

Nº	DATA	POR	DESCRIÇÃO

 Hidrostudio <small>engenharia</small>			
PROJ. H.T./V.C.	C	C	DATA 06/04/2016
DES.	C	C	VISTO
VER. DES.	E	E	VISTO
VER. PROJ. R.A.F.R.	M	M	APROV.
RESPONSÁVEL TÉCNICO PEDRO DIEGO JENSEN		Nº CREA 0600875838	UF SP
GERENTE DE CONTRATO ALUÍSIO PARDO CANHOLI		Nº CREA 0600756043	UF SP
	SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA		
	APROVADO	APROVADO COM RESTRIÇÕES	DEVOLVIDO PARA CORREÇÕES
C			
M			
E			
BARRAGENS PEDREIRA E DUAS PONTES			
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL			
MODELAGEM DA QUALIDADE D'ÁGUA NO RIO CAMANDUCAIA NA CONDIÇÃO DE RESERVATÓRIO			
ESCALA	SUBSTITUI SUBSTITUÍDO		
Nº CONSÓRCIO 7188-47-GL-830-RT-00864			REVISÃO 0A
Nº DAEE			REVISÃO



ÍNDICE

	Pag.
APRESENTAÇÃO	1
1. SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA REALIZADA NO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA	2
2. HISTÓRICO TEMPORAL E ESPACIAL DAS CARGAS DE FÓSFORO NA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA	7
3. SIMULAÇÃO CONSIDERANDO A REDUÇÃO DAS CARGAS DE FÓSFORO INTRODUZIDAS NO FUTURO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DUAS PONTES	11
3.1. Corpo Central do Reservatório	11
3.2. Braços Tributários	13
3.3. Resultados das Simulações	14
4. TRATAMENTO DE EFLUENTES	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

APRESENTAÇÃO

Na elaboração do Estudo de Impacto Ambiental - EIA/RIMA das Barragens Pedreira e Duas Pontes (Consórcio HIDROSTUDIO - THEMAG; DAEE, 2015) foram realizadas simulações visando apontar as alterações na qualidade das águas superficiais resultantes das transformações de ambientes lóticos em lênticos, decorrentes da implantação dos dois reservatórios projetados. As simulações consideraram os parâmetros de qualidade da água mais sensíveis ao enchimento e operação dos reservatórios, destacando-se: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), série de nitrogênio e de fósforo.

Especificamente para o fósforo, os dados de entrada adotados nas simulações para ambos os reservatórios refletem a atual carga de poluentes lançada a montante das futuras barragens.

Os resultados obtidos para o reservatório da Barragem Pedreira demonstram que, na etapa de operação, são esperadas condições intermediárias de trofia (Mesotrófico), no corpo central e nos braços tributários. De modo geral, os levantamentos conduzidos para o EIA apontam que o rio Jaguari vai contribuir com águas de boa qualidade para o futuro reservatório da Barragem Pedreira. Contudo, para o reservatório da Barragem Duas Pontes, as simulações assinalaram um elevado nível de trofia.

Deste modo, os estudos complementares detalhados nesta Nota Técnica tiveram como foco principal a Barragem Duas Pontes, tendo em vista uma análise mais abrangente dos riscos de eutrofização deste reservatório. Nos itens subsequentes são abordados os resultados das simulações apresentadas no EIA/RIMA das Barragens Pedreira e Duas Pontes, o histórico temporal e espacial das cargas de fósforo na bacia do rio Camanducaia e a simulação levando em conta a redução do aporte de fósforo no futuro reservatório da Barragem Duas Pontes, em função da adoção de medidas mitigadoras.

1. SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA REALIZADA NO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

As simulações de modelagem matemática elaboradas para a Barragem Duas Pontes levaram em consideração os seguintes critérios:

- Resultados de qualidade da água da rede de monitoramento da CETESB constando de seis campanhas bimestrais realizadas nos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro de 2013, que correspondiam aos dados mais recentes disponíveis na época, no ponto CMD02400, situado no rio Camanducaia, a jusante da cidade de Amparo, próximo ao eixo da futura barragem (**Figura 2.1**).
- Dados de duas coletas de amostragem de qualidade da água, efetuadas nos meses de setembro e dezembro de 2014, referentes aos períodos seco e chuvoso. Nestas campanhas foram amostrados seis pontos de coleta, dos quais três estão localizados na calha do rio Camanducaia e três nos tributários afluentes (**Figura 1.1**).

Destaca-se que não há pontos de monitoramento da CETESB nos tributários do futuro reservatório, de forma que os dados de modelagem nesses ambientes foram obtidos por meio de duas coletas realizadas em campo no ano de 2014.

