Paranaguá e o de Antonina.

Segundo Kalinowski (2011) e Sevá Filho e Kalinowski (2012), um problema intrínseco da transposição é a vazão acrescida ao Rio Cachoeira e ao estuário na Baía de Antonina. De acordo com os autores, ocorre uma desproporção entre as dimensões da obra e as dimensões do rio, constatada na parte alta do sistema, mas que também se verificaria na parte baixa: "... o Rio Cachoeira, com uma vazão histórica média de 22 m^3/s, passou a receber, depois de 1970, a água turbinada pela usina, um acréscimo que pode chegar, quando todas as turbinas da usina estão operando no seu limite máximo, a quase o dobro de sua vazão natural".

Segundo os autores, a correnteza mais volumosa forçou o alargamento da antiga calha, erodindo as margens. Além da variação sazonal de sua vazão natural, se somaria ainda a variação operacional (ou seja, determinada por critérios comerciais, de venda de energia), da vazão turbinada que é descarregada no Rio Cachoeira a partir do canal de fuga da UHE GPS.

A descarga da água turbinada é feita a uma distância não muito grande do baixo rio e seu estuário. Segundo os mesmos autores, o assoreamento do seu leito e a erosão das margens estão provocando o assoreamento progressivo da Baía de Antonina, com o surgimento de bancos de areia e até de novas ilhas. Esse problema prejudicaria o movimento de embarcações por causa da diminuição da profundidade dos canais.

Após turbinadas, as águas do rio Capivari são despejadas no rio Cachoeira através do canal de fuga da usina. Este rio é um dos principais do litoral paranaense, cujas águas deságuam na Baía de Antonina. Segundo dados obtidos no DNAEE (Kalinowski, 2011), a vazão média do rio Cachoeira registrada entre os anos de 1931 e 1966, portanto antes da construção da usina Capivari-Cachoeira era de 21,7 m³/s, e a vazão média do rio Capivari, conforme dados da COPEL referentes ao período de 1931 a 1992, era de 17 m³/s.

Portanto, segundo a mesma autora, presume-se que a vazão média do rio Cachoeira nas localidades de Mergulhão e Porto Limoeiro seja em torno de 39 m³/s, isto é, quase o dobro da vazão do rio antes da construção da usina. O acréscimo de vazão,

juntamente com a variação dos níveis de descarga, causa problemas em relação à mudança do curso do rio Cachoeira a jusante, alterações da vegetação ripária, assim como o aumento da capacidade de transporte de sedimentos em direção à Baía de Antonina (Lambertucci, 1996 *apud* Kalinowski, 2011).

Outros números foram obtidos para a vazão no rio Cachoeira: considerando a média da vazão obtida através de registros de 20 anos de medições no rio Cachoeira, obteve-se uma vazão de 21,13 m³/s (Bigarella et al *apud* Odreski, 2002), dados estes obtidos antes da inauguração da usina Capivari em janeiro de 1971.

O aporte médio de água doce do rio Cachoeira durante os meses de verão foi de 46,46 m³/s, e nos meses de inverno foi de 16,45 m³/s, cuja média resultou em 31,45 m³/s (Mantovanelli *apud* Odreski, 2002).

Comparando-se a média da vazão do rio Cachoeira nos 20 anos anteriores à instalação da usina, e a média posterior a ela, verifica-se um acréscimo de 10,32 m³/s na vazão do rio[1]

O aumento de vazão do rio Cachoeira, principal fornecedor de água doce e de material particulado em suspensão para o Complexo Estuarino de Paranaguá[2] (Mantovanelli *apud* Odreski, 2002), pode ter causado o aumento da capacidade de transporte de sedimentos do rio Cachoeira para a Baía de Antonina.

O programa CAD[3] estudou a interferência da usina Capivari-Cachoeira no rio Cachoeira e na Baía de Antonina. Na 1ª fase (março a agosto de 2005), foram realizadas simulações através de modelagem matemática para verificar os impactos causados pela transposição do rio Capivari para o rio Cachoeira, onde foram considerados 3 cenários: o rio Cachoeira sem a interferência do canal de fuga da usina (antes da década de 1970); o rio Cachoeira recebendo a água do rio Capivari através do canal de fuga, e o rio Cachoeira acrescido de chuvas intensas (chuvas de verão na Serra do Mar).