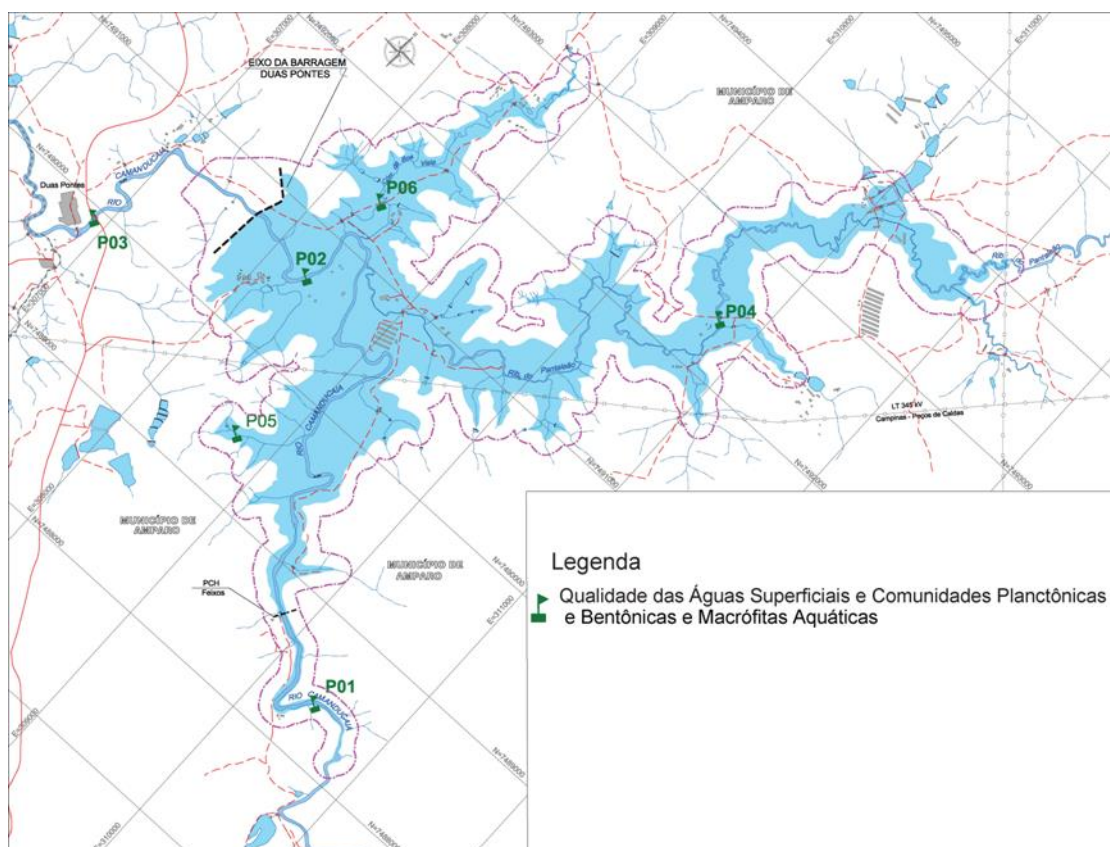
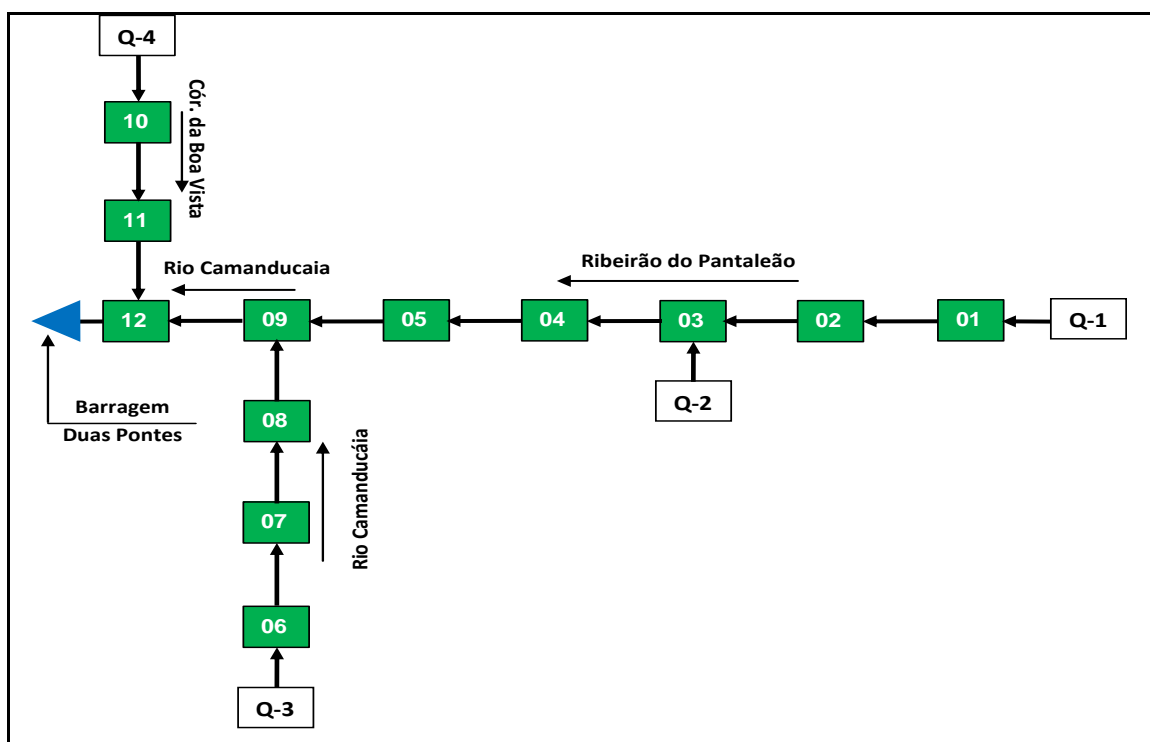


Figura 1.1. - Pontos de Amostragem da Qualidade da Água (2014).

Fonte: EIA RIMA das Barragens Pedreira e Duas Pontes (THEMAG; HIDROSTUDIO; DAEE, 2015).

Quadro 1.1. - Esquema de Compartimentação do Reservatório Duas Pontes

Fonte: EIA RIMA das Barragens Pedreira e Duas Pontes (THEMAG; HIDROSTUDIO; DAEE, 2015).



Fonte: EIA RIMA das Barragens Pedreira e Duas Pontes (THEMAG; HIDROSTUDIO; DAEE, 2015).

Para a classificação do estado trófico das águas do reservatório, adotaram-se os valores de concentração do fósforo em distintas faixas apresentadas no **Quadro 1.2**.