As conclusões obtidas através das simulações demonstraram que o cenário das fortes chuvas se equiparou ao cenário da transposição das águas do rio Capivari no rio Cachoeira, fazendo com que a vazão do rio Cachoeira aumentasse em 50% a sua capacidade de transportar sedimentos para a Baía de Antonina, porém durante o ano todo e não somente no período de chuvas.

Segundo o mesmo estudo, que analisou dois cenários de comparação, com e sem a operação da UHE GPS, o canal de fuga simularia, no rio Cachoeira, e este na Baía de Antonina, o mesmo impacto que as chuvas mais intensas causariam no verão, mas o

[1] Segundo Kalinowski (2011), esta vazão é aproximadamente a utilizada em uma das turbinas da usina, fato este que pode ter levado a COPEL a fazer um estudo em 2002 visando à possibilidade de instalação de uma PCH no canal de fuga da usina Capivari-Cachoeira.

[2] Embora o Complexo Estuarino Iguape - Cananéia (SP) esteja conectado ao Complexo Estuarino de Paranaguá (PR) por meio de um canal artificial (canal do Varadouro), o complexo paulista constitui um sistema independente. Nos últimos anos, o assoreamento da Baía de Antonina tem chamado a atenção da população local, de pesquisadores e de empresas, como a dos Terminais Portuários da Ponta do Félix - TPPF, que decidiram estudar as causas deste problema através do Programa Contaminantes, Assoreamento e Dragagens - CAD, desenvolvido pelo Sistema de Gestão Ambiental da empresa TPPF, e coordenado pela ONG Associação de Defesa e Desenvolvimento de Antonina - ADEMADAN.

[3] Programa Contaminantes, Assoreamento e Dragagens - CAD, desenvolvido pelo Sistema de Gestão Ambiental da empresa TPPF, e coordenado pela ONG Associação de Defesa e Desenvolvimento de Antonina - ADEMADAN

acréscimo de vazões ocorre durante todo o ano, acelerando o assoreamento da baía e dos berços dos Terminais Portuários da Ponta do Félix, cuja acionista é a COPEL, também proprietária da usina e responsável pela transposição das águas do rio Capivari para o rio Cachoeira. Por esta razão a Coordenação de Meio Ambiente da COPEL decidiu estudar o problema (Boldrini, 2007 *apud* Kalinowski, 2011).

Sendo assim, a COPEL contratou o LACTEC para analisar a influência da usina na aceleração do processo de assoreamento observado nos últimos anos na Baía de Antonina. Foram realizadas três modelagens distintas e em todas as modelagens foram consideradas as situações de existência ou não das vazões turbinadas da usina desaguando no rio Cachoeira.

As simulações realizadas neste estudo mostraram: que os rios Cachoeira, Nhundiaquara e Sagrado são os principais responsáveis pelos sedimentos depositados ao longo da baía; que os sedimentos depositados pelo rio Cachoeira localizam-se na região de desemboque dos rios Cachoeira e Cacatu, e no entorno da Ilha do Corisco, localizados no estuário acima da Ponta da Graciosa.

Além disso, as simulações mostraram que a deposição de sedimentos na Baía de Antonina provenientes dos rios Nhundiaquara e Sagrado é uma das tendências, e também que estes sedimentos são provenientes de bacias mais antropizadas, como as dos rios Sagrado, Nhundiaquara e Cachoeira (LACTEC/CEHPAR, 2008).

De acordo com Bandeira (2007), o assoreamento da Baía de Antonina tem causado diversos impactos à região, como a alteração da paisagem devido ao aparecimento de baixios e de ilhas, prejuízo à operação portuária, pois reduz a profundidade do canal de acesso para navios de grande porte, necessitando de frequentes dragagens, que, por sua vez, também causam impactos socioambientais, além de afetar o complexo estuarino da baía devido à grande quantidade de sedimentos que para lá são transportados.

Ainda, segundo a autora, como o rio Cachoeira apresenta uma profundidade inferior à do canal de fuga, grande quantidade de seixos se concentra no centro do leito do rio Cachoeira, fazendo com que a água do canal de fuga corra pelas laterais, causando erosão nas margens e a formação de ilhas, com consequente desvio do curso natural do rio. De acordo com Kalinowski (2011) a bacia do rio Cachoeira é a principal bacia de drenagem da Baía de Antonina, portanto o aumento da vazão do rio Cachoeira e de erosão nas suas margens contribui para o aumento do transporte de sedimentos, e consequentemente, para o seu próprio assoreamento e o da Baía de Antonina.

Após medições de vazão e Material Particulado em Suspensão - MPS, efetuadas no inverno de 1997 e no verão de 1998, Mantovanelli (1999) concluiu que o rio Cachoeira constituiu o principal aporte de água e de MPS para a Baía de Paranaguá [e consequentemente para a Baía de Antonina], principalmente no inverno, quando este rio contribuiu com 88% da carga de MPS.

Estudo feito por Odreski *et al.* (2003), comparando levantamentos batimétricos da Baía de Antonina no período entre 1901 e 1979, evidenciou um volume de sedimentos de

cerca de 60 x 10^6 m^3, o que caracterizou uma taxa de sedimentação de 2,6 cm/ano para a Baía de Antonina.

Segundo o estudo, a localização da Baía de Antonina apresenta tendência natural de assoreamento, porém a interligação das bacias hidrográficas dos rios Capivari e Cachoeira com a construção da usina Capivari, o desmatamento dos rios que deságuam na baía, a dragagem e o despejo de material dragado parece ter acelerado o processo de assoreamento da Baía de Antonina.

A cabeceira da Baía de Antonina foi o local de maior taxa de deposição, onde em 1901 apresentou profundidades de até 6 m, e em 1979 este setor não passou de 1 m. Segundo os autores, "A construção de uma usina hidrelétrica na década de 70 promoveu interligação da Bacia Hidrográfica do rio Capivari ao rio Cachoeira, incrementando em 50% sua vazão. Devido à relação direta da vazão x capacidade de carga do rio, este fato pode ter contribuído para o assoreamento da Baía de Antonina, visto que a região da foz do rio Cachoeira apresentou diferenças de até 5 m entre os levantamentos comparados".

Ao analisar a foz do rio Cachoeira através de fotos aéreas, Branco (2004) detectou modificações morfológicas nesta área, quando comparou as fotos dos anos de 1952, 1980 e 2001, onde verificou que em 1952, portanto antes do início de operação da usina Capivari-Cachoeira (que começou a operar em 1970), o rio Cachoeira apresentava muitos bancos arenosos e indícios de assoreamento nas regiões próximas a sua foz, o que não mais ocorreu nos anos de 1980 e 2001 (quando a usina já estava operando), devido a maior capacidade de transporte de sedimentos do rio. Este fato pode ser justificado pelo aumento da vazão do rio Cachoeira, provocado pela transposição das suas águas através do canal de fuga da usina, que foi responsável pelo aumento da capacidade do transporte de sedimentos.

Para Lambertucci (1996), o aporte de sedimentos na Baía de Antonina é causado pelo desmatamento crescente causado pela agricultura e pela pecuária, principalmente pelos grandes criadores de búfalos, apesar desta região fazer parte da APA Guaraqueçaba, mas também pela degradação ambiental provocada pela instalação e funcionamento da usina, e pelo aumento populacional nos seus arredores, ao longo das vias de acesso e nas proximidades das margens do rio Cachoeira.

Assis (2011) analisou a dinâmica fluvial do rio Cachoeira, a partir de dados morfométricos e morfológicos, considerando os anos de 1954, 1980, 1996 e 2005. Utilizou-se de materiais cartográficos como cartas topográficas, fotografias aéreas dos anos de 1954, 1980 e 1996 e imagens de satélite do ano de 2005. Também foi utilizado o banco de dados do Programa CAD (Contaminantes, Assoreamento e Dragagens no estuário de Paranaguá/PR). Foram elaborados mosaicos a partir das fotografias aéreas e imagens de satélite dos quatro anos citados. O rio Cachoeira foi segmentado em duas partes (planície e serra), para que as informações obtidas pudessem ser comparadas. Três tipos de feições fluviais (meandro abandonado, barra de pontal e ilha fluvial) foram considerados.

Segundo Assis (2011), a divisão geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Cachoeira ajudou a entender algumas das alterações presentes nos segmentos do rio. O

segmento planície está totalmente inserido na planície aluvial, e tem seu canal com uma morfologia do tipo meandrante, promovendo um trabalho contínuo de escavação da margem côncava e de deposição na margem convexa, causando assim o deslocamento das curvas meândricas. Segundo a autora, isso explica a grande ocorrência de meandros abandonados e barras de pontal. Esta também é uma área onde os processos de transporte e sedimentação são intensos, o que facilita a formação de pequenas ilhas fluviais e sua breve extinção. Já o segmento serra está localizado totalmente em área de serra, com altas declividades e com forte atuação do processo de erosão.