Quadro 1.2. - Classificação do Estado Trófico Adotada para Reservatórios

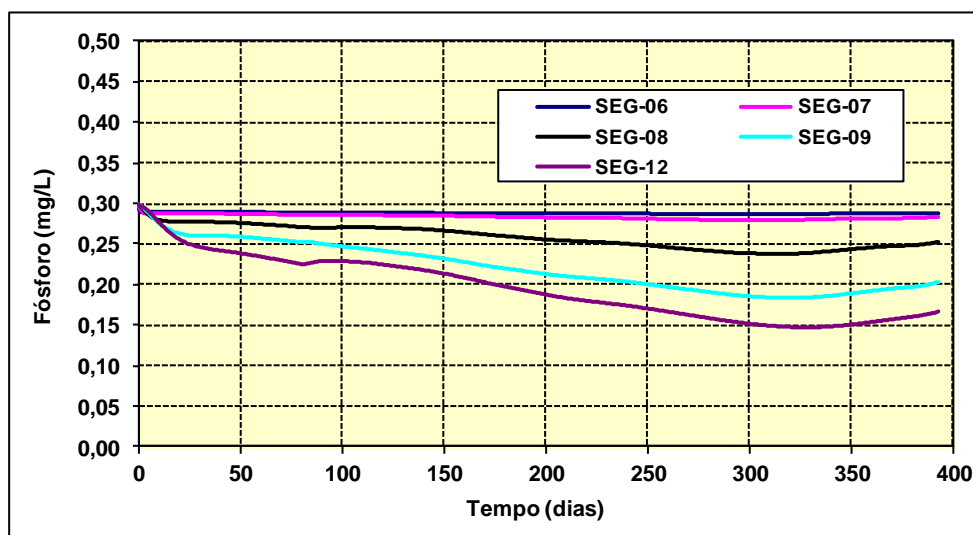
Concentração de Fósforo (P) em mg/L	Classificação do Estado Trófico
$P \leq 0,008$	Ultraoligotrófico
$0,008 < P \leq 0,019$	Oligotrófico
$0,019 < P \leq 0,052$	Mesotrófico
$0,052 < P \leq 0,120$	Eutrófico
$0,120 < P$	Supereutrófico

Fonte: Adaptado da CETESB (2015).

Levando-se em conta a limpeza prévia da área a ser inundada, os níveis de fósforo total deverão permanecer elevados no corpo principal do reservatório, em torno de 0,3 mg/L, com redução nos compartimentos mais a jusante da sede urbana de Amparo (Seg-09 e 12), nos quais são esperadas concentrações em torno de 0,15 mg/L, o que demonstra um ambiente Supereutrófico (**Figura 1.3**).

Nos braços tributários verifica-se tendência de estabilização, com níveis em torno de 0,02 mg/L e 0,10 mg/L, que resultam em classificação do ambiente como Mesotrófico e Eutrófico, respectivamente, sendo esperado um maior nível de trofia no ribeirão Pantaleão (Seg-01) e no córrego Boa Vista (Seg-10), segundo a **Figura 1.4**.

Cabe salientar que a concentração inicial de fósforo de 0,3 mg/L, apresentada nas Figuras a seguir, refere-se ao estado inicial adotado na simulação e requisitado como dado de entrada na modelagem matemática.

**Figura 1.3:** Concentrações Simuladas de Fósforo no Corpo Central Reservatório Duas Pontes.

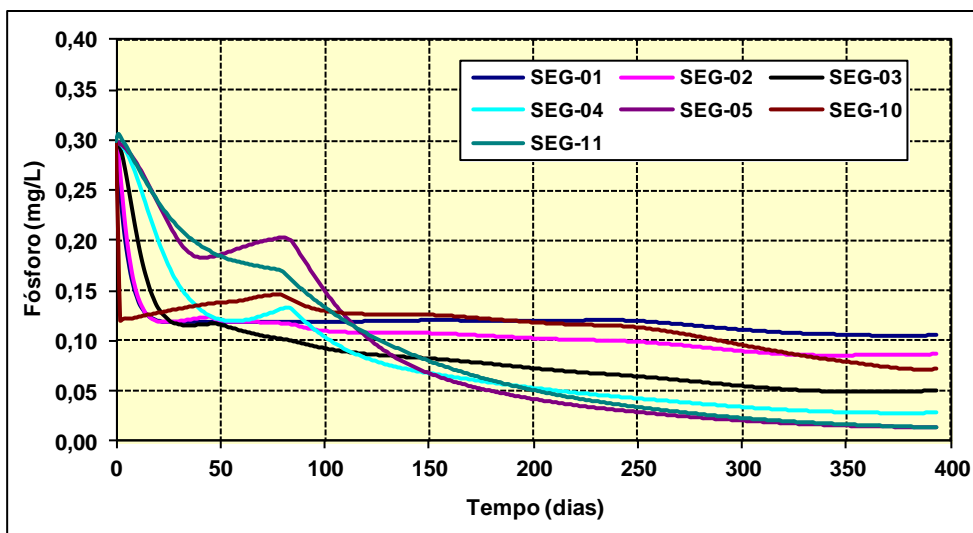


Figura 1.4: Concentrações Simuladas de Fósforo nos Tributários Reservatório da Barragem Duas Pontes.

Conforme citado, as concentrações de fósforo utilizadas para as simulações descritas no EIA representam as cargas pontuais (de origem doméstica e industrial) e difusas (principalmente pecuária) que são introduzidas na bacia do rio Camanducaia, a montante do eixo da barragem.

Contudo, em função das baixas vazões verificadas ao longo de 2014, as amostragens de fósforo obtidas resultaram em valores atípicos, como pode ser observado na **Figura 1.5**, que retrata de forma comparativa os padrões obtidos nas campanhas bimestrais realizadas nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015, pela CETESB, na estação CMDC02400.

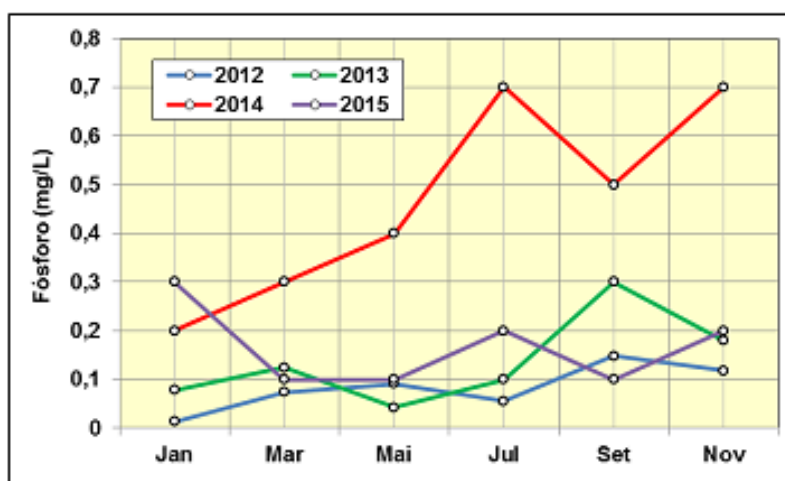


Figura 1.5: Análise Comparativa das Concentrações de Fósforo no rio Camanducaia (Ponto CMDC02400) – Anos de 2012 a 2015.