Ainda segundo Assis (2011), os tipos de cobertura e uso da terra encontrados ao longo do rio Cachoeira se modificam segundo a declividade. O segmento planície, por ter baixa declividade, tem grande parte do seu trecho ocupado por agricultura em seu entorno, o que pode causar alterações na morfologia do rio, principalmente quando as plantações estão localizadas em áreas de preservação permanente. O segmento serra, localizado em um trecho de alta declividade, dificulta a presença de agricultura, facilita a preservação da floresta nativa (Floresta Atlântica), e consequentemente diminui as alterações ao longo do canal.

Após analisar cada uma das variáveis e as modificações ocorridas nas mesmas, Assis (2011) observou que o período temporal no qual ocorreu grande parte das modificações no segmento planície foi o de 1980 a 1996 para as variáveis morfométricas e de 1996 a 2005 para as variáveis morfológicas. No segmento serra o período de 1996 a 2005 é o que teve maior alteração, tanto nas variáveis morfométricas como nas variáveis morfológicas. Vale ressaltar que o segmento planície teve alterações bem mais significativas que o segmento serra.

Assis (2011) aborda a questão da presença do canal fuga da Usina Hidroelétrica Parigot de Souza no segmento planície. Ele está localizado no trecho a montante do segmento, fazendo com que grande parte do mesmo esteja sob influência do canal de fuga. As águas provenientes deste canal são escoadas para o rio Cachoeira, aumentando assim sua vazão e por consequência sua capacidade de transporte de sedimentos.

5.2 Impactos sobre a qualidade da água

Com o objetivo de avaliar a hipótese de alteração da qualidade da água transferida do reservatório da usina para o canal de fuga e na sequência ao Rio Cachoeira, foram analisados os dados de 58 coletas de monitoramento realizadas pela COPEL entre 2003 e 2018 para 36 parâmetros de qualidade da água em dois pontos distintos do reservatório: um dentro do canal de fuga (E3) e outro a jusante (E4), no Rio Cachoeira.

O ponto E3 tem nesse período sua classificação de acordo com o definido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 oscilando entre 1 e 3, sendo que em 63% do tempo ele é compatível com a Classe 1, 22% com a Classe 2 e 14% do tempo com a Classe 3. Os parâmetros que mais passaram do limite da Classe 1 foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Termotolerantes (CT), sendo que tal fato ocorreu no período inicial para a DBO e para os últimos três anos para CT. Esses parâmetros normalmente estão associados à poluição por efluentes domésticos.

No que se refere ao Índice de Qualidade das Águas (IQA), utilizado normalmente para avaliação de águas a serem destinadas ao abastecimento público, que não é o caso da finalidade do reservatório, têm-se 47 coletas compatível com a faixa Ótima e 10 na faixa Boa, sendo que em uma coleta o IQA não foi calculado.

O Índice do Estado Trófico (IET), que estabelece o grau de eutrofização dos reservatórios, avaliando, portanto, o enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas e cianobactérias, foi medido a partir de 2005 e indicou na maior parte do tempo (61%) o estado oligotrófico (pouco eutrofizado). Essa classe do IET indica que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água. As outras classes encontradas foram a ultraoligotrófico (17%) e mesotrófico (22%), que indicam, respectivamente, concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água e corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos. Dessa forma, a eutrofização não parece ser um problema de qualidade da água associado a esse reservatório.

As análises do ponto E4 são semelhantes às do ponto E3, sendo que 67% das amostras ficaram compatíveis com a Classe 1, 16% com a Classe 2, 18% com a Classe 3 e 2% com a Classe 4, o que neste caso, equivale a uma ocorrência com um alto valor de coliformes termotolerantes na primeira coleta de 2018. Os valores do IQA variaram entre ótimo e regular e o IET tem sua maioria de valores na faixa oligotrófico, cerca de 30% em mesotrófico e uma minoria em ultraoligotrófico.

No que se refere aos parâmetros turbidez e sólidos dissolvidos nenhum dado ultrapassou os limites da Resolução CONAMA Nº 357/05 para a Classe 1, contudo, os sólidos dissolvidos passaram a ser monitorados apenas a partir de 2016.