Essas concentrações traduzem um comportamento de estiagem bastante severa, refletindo em um aumento no nível de trofia das águas em 2014, o que influenciou nos resultados das simulações matemáticas do reservatório da Barragem Duas Pontes.

Cabe salientar que essas simulações não incluem qualquer abatimento adicional das cargas de fósforo que podem ocorrer por meio de tratamento de esgotos ao nível terciário e pelo controle de cargas difusas. Essas medidas foram citadas como recomendações no referido estudo ambiental, juntamente com a orientação para que seja efetuada a limpeza prévia da área a ser inundada, conforme detalhado no Item 5 - Considerações Finais e Recomendações.

Nesse sentido, em complementação ao estudo conduzido no EIA, são apresentados neste documento os resultados das simulações matemáticas que visam avaliar o nível trófico do futuro reservatório Duas Pontes, considerando a adoção de medidas mitigadoras, a partir do abatimento de cargas de fósforo. A seguir consta o histórico das cargas de fósforo geradas na bacia do rio Camanducaia.

2. HISTÓRICO TEMPORAL E ESPACIAL DAS CARGAS DE FÓSFORO NA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA

Com o intuito de aferir a variação espacial das cargas de fósforo ao longo do curso do rio Camanducaia, de montante para jusante desde o município de Monte Alegre do Sul até Amparo, foram pesquisados os levantamentos realizado pela CETESB no rio Camanducaia, tendo como referência três estações de amostragem indicadas no **Quadro 2.1** e na **Figura 2.1**. Dentre os locais monitorados reveste-se de maior importância o ponto CMDC02400, pois é o mais próximo ao eixo da futura Barragem Duas Pontes.

Quadro 2.1. - Pontos de Monitoramento da CETESB no rio Camanducaia

Código CETESB	Local	Município	Coordenadas Geográficas	
			Latitude	Longitude
CMDC 02100	Na ponte no bairro Ponte Preta no acesso à Osato.	Monte Alegre do Sul	22°42'17"	46°41'42"
CMDC 02300	Na ponte na estrada de acesso ao bairro Climáticas da Bocaína, km 136,8 (rodovia das Estâncias), a montante da captação de Amparo.	Amparo	22°42'09"	46°44'58"
CMDC 02400	Na ponte a jusante do córrego do Mosquito, na rodovia que liga Pedreira a Santo Antônio de Posse.	Amparo	22° 41' 21"	46° 52' 51"

Fonte: CETESB (2015).

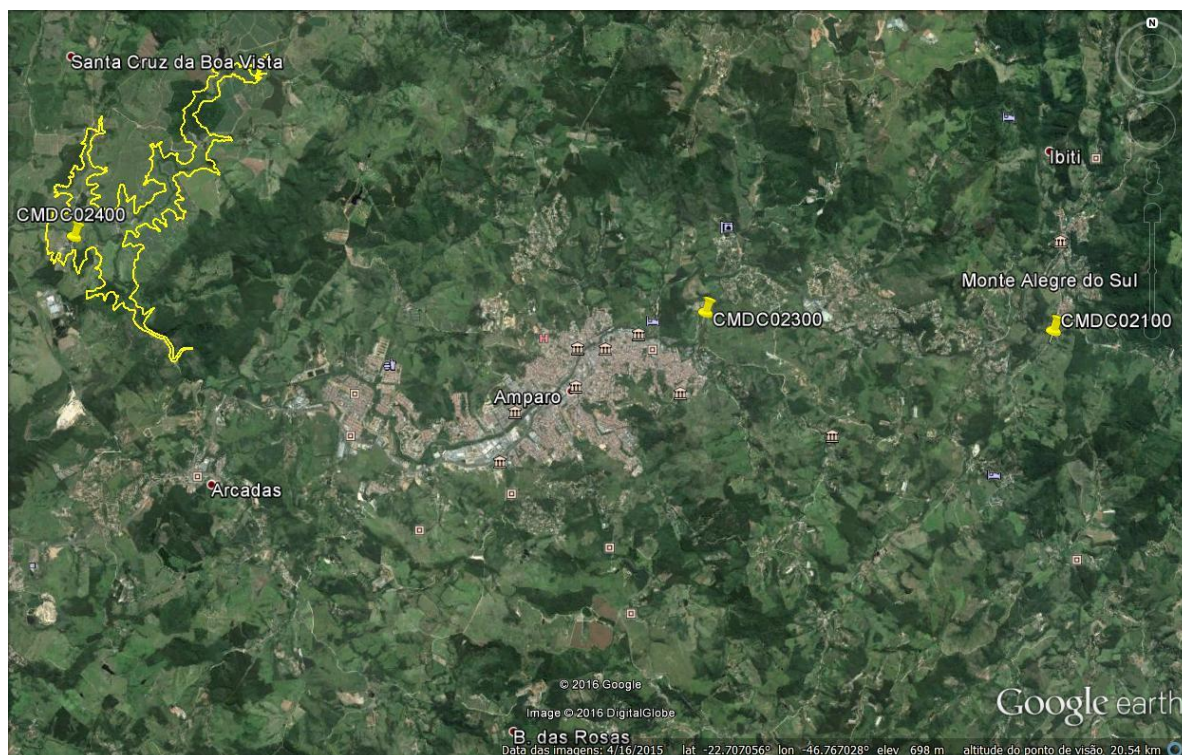


Figura 2.1. - Pontos de Monitoramento da CETESB no rio Camanducaia

A análise temporal da variação do teor de fósforo considerou os dados relativos aos anos de 2012, 2013 e 2014. Não foram apresentadas as concentrações relativas ao ano de 2015, pois as informações disponíveis para esse ano ficaram restritas ao ponto CMDC02400, conforme apresentado anteriormente na **Figura 1.5**.

No **Quadro 2.2**, constam para cada estação os resultados dos níveis de fósforo das seis campanhas anuais efetuadas sistematicamente pela CETESB entre 2012 a 2014. Os valores destacados em vermelho referem-se às concentrações que ultrapassaram o limite máximo estabelecido para águas doces classe 2.

Quadro 2.2. - Concentrações de Fósforo no rio Camanducaia – Anos de 2012, 2013 e 2014.

Mês	Concentração de Fósforo (P) em mg/L								
	CMDC02100			CMDC02300			CMDC02400		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Janeiro	0,014	0,075	0,06	0,013	0,071	0,09	0,013	0,078	0,2
Março	0,025	0,065	0,09	0,033	0,069	0,1	0,074	0,124	0,3
Maio	0,059	0,007	0,06	0,08	0,022	0,1	0,091	0,042	0,4
Julho	0,023	0,1	0,04	0,027	0,1	0,06	0,056	0,1	0,7
Setembro	0,013	0,06	0,07	0,017	0,3	0,09	0,148	0,3	0,5
Novembro	0,042	0,026	0,06	0,042	0,047	0,09	0,118	0,18	0,7
Média	0,029	0,056	0,063	0,035	0,10	0,088	0,083	0,137	0,467

Fonte: CETESB (2013; 2014 e 2015).

A análise dos resultados, no período mencionado, permite identificar que no rio Camanducaia, no município de Monte Alegre do Sul e a montante da captação de Amparo, os teores de fósforo permaneceram compatíveis com o padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L), em todas as amostragens no ponto CMDC02100, ocorrendo extrapolação pontual no segmento a jusante (CMDC02300).

De modo geral, os resultados evidenciam condições sensivelmente mais adversas no rio Camanducaia, a jusante da zona urbana de Amparo (CMDC02400), no local que coincide com o eixo do futuro reservatório da Barragem Duas Pontes, registrando-se ultrapassagens em relação ao limite da legislação vigente em 61,1% do total de amostras obtidas entre 2012 e 2014.

No **Quadro 2.3.** é apresentada uma estimativa dos valores de cargas médias de fósforo expressas em quilogramas por dia (kg/dia), para os anos de 2012, 2013 e 2014, nos três pontos de amostragem.

Quadro 2.3. - Estimativas das Cargas de Fósforo Avaliadas no rio Camanducaia anos de 2012, 2013 e 2014.

Ponto de Amostragem	Cargas de Fósforo (kg/dia)			
	2012	2013	2014	Média (kg/dia)
CMDC02100	11,9	26,1	7,8	15,3
CMDC02300	21,4	56,6	15,9	31,3
CMDC02400	59,4	111,1	103,9	91,4

Na **Figura 2.2.** é retratada, de forma comparativa, a evolução temporal e espacial das cargas de fósforo, onde se verifica uma diferenciação menos pronunciada entre as massas desse nutriente estimadas nos pontos CMDC02100 e CMDC02300. Nota-se um aumento substancial no ponto a jusante da zona urbana de Amparo (CMDC02400), o que vem confirmar a influência mais determinante deste nutriente, proveniente do aporte de esgotos domésticos e industriais gerados nesta cidade.

É possível verificar também que, embora ocorra uma redução geral no aporte de cargas de fósforo no ano de 2014, as estimativas das cargas revelam um incremento na concentração de fósforo na água, sobretudo no ponto CMDC02400 (**Quadro 2.2**), o que está relacionado às reduzidas vazões em função da forte estiagem nesse período, segundo anteriormente mencionado.

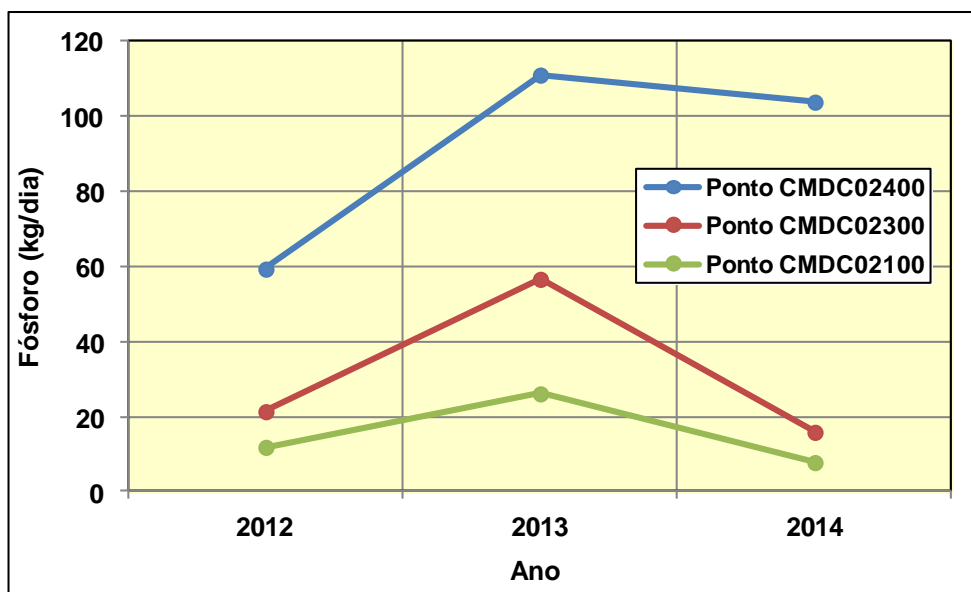


Figura 2.2. - Evolução Temporal e Espacial das Cargas de Fósforo no rio Camanducaia 2012 a 2014.

3. SIMULAÇÃO CONSIDERANDO A REDUÇÃO DAS CARGAS DE FÓSFORO INTRODUZIDAS NO FUTURO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DUAS PONTES

Foram realizadas novas simulações de modelagem matemática para a Barragem Duas Pontes, visando mensurar as alterações na qualidade das águas superficiais resultantes das transformações de ambientes lóticos em lênticos, decorrentes da implantação do reservatório projetado, e considerando a adoção de medidas mitigadoras que promoverão um abatimento nas cargas de fósforo atualmente introduzidas no rio Camanducaia, conforme critérios detalhados a seguir.

3.1. Corpo Central do Reservatório

Com o objetivo de aferir uma análise de sensibilidade, considerou-se nesta simulação o abatimento das cargas de fósforo no rio Camanducaia lançadas por seis empreendimentos industriais situados na cidade de Amparo, além dos efluentes domésticos da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE da sede urbana deste município, a cargo do Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE). Esses dados foram fornecidos pela CETESB (via e-mail), compreendendo para cada empreendimento e para a ETE a indicação da concentração de fósforo, vazão do efluente e carga de fósforo (**Quadro 3.1**).