Dessa forma, pode-se dizer que na maior parte do tempo o reservatório apresenta boas condições de qualidade da água e que problemas pontuais com a DBO e coliformes podem ser oriundos das áreas povoadas ao redor do mesmo. Sendo assim, pode-se dizer que o mesmo não contribui significativamente para a alteração da qualidade da água do Rio Cachoeira.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as informações obtidas nos diversos estudos realizados ao longo do período de tempo após a construção da usina hidrelétrica Governador Parigot de Souza, é possível elencar algumas informações relevantes. Não foram objeto da análise os eventuais impactos ocorridos no passado ou atualmente na região da barragem e reservatório, assim como na bacia do Rio Capivari, pois a área afetada encontra-se fora dos limites do presente estudo.

Destaca-se que os estudos analisados sobre o tema em questão possuem diferentes níveis de aprofundamento técnico, métodos e dados utilizados. Dessa forma, é necessário ponderar sobre a significância de cada estudo na composição de uma visão mais completa e correta sobre o assunto em estudo. Seguindo esta linha de raciocínio, foram discutidos com mais detalhes os estudos considerados mais relevantes e abrangentes.

Os estudos anteriores consideram que o maior impacto da transposição de vazões do Rio Capivari, no Planalto, para o Rio Cacheira na Bacia Litorânea, é o aumento de vazões no Rio Cacheira produzido pela descarga do canal de fuga da usina, a qual aumenta significativamente a magnitude das vazões do Rio Cachoeira em relação aos valores observados antes da construção da usina. Este aumento de vazão não ocorre de maneira uniforme, tendo uma variabilidade diária e sazonal, alterando o regime natural do rio Cachoeira. As maiores vazões produzem o aumento do volume de sedimentos transportados pelo rio, havendo erosão das margens e alterações significativas em sua morfologia. Os estudos também reportam que o aumento de vazões no rio Cachoeira devido à geração de energia na UHE GPS é similar ao aumento ocasionado em épocas de cheias na região.

Tal aumento de vazão tem provocado um processo de erosão nas margens e leito do Rio Cachoeira e o sedimento retirado e transportado pelo curso de água estaria sendo depositado junto à foz do Rio Cachoeira, na baía de Antonina. Entre os impactos desse fenômeno, relatados nos estudos, estão as alterações morfológicas do rio Cachoeira após a confluência do canal de fuga da usina, erosão das margens do rio e o assoreamento da baía de Antonina, causando dificuldades para navegação e alteração no ecossistema aquático. O trecho do rio Cachoeira que recebe as vazões turbinadas pela UHE GPS está inserido em uma região de planície, possuindo meandros, que sofrem alterações naturais em seu curso, ao longo do tempo.

Por outro lado, estudos de simulação matemática realizados mais recentemente demonstram que, além do rio Cachoeira, os rios Nhundiaquara e Sagrado também são responsáveis pelo aporte de sedimentos depositados ao longo da baía. As simulações matemáticas mostraram que a deposição de sedimentos na Baía de Antonina provenientes dos rios Nhundiaquara e Sagrado é uma das tendências, e também que estes sedimentos são provenientes de bacias mais antropizadas. Esses resultados foram obtidos nos cenários com e sem a operação da UHE GPS.

Outros estudos demonstram a influência das características do uso do solo que se alteraram pela agricultura e outros usos e também a observação de ser um rio de

planície, o qual tem a tendência de se alterar naturalmente ao longo do tempo, criando e abandonando meandros, por exemplo.

Estudos da morfologia e morfometria do Rio Cachoeira, em seu trecho de serra e de planície, realizados desde antes da construção da UHE GPS até datas mais recentes, demonstram que as alterações continuam ocorrendo, evidenciando um caráter dinâmico de alterações ao longo do tempo.

Da análise dos estudos já realizados, deve ser dada importância aos estudos hidráulicos de transporte de sedimentos, pois são simulações matemáticas que levam em conta a geometria, dados hidráulicos e de sedimentos que podem fornecer uma resposta mais objetiva em relação a um problema de elevada complexidade física.

Quanto aos aspectos da qualidade da água, com base em medições de qualidade da água no canal de fuga e após a confluência no rio Cacheira, não foram detectadas alterações significativas de qualidade comparando-se os parâmetros medidos em pontos a montante e jusante da confluência do canal de fuga com o rio Cachoeira. O reservatório da usina, de acordo com as medições mais recentes, encontra-se boas condições de qualidade da água.

Outra questão tem relação com o regime de operação da usina, o qual não é o da manutenção de uma vazão constante, uma vez que a usina é operada para suprir a demanda em determinados horários e dias da semana, causando alterações do regime natural do rio Cachoeira, após a descarga do canal de fuga.