Quadro 3.1. - Cargas e Vazões Avaliadas no Abatimento das Concentrações de Fósforo.

Local	Concentração de Fósforo do Efluente (mg/L)	Vazão do Efluente (m³/dia)	Carga de Fósforo do Efluente (kg/dia)	Percentual Relativo de Fósforo (%)
ETE Sede de Amparo (SAAE)	5	2.160	10,8	9,89
Empreendimento 1	0,9	950	0,85	0,78
Empreendimento 2	1	240	0,24	0,22
Empreendimento 3	5	600	3	2,75
Empreendimento 4	4	144	0,58	0,53
Empreendimento 5	22,5	2.300	51,75	47,38
Empreendimento 6	7	6.000	42	38,45
Total			109,22	100

Fonte: Dados fornecidos pela CETESB via e-mail (2015).

Em relação aos valores apresentados no quadro acima, a simulação realizada considerou as seguintes premissas:

- As cargas de fósforo pontuais liberadas no rio Camanducaia estão situadas a montante do remanso do reservatório da Barragem Duas Pontes;
- Os dados de concentrações de fósforo e de vazão dos efluentes são considerados fixos ao longo do ano.

Foram levantados os resultados das concentrações obtidas no rio Camanducaia, próximo ao eixo da barragem (CMDC02400), obtendo-se a média dos anos de 2012, 2013 e 2015, sendo excluído desta avaliação o ano de 2014 em função da condição atípica verificada neste período, conforme detalhado anteriormente. Foram adotadas também as vazões médias afluentes no rio Camanducaia.

Não foram levados em conta abatimentos de cargas difusas introduzidas no rio Camanducaia, pois a principal carga afluente ao curso d'água é pontual (efluentes domésticos e industriais).

A carga total de fósforo lançada pelos efluentes dos seis estabelecimentos industriais e da ETE de Amparo somam 109,22 kg/dia, sendo que os empreendimentos 5 e 6 respondem, em conjunto, por cerca de 85,8% do potencial poluidor lançado no rio Camanducaia, a montante do eixo da barragem projetada Duas Pontes.

Informações obtidas da ETE de Amparo apontam que nessa estação são tratados cerca de 70 L/s (45%) do efluente coletado, tendo capacidade para 155 L/s.

Na elaboração da nova simulação, considerou-se que esses efluentes domésticos e industriais gerados em Amparo sofram, por meio de tratamento complementar, um abatimento de 50% das cargas totais de fósforo estimadas (VON SPERLING, 1996; METCALF & EDDY, 2003).

A partir deste abatimento obtiveram-se as cargas mensais remanescentes de concentração de fósforo apresentadas no **Quadro 3.2**. O teor médio de fósforo no rio Camanducaia, relativo aos anos de 2012, 2013 e 2015, foi de 0,129 mg/L; a concentração estimada a ser abatida totaliza 0,053 mg/L, resultando em uma concentração remanescente de 0,076 mg/L.

Quadro 3.2. - Cálculos de Abatimento da Concentração de Fósforo no Rio Camanducaia.

Mês	Vazão Média Mensal (m³/s)	Concentrações de Fósforo (mg/L) por Ano*			Média das Concentrações de Fósforo (mg/L)	Concentração de Fósforo a ser Abatida (mg/L)	Concentração Remanescente de Fósforo (mg/L)
		2012	2013	2015			
Jan	23,42	0,013	0,078	0,3	0,130	0,027	0,103
Fev	24,42	0,0435	0,101	0,2	0,115	0,026	0,089
Mar	21,04	0,074	0,124	0,1	0,099	0,030	0,069
Abr	14,81	0,0825	0,083	0,1	0,089	0,043	0,046
Mai	11,85	0,091	0,042	0,1	0,078	0,053	0,024
Jun	10,86	0,0735	0,071	0,15	0,098	0,058	0,040
Jul	8,85	0,056	0,1	0,2	0,119	0,071	0,047
Ago	7,64	0,102	0,2	0,15	0,151	0,083	0,068
Set	7,83	0,148	0,3	0,1	0,183	0,081	0,102
Out	9,54	0,133	0,24	0,15	0,174	0,066	0,108
Nov	10,76	0,118	0,18	0,2	0,166	0,059	0,107
Dez	16,68	0,0655	0,129	0,25	0,148	0,038	0,110
Média Anual	13,98	0,083	0,137	0,167	0,129	0,053	0,076

Nota: * Adotaram como base os dados do monitoramento da CETESB do ponto CMDC02400.

3.2. Braços Tributários

O ribeirão Pantaleão constitui o principal braço tributário do reservatório da Barragem Duas Pontes. Para esse curso d'água, as estimativas de cargas de fósforo afluentes foram avaliadas a partir dos quantitativos das principais criações de animais presentes na área da bacia contribuinte, que se caracteriza por ter uma ocupação tipicamente rural. Os levantamentos conduzidos na etapa do diagnóstico ambiental do empreendimento em pauta apontaram a presença de animais no entorno deste curso d'água, segundo evidencia as **Fotos 1 e 2**.



Fotos 1 e 2: Presença de Suínos e Equinos no Entorno do Ribeirão Pantaleão.

Realizou-se a pesquisa pecuária no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) do número de cabeças dos principais rebanhos existentes nos municípios de Amparo e de Serra Negra, adotando-se uma distribuição uniforme de animais e proporcional à área de cada território municipal inserido na bacia do ribeirão Pantaleão.

Atribuiu-se para cada tipo de rebanho uma carga unitária de geração de fósforo (MMA, 2007), que, multiplicada pelo número de animais, resulta em uma carga total nessa bacia avaliada em 146 kg/dia, conforme sumarizado no **Quadro 3.3**.

Quadro 3.3. - Estimativa da Carga de Fósforo na Bacia do Ribeirão Pantaleão

Dados	Número de Cabeças Estimadas				Total de P (kg/dia)
	Bovinos	Equinos	Suínos	Ovinos	
Área da Bacia = 70km ²					
Quantitativo de Animais Estimados na Bacia do Ribeirão Pantaleão*	3.610	429	479	265	-
Geração Unitária de Fósforo (cabeça/dia em kg) **	0,035	0,035	0,007	0,005	-
Total de Fósforo (kg/dia)	126,4	15,0	3,4	1,3	146,0

Fonte: * IBGE (2013); ** MMA (2007).

Os resultados apontam que a bacia do ribeirão Pantaleão, com 70 km², reúne um expressivo número de galináceos, superior a 1 milhão de cabeças, ocorrendo também o predomínio de bovinos e, em menor proporção, de equinos, de suínos e de ovinos. Na estimativa final da carga difusa de fósforo gerada pelos rebanhos, desconsiderou-se a carga referente aos galináceos, supondo-se que os dejetos resultantes desta criação animal, geralmente confinada, são tratados e utilizados como adubos na agricultura, podendo ser exportados também a outros locais distantes das fontes geradoras.

Segundo dados da literatura (NOVOTNY E OLEM, 1994), aproximadamente 10% dessas cargas difusas tendem a alcançar as águas superficiais (apud MMA, 2007).

Nesse sentido, na simulação, apresentada a seguir, adotou-se uma condição hidrológica média e estimou-se um abatimento da carga de fósforo de cerca de 9%, em função da recomposição da mata ciliar protetora ao longo do reservatório.

Ponderando-se que o resultado médio de fósforo no ribeirão Pantaleão foi de 0,13 mg/L, tendo como referência as duas campanhas conduzidas para o EIA, em setembro e dezembro de 2014, e levando em conta a redução estimada de 9%, obteve-se a concentração de 0,12 mg/L, a qual foi adotada no modelo, segundo resultados abordados a seguir.

Ressalta-se que, na etapa de implantação do empreendimento, está prevista a remoção dos animais da área que será inundada e da Área de Preservação Permanente – APP, medida que contribuirá para a redução do aporte de cargas difusas de fósforo.

3.3. Resultados das Simulações

As simulações sugerem que, no corpo central do reservatório da Barragem Duas Pontes, após o processo de estabilização, as concentrações de fósforo tenderão a permanecer em torno de 0,10 mg/L, o que implica condições Eutróficas, incidindo em alguns períodos um decrescimento nas taxas deste nutriente para valores próximos de 0,05 mg/L (ambiente Mesotrófico), conforme **Figura 3.1**.

Vale destacar que as simulações apresentadas para o corpo central do reservatório procuraram retratar uma condição média de cargas de fósforo e de vazões, levando em conta as amostragens realizadas pela CETESB nos anos de 2012, 2013 e 2015. Contudo, podem ocorrer ao longo do ano condições episódicas mais amenas ou mais críticas deste nutriente, em função da sazonalidade das vazões e do aumento ou redução destas cargas de fósforo.

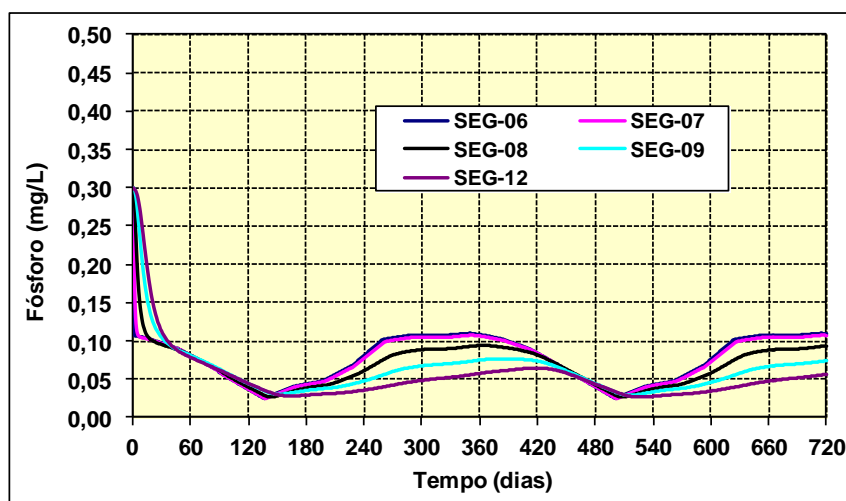


Figura 3.1. - Concentrações Simuladas de Fósforo no Corpo Central do Reservatório da Barragem Duas Pontes.

Nos braços tributários, as concentrações de fósforo após o processo de estabilização tendem a permanecer em patamar inferior a 0,12 mg/L, o que denota uma condição mesotrófica (**Figura 3.2**).

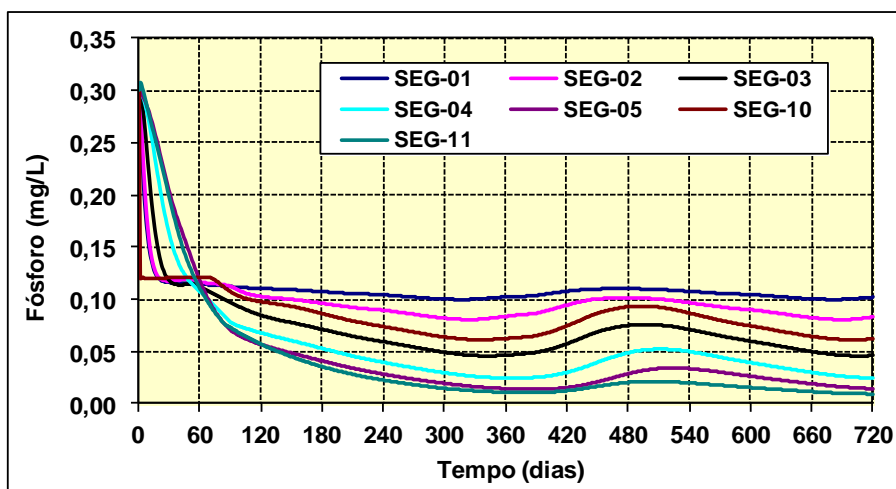


Figura 3.2. - Concentrações Simuladas de Fósforo nos Braços Tributários do Reservatório da Barragem Duas Pontes.