Estudos relacionados aos impactos à biodiversidade ainda não foram realizados, portanto, recomendam-se estudos futuros no sentido de suprir essa carência. Esses estudos devem partir das hipóteses de ocorrência de impactos à biodiversidade, por exemplo: alteração da temperatura do rio, impactos das variações de vazão, das alterações morfológicas e da deposição de sedimentos na fauna, perda de diversidade biológica, retardamento da recuperação de vegetação em áreas de preservação permanente, e aspectos físico-químicos na qualidade da água.

Constata-se a necessidade de continuidade dos estudos, para um melhor entendimento do processo de assoreamento na baía de Antonina, tendo-se em consideração que os sedimentos depositados na baía também são provenientes de outros rios (notadamente Nhundiaquara e Sagrado) e de áreas mais antropizadas da bacia litorânea. Portanto, recomenda-se que além dos estudos citados nestas considerações sejam estudadas outras causas de assoreamento, como ocupação indevida de áreas que deveriam ser preservadas, chuvas intensas, criação de animais, agricultura, fragilidade de solo entre outros que podem ocasionar o assoreamento nos recursos hídricos da bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, A. Q. S. de. **Análise da Dinâmica Fluvial do Rio Cachoeira (Antonina/PR), entre os anos de 1954 e 2005**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra. Mestrado em Geografia. Curitiba, 2011.

BANDEIRA, V. P. S. **Licenciamento ambiental e a categoria de totalidade: um estudo de caso**. Em: BOLDRINI, E. B.; SORAES, C. R.; PAULA, E. V. (Org.) Dragagens portuárias no Brasil: licenciamento e monitoramento ambiental. Antonina: Governo do Estado do Paraná; Sema/PR; ADEMADAN; UNIBEM. 2007.

BOLDRINI, E. B. **Programa CAD: Contaminantes, Assoreamento e Dragagens no Estuário de Paranaguá**. Em: BOLDRINI, E. B.; SOARES, C. R.; PAULA, E. V. (Org.) Dragagens portuárias no Brasil: licenciamento e monitoramento ambiental. Antonina: Governo do Estado do Paraná; Sema/PR; ADEMADAN; UNIBEM, 2007.

BRANCO, J. C. **Alterações morfológicas na foz do rio Cachoeira, Estado do Paraná, com base na análise da evolução das unidades de planície de maré**. Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná

COPEL Geração – GER. **Relatório Ambiental da Usina Hidrelétrica Capivari**. Curitiba, 2000.

COPEL. **Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza**. 10 p. s.d.a.

COPEL. **Hidrelétrica Capivari-Cachoeira completa 35 anos de operação**. Agência de Notícias. Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.historico.aen.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=16173&evento=3117#menu-galeria>. Acesso em: 24/04/2018.

KALINOWSKI, L. M. **A região do Ribeira do Iguape (Paraná/São Paulo) e a hidreletricidade**. Elementos para uma revisão crítica. Campinas, 2011. Tese (Doutoramento) Área Interdisciplinar de Planejamento de Sistemas Energéticos, FEM/Unicamp.

LACTEC/CEHPAR. **Estudo da influência da usina Governador Parigot de Souza no processo de assoreamento da Baía de Antonina - Relatório Final**. Curitiba, 11/02/2008.

LAMBERTUCCI, J. L. **Diagnóstico preliminar do estado de conservação da microbacia hidrográfica do Rio Cachoeira**. Maringá, 1996. 67p. Monografia. Curso de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MANTOVANELLI, A. **Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem**. Curitiba, 1999. 152p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Paraná.

ODRESKI, L. L. R. et al. **Taxas de assoreamento e a influência antrópica no controle da sedimentação da Baía de Antonina - Paraná**. Boletim Paranaense de Geociências, n.53, p.7-12, 2003.

ODRESKI, L. L. R. **Evolução sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina – PR**. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

PINTO, N. L. S. **A barragem do aproveitamento Capivari-Cachoeira. Projeto e construção**. Tiragem especial do no 71 da Electricidade, 11 p., s.d.

SEVA FILHO, A. O.; KALINOWSKI, L. M. **Transposição e hidrelétricas: o desconhecido Vale do Ribeira (PR-SP)**. Estud. av., São Paulo , v. 26, n. 74, p. 269-286, 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27/03/2018.