4. TRATAMENTO DE EFLUENTES

Conforme citado, o rio Camanducaia é receptor de elevada carga de efluentes domésticos e industriais. Para os efluentes domésticos, existem diferenciados tipos de tratamentos propostos na literatura (VON SPERLING, 1996; METCALF & EDDY, 2003), tais como: processo biológico normal como o de lodo ativado; processos biológicos otimizados para a remoção de fósforo e tratamentos físico-químicos com coagulantes químicos (Al e Fe). Nessas condições, os efluentes domésticos podem ser lançados com concentrações finais que permitem abatimentos superiores a 50%.

Contudo, uma das principais fontes deste nutriente no rio Camanducaia é o efluente industrial. Dentre os seis estabelecimentos industriais indicados anteriormente no **Quadro 3.1.** destacam-se os denominados 5 e 6, pois respondem, em conjunto, por cerca de 85,8% do potencial poluidor lançado no rio Camanducaia, a montante do eixo da barragem projetada Duas Pontes.

A determinação do tipo de tratamento mais adequado a ser aplicado aos efluentes de natureza industrial somente é possível adotar a partir do conhecimento das características físico-químicas do efluente gerado, sendo necessários ensaios prévios de tratabilidade.

Realizou-se uma análise de sensibilidade, visando apontar um nível de tratamento que minimizasse as alterações na qualidade da água, tendo como objetivo final o atendimento aos padrões da Resolução Conama 357/05 para o fósforo (0,10 mg/L para águas classe 2, em ambientes lóticos).

Nesta avaliação, consideraram-se os efluentes lançados pelos Empreendimentos 5 e 6 e ponderou-se que um percentual de remoção de fósforo, em função da adoção de tratamentos mais avançados, deveria compreender no mínimo 60%. Com esta medida, esperam-se concentrações de fósforo no rio Camanducaia da ordem de 0,10 mg/L. Contudo, podem ocorrer ao longo do ano condições episódicas mais críticas, extrapolando em alguns meses o valor máximo de 0,10 mg/L.

Nesse sentido, antecipam-se recomendações para que seja adotado tratamento mais intensivo dos efluentes industriais na zona urbana de Amparo, sobretudo os oriundos dos dois empreendimentos mencionados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

As análises apontam que as principais cargas de fósforo no rio Camanducaia são decorrentes do lançamento de efluentes domésticos e, sobretudo, os industriais gerados principalmente na cidade de Amparo. Na bacia do ribeirão Pantaleão, as cargas são predominantemente difusas, associadas principalmente às atividades pecuárias.

Nesse sentido, recomendam-se ações preventivas de contenção destas cargas, cujas soluções devem ser estudadas caso a caso em função do porte do empreendimento e tipo de criação existente na bacia.

Considera-se ainda que parte das cargas de fósforo de natureza difusa gerada na bacia será retida, em função da recuperação das matas ciliares na região do entorno do reservatório, as quais formam uma barreira protetora na contenção das cargas de lavagem proveniente dos terrenos marginais, em períodos de precipitações.

De forma complementar, recomenda-se o desenvolvimento de uma análise mais ampla da qualidade da água da bacia do rio Camanducaia, avaliando de forma integrada os dados de uso e ocupação do solo na bacia contribuinte, dados de disponibilidade hídrica, dados de qualidade da água e fontes de poluição potencial e difusa da bacia, que deverão ser tratados por meio da aplicação de técnicas de modelagem matemática.

Os subsídios decorrentes destes estudos deverão concorrer para a formalização de ações preventivas e corretivas objetivas a serem aplicadas no objetivo de se almejar, de forma otimizada, melhorias na qualidade da água, em síntese, recomendam-se as seguintes etapas de estudo:

- Análise do uso e da ocupação do solo da bacia do rio Camanducaia;
- Identificação das principais fontes de poluição pontual e difusa da bacia, considerando as contribuições das populações rural e urbana, população das criações de animais, atividades agrícolas e industriais;
- Análise dos dados históricos de monitoramento de qualidade da água das estações operadas pela CETESB e desenvolvidas por outras entidades situadas na área da bacia contribuinte do rio Camanducaia;
- Análise do balanço de massa (DBO, nitrogênio e fósforo) e de vazões;
- Formulação de cenários alternativos de ações ambientais de disciplinamento do uso do solo e aplicação de níveis de tratamento dos esgotos industriais e domésticos da bacia, visando à redução das cargas poluidoras;
- Realização de estudos de modelagem matemática de qualidade da água do sistema hídrico do Camanducaia, considerando o reservatório da Barragem Duas Pontes, contribuições laterais e trechos de rios a montante envolvendo de forma ampla toda a bacia contribuinte. Nestas análises, deverão ser aferidos os abatimentos das cargas de DBO, nitrogênio e fósforo, bem como a recuperação das taxas de oxigênio dissolvido, a partir da formulação de cenários alternativos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012**, São Paulo, 2013.
- BRASIL. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2013**, São Paulo, 2014.
- BRASIL. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2014**, São Paulo, 2015.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. 2007. Programa de Estruturação Institucional da Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos - BRA/OEA/01/002.RT final **Consolidação dos Estudos da Qualidade dos Recursos Hídricos no Estado do Mato Grosso**. Mato Grosso.
- COBRAPE. 2011. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020 (com propostas de atualização do Enquadramento dos Corpos d'Água e de Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água até o ano de 2035). **Relatório Final**. São Paulo.
- HIDROSTUDIO ENGENHARIA; THEMAG ENGENHARIA; DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA- DAEE. Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA das Barragens Pedreira e Duas Pontes. São Paulo. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Pecuária Relativa ao Ano de 2013. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/acesso> em 11 de março de 2016.
- METCALF & EDDY, INC. **Wastewater Engineering Treatment, disposal and reuse**. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, c2003. 1819 p. (McGraw-Hill series in civil and environmental engineering).
- NOVOTNY, V. OLEM, H. 1994. **Water Quality – Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution**. Van Nostrand Reinhold, Nova Iorque. Estados Unidos da América.
- SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – SAEE; DRZ GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA. 2012. Plano Diretor de Saneamento - Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Cidade de Amparo. VOLUME I. São Paulo.
- STRASKRABA M. **Retention time as a key variable of reservoir limnology**. In: T. G. Tundisi & M. Straskraba (Ed.) Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. São Carlos, Brazil: International Institute of Ecology, Brazilian Academy and Backhuys Publishers, 1999. p. 385–410.
- VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2ª ed., DESA-UFMG: