

**Projeto preliminar de gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio  
Paraíba do Sul**

*Preliminary design of environmental management of the watershed of the river Paraíba  
do Sul*

*Diseño preliminar de la gestión ambiental de la cuenca del río Paraíba do Sul*

**Adacto Benedicto Ottoni**

Professor Doutor, UERJ, Brasil  
adactoottoni@gmail.com

**Felipe Pereira da Cunha Sampaio**

Engenheiro Civil Sanitarista, UERJ, Brasil  
Felipe.sampaio@hotmail.com

**Nathalia de Almeida Vasconcelos**

Engenheira Civil Sanitarista, UERJ, Brasil  
vasconcelosnathalia@yahoo.com.br

## Resumo

A água doce é o recurso principal para a maioria dos processos humanos. Com o decorrer do tempo, este recurso tende a se tornar mais escasso, também em sua distribuição espacial. Inclusive, as ações do homem que alteram as condições climáticas do planeta - aquecimento global, contribuem na modificação do regime hídrico da bacia. O presente projeto analisa a situação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Além de ocupar grande parte do território do Estado do Rio de Janeiro e ser responsável por boa parte do abastecimento, a bacia do rio Paraíba do Sul também provê energia elétrica para a população metropolitana. Esses fatores, acrescidos à falta de gestão dos órgãos competentes para obter os controles adequados de qualidade da água, incentivam a elaboração de um estudo preliminar para avaliação das condições atuais desta bacia. O presente projeto recebeu o financiamento da AGEVAP (Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), onde este Comitê liberou um edital para financiamento de projetos de graduação, pós-graduação, mestrado e doutorado. A proposta que aqui será apresentada foi enviada e aprovada. Foram realizados levantamentos de dados de campo, levantamento de dados de qualidade de água, monitoramentos hidrométricos e inspeção à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, visando elaborar um diagnóstico ambiental e um projeto preliminar de gestão, indicando soluções para a recuperação desta bacia hidrográfica, onde se situa o principal manancial hídrico do Estado do Rio de Janeiro.

**Palavras-chave:** Água. Bacia Hidrográfica. Rio Paraíba do Sul. Gestão Ambiental. Impactos Ambientais

## Summary

Fresh water is the main resource for most human processes. Over time, this feature tends to become more scarce, also in your distribution. Even the actions of man that alter the weather conditions on the planet-global warming, contribute in the modification of the water regime of the basin. This project analyses the situation of the catchment area of the river Paraíba do Sul. In addition to occupy much of the territory of the State of Rio de Janeiro and be responsible for much of the supply, the Paraíba do Sul River basin also provides electricity to the metropolitan population. These factors, plus the lack of competent organs for the appropriate controls of water quality, encourage the development of a preliminary study to assess the current conditions of this basin. This project received funding of AGEVAP (Association pro-management of the waters of river Paraíba do Sul watershed), where this Committee has released a notice to project financing of undergraduate, postgraduate, master's and doctoral degrees. The proposal will be presented here was submitted and approved. Data surveys were carried out in the field, data collection, hydrometric and water quality monitoring, in the Paraíba do Sul river watershed, aiming to develop an environmental assessment and a preliminary project management, indicating solutions for the recovery of this river basin, where it is the main water source of the State of Rio de Janeiro.

**Keywords:** Water. Watershed. Paraíba do Sul River. Environmental Management. Environmental Impacts

## Resumen

Agua fresca es el principal recurso para los procesos más humanos. Con el tiempo, esta función tiende a ser más escasa, también en su distribución. Incluso es las acciones del hombre que alteran las condiciones atmosféricas en el planeta-calentamiento, contribuir en la modificación del régimen del agua de la cuenca. Este proyecto analiza la situación de la cuenca de la Río Paraíba do Sul. Además para ocupar gran parte del territorio del estado de Río de Janeiro y ser responsable de gran parte de la fuente, el Paraíba do Sul cuenca también proporciona electricidad a la población metropolitana. Estos factores, además de la falta de órganos competentes para el control adecuado de calidad del agua, fomentar el desarrollo de un estudio preliminar para evaluar las condiciones actuales de esta cuenca. Este proyecto recibió fondos de AGEVAP (Asociación Pro-gestión de las aguas de la cuenca de la Río Paraíba do Sul), donde este Comité ha publicado un aviso de proyecto financiamiento de pregrado, postgrado, maestría y doctorado. Aquí se presentará la propuesta fue presentado y aprobado. Encuestas de datos se llevaron a cabo en el campo, recolección de datos, monitoreo de calidad del agua y hidrométricos de inspección al área de captación del río Paraíba do Sul, con el objetivo de desarrollar una evaluación ambiental y una gestión de proyecto preliminar, indicando soluciones para la recuperación de esta cuenca, donde es la fuente principal del estado de Río de Janeiro.

**Palabras clave:** Agua. Cuenca. Río Paraíba do Sul. Gestión ambiental. Impactos ambientales

## 1. INTRODUÇÃO

A região da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul tem grande importância para o sudeste do país, abastecendo diversas cidades em três dos maiores estados do Brasil. Ao longo do seu curso, dezenas dessas cidades se desenvolveram e tornaram-se grandes polos industriais e econômicos com significativa relevância para o crescimento brasileiro.

A principal finalidade deste trabalho é demonstrar a necessidade de uma política de gestão ambiental sustentável para os recursos hídricos desta bacia, denotando a importância do recurso fundamental para a vida humana: a água. Esta política de gestão sustentável ocorrerá mediante uma eficaz ação pública no gerenciamento e controle do monitoramento da qualidade da água e seus mananciais, mapeamento das matas ciliares para proteção e fiscalização rigorosa contra, assoreamentos e poluição pontual e difusa oriunda das grandes cidades inseridas nas regiões circunvizinhas ao curso do rio, respectivamente.

Este trabalho pode ser considerado relevante, pois a escassez da água para consumo humano, uso industrial e na agricultura trará consequências ambientais negativas para a região, tais como, desemprego, no abastecimento dos alimentos, entre outros. Sendo assim, é natural que este tema esteja em evidência e que ações corretivas sejam propostas e colocadas efetivamente em prática.

O foco na preservação ambiental de uma bacia hidrográfica é latente, tendo em vista a necessidade da água em diversos ramos de atividades fundamentais para a manutenção da vida. Atualmente, os principais jornais do país destacam o atual cenário do principal reservatório de água de abastecimento da maior cidade do país e as constantes ameaças de racionamento. Deste modo, conseguiu-se enxergar a necessidade deste estudo e das ações corretivas que serão propostas ao término deste projeto preliminar de gestão ambiental.

Entende-se que, uma adequada gestão ambiental deve ter princípios básicos para obter um desenvolvimento que construa um legado para as futuras gerações e deve ser alicerçado em três pilares: ter viabilidade econômica e ecológica e ser socialmente desejável.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo principal realizar um projeto preliminar de gestão ambiental de bacia hidrográfica visando à melhora da qualidade da água e do abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro. Para tal foi selecionada para estudo a região da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul até a sua transposição em Santa Cecília, já que cerca de 90% da água do rio Guandu, a principal fonte de abastecimento do Rio de Janeiro, é proveniente dessa transposição.

### 3. JUSTIFICATIVA

Com a realização deste trabalho, pretende-se mostrar que a regiões da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, uma das mais importantes do país, sofre atualmente com secas e inundações (fenômenos hidrológicos opostos), além da qualidade ruim de suas águas, devido à falta de uma gestão pública ambiental sustentável. Isto levou à elaborar o presente Projeto Preliminar de Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, visando indicar as soluções para a recuperação da saúde ambiental dessa bacia.

### 4. METODOLOGIA

Para dar início ao trabalho se fez necessária à busca pelo conhecimento técnico e científico básico para compreensão e interpretação das informações obtidas e dar embasamento para as conclusões. Portanto, procuraram-se informações sobre hidrologia, bacia hidrográfica, ações antropológicas, gestão ambiental de bacia hidrográfica, leis e artigos sobre o assunto, além de informações sobre a região a ser estudada.

Com as informações obtidas no referencial teórico levantaram-se dados hidrológicos, qualidade de água, demográficos, uso e ocupação do solo, tipo de solo para a área da bacia hidrográfica até a região captação do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu em Santa Cecília. Essas informações foram organizadas e catalogadas para então serem selecionadas e utilizadas no projeto.

A partir dos dados ambientais selecionados começou a fase de analisá-los de forma crítica. Inicialmente observou-se a quantidade e localização das estações de medições de qualidade de água. Verificaram-se também os tipos de dados e os períodos de medições disponíveis.

Com os dados, aplicou-se a metodologia de qualificação dos rios adotada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2013). Nela são utilizados cinco parâmetros para avaliação: oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitratos e coliformes termotolerantes. Na Tabela 1 estão descritos os limites padrões utilizados nessa metodologia. Já na Figura 1 estão apresentados os índices para avaliação da conformidade.

Para a determinação do valor dos índices de conformidade foi adotada a média anual de cada parâmetro. Realizou-se essa metodologia para os anos que possuíam informações mínimas suficientes para uma caracterização satisfatória do período. Fez-se, então, uma análise geral caracterizando a evolução da área levando em consideração também outros parâmetros que são importantes como demanda bioquímica de oxigênio, pH e turbidez.

**Tabela 1 – Limites para os parâmetros de qualidade de água**

Parâmetros	Padrões (P)
C. Termotolerantes (NMP/100ml)	2500
OD (mg/L)	4,0 a 9,0
Fósforo Total (mg/L)	0,186
Nitrato (mg/L)	0,700
N. Amoniacal (mg/L)	0,700

Fonte: INEA, 2013.

**Figura 1 – Índices de conformidade da qualidade da água**

Classificação de Conformidade	
Se $(V) / (P) \leq 1,00$	Satisfatório
Se $1,00 < (V) / (P) \leq 1,50$	Regular
Se $1,50 < (V) / (P) \leq 2,00$	Ruim
Se $(V) / (P) > 2,00$	Péssimo

OBS: O resultado do Índice da Classificação Geral é a média das razões [Valor (V)/Padrão (P)] dos 5 (cinco) parâmetros (Coliformes Fecais, OD, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Fósforo Total).

Fonte: INEA, 2013.

Após a análise da qualidade de água, verificou-se a disponibilidade hídrica através dos dados de vazão. Foram escolhidos alguns pontos da bacia hidrográfica de forma a constatar algumas hipóteses. Com os dados pluviométricos e fluviométricos encontrados no site da ANA montaram-se hidrogramas para melhor visualização e para facilitar essa análise. Foi realizada também uma inspeção de campo com a elaboração de relatório fotográfico. Nessa ida ao local buscou-se comprovar algumas das análises já feitas. Partindo de toda a informação e análises feitas no desenvolver do trabalho conseguiu-se elaborar um diagnóstico ambiental preliminar. Com a situação atual caracterizada formulou-se um projeto preliminar de gestão da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul com possíveis intervenções para a sua melhora ambiental. Partindo do projeto gerou-se um desenho com indicação das intervenções propostas para uma gestão ambiental mais sustentável.

## 5. ESTUDO DE CASO

O presente trabalho teve como objetivo principal realizar um projeto preliminar de gestão ambiental de bacia hidrográfica visando a melhora da qualidade da água e do abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro. Para tal é preciso compreender o principal sistema de abastecimento da região, o sistema Guandu.

A Estação de Tratamento de Água do Guandu é reconhecida pelo Guinness Book como a maior estação de tratamento de água do mundo produzindo hoje até 43m<sup>3</sup>/s de água tratada e atende uma população de cerca de 9 milhões de pessoas da região metropolitana do município do Rio de Janeiro. Ela foi concebida pela CEDAE na década de 50 quando começou a ser construída uma transposição do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu com a finalidade de geração de energia pelo sistema Light. Aproveitou-se que essa obra aumentaria a vazão do rio Guandu e concebeu-se o projeto inicial da estação de tratamento. A importância dessa fonte de água é tão grande que já está prevista uma ampliação de 30% do sistema de tratamento de água para garantir o abastecimento da população. A partir de acordos, o sistema Light até junho de 2014 tinha que assegurar uma vazão de 190m<sup>3</sup>/s no Paraíba do Sul na seção em Santa Cecília, destes, 119m<sup>3</sup>/s para a transposição do Guandu. Porém, a partir da posterior Resolução nº 700/2014 da ANA, a vazão foi reduzida para 173m<sup>3</sup>/s por tempo indeterminado até que o período de estiagem passasse.

### 5.1 Bacia hidrográfica do rio Guandu

O rio Guandu tem seu início na confluência do ribeirão das Lajes com o rio Santana no município de Paracambi e tem seu término na baía de Sepetiba e altera o seu nome para canal de São Francisco na sua foz e seu comprimento total é de 108 km. Seus principais afluentes são os rios Cabral, Piranema, Santana, São Pedro, Santo Antônio, Queimados e GuanduMirim.

A bacia do sistema Guandu, representada abrange 15 municípios e todos estão localizados no estado do Rio de Janeiro, são eles: Itaguai, Seropédica, Queimados, Engenheiro Paulo de Frontin, Japeri e Paracambi (todos inseridos totalmente dentro da bacia) e Miguel Pereira, Mangaratiba, Vassouras, Barra do Pirai, Mendes, Nova Iguaçu, Pirai, Rio Claro e Rio de Janeiro (inseridos parcialmente dentro da bacia).

### 5.2 Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul

Como relatado anteriormente, a principal fonte de contribuição de água do rio Guandu é o rio Paraíba do Sul, que tem seu nascimento na represa de Paraibuna, no município de mesmo nome – Paraibuna - através da confluência de outros dois rios: Paraitinga (com nascente no município

de Areias/SP) e Paraibuna (com nascente no município de Cunha/SP). Segue o seu curso por três estados brasileiros: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Ao longo deste curso de 1.150 km de extensão, o Paraíba recebe a contribuição de outros afluentes importantes, os quais se destacam os rios Jaguari, Pirapetinga, Bananal, Piraí, Dois Rios, Buquira, Piabanha, Paraibuna, Pomba e o Muriaé. Após seu início no Estado de São Paulo, o Paraíba do Sul tem a sua foz no estado do Rio de Janeiro, em Atafona, município de São João da Barra (AGEVAP, 2011).

A bacia do rio Paraíba do Sul possui área de drenagem com cerca de 62.074 km<sup>2</sup>, mostrada na Figura 2, a qual se estende pelos estados de São Paulo (14.510 km<sup>2</sup>), Rio de Janeiro (26.851 km<sup>2</sup>) e Minas Gerais (20.713 km<sup>2</sup>) e existem, atualmente, em toda a extensão da bacia 184 municípios, sendo que 36 municípios encontram-se parcialmente inseridos nela ( AGEVAP, 2011).

A bacia do Paraíba do Sul é limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce, serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. Já a Nordeste, pela bacia do rio Itabapoana. Ao Sul é restringida pela Serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da Serra do Mar. A oeste pela bacia do rio Tietê, da qual é separada por ramificações dos maciços da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira (Fundação COPPETEC, 2006).

A bacia do Paraíba do Sul está situada em uma região de grande poder socioeconômico no cenário nacional e seu desenvolvimento acentuou-se na segunda metade do século XVIII, com a entrada das lavouras de café. Similarmente, as cidades do Grande Rio se desenvolviam com as lavouras de cana-de-açúcar, para tal processo obter êxito e retorno financeiro para seus incentivadores inseridos em uma cultura colonial de desbravamento e avanço, se tornou necessária a expansão territorial nas florestas nativas de Mata Atlântica na Bacia do Paraíba do Sul, este bioma florestal que atualmente possui menos de 7% de seu território original em todo o país, estimado em cerca de 1,3 milhão de km<sup>2</sup>. A partir de estudos realizados por interpretação visual de imagens de satélite, constatou-se que na bacia do Paraíba do Sul a região de Mata Atlântica ocupa menos que 11% do seu território original (GEROE, 1995).

Ao longo da bacia do rio existem algumas barragens e reservatórios, os principais até a captação para o rio Guandu são Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Jaguarí, Funil, Santa Cecília.

Dada a grande importância de contribuição das águas do rio Paraíba do Sul para o abastecimento do Rio de Janeiro, este rio foi focado no presente estudo, visando a realização de um projeto preliminar gestão ambiental de sua bacia hidrográfica.

Figura 2 – Área de abrangência da Bacia do Paraíba do Sul



Fonte: AGEVAP, 2013.

## 5.3 Análises ambientais

### 5.3.1 Avaliação da qualidade da água dos rios da bacia do rio Paraíba do Sul

Para realizar um diagnóstico preliminar utilizaram-se dados disponibilizados pela ANA com informação de qualidade de água de sessenta estações ativas e inativas. A partir desses dados foi feita uma avaliação ao longo dos anos utilizando o método do INEA. Durante a análise dos dados foi detectada a falta de continuidade no monitoramento, havendo períodos muito longos sem dados na mesma estação, ou ainda poucos dados de um determinado parâmetro dificultando assim uma melhor avaliação da bacia hidrográfica. Além disso, há rios com importantes contribuições onde não há monitoramento dos parâmetros de qualidade estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05. Para uma análise inicial utilizou-se a forma de avaliação usada pelo INEA a qual estabelece como base cinco parâmetros da resolução CONAMA



nº 357/05: Oxigênio dissolvido, Nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total e coliformes termotolerantes. Como esses dados só passam a ter maior consistência a partir de 2000 até 2010, foi avaliada a qualidade da água da bacia nesse período.

O que mais chama a atenção é a quantidade bastante elevada de coliformes termotolerantes encontrados ao longo de toda a bacia. Isso demonstra grande contribuição de esgoto sanitário, que é uma carga orgânica, principalmente nas regiões das cidades de Jacareí São José dos Campos, Aparecida, Resende, Barra Mansa e Volta Redonda. Outros pontos com grande contribuição são os rios Una e Jaguari após a represa, mostrando assim a necessidade de monitoramento também dos afluentes e não só no curso principal.

Apesar das grandes quantidades de coliformes termotolerantes ao longo da bacia, as medições de DBO e OD se encontram dentro, ou muito próximos dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, o que indica uma possível inconsistência nos dados de monitoramento ambiental existente. Na resolução determina um valor máximo de 1000 coliformes termotolerantes por 100ml de amostra para a classe 3, porém foram encontrados valores de 160.000NMP/100ml no ano de 2010 e até maiores nos outros anos.

### 5.3.2 Análise da quantidade de água (dados hidrométricos)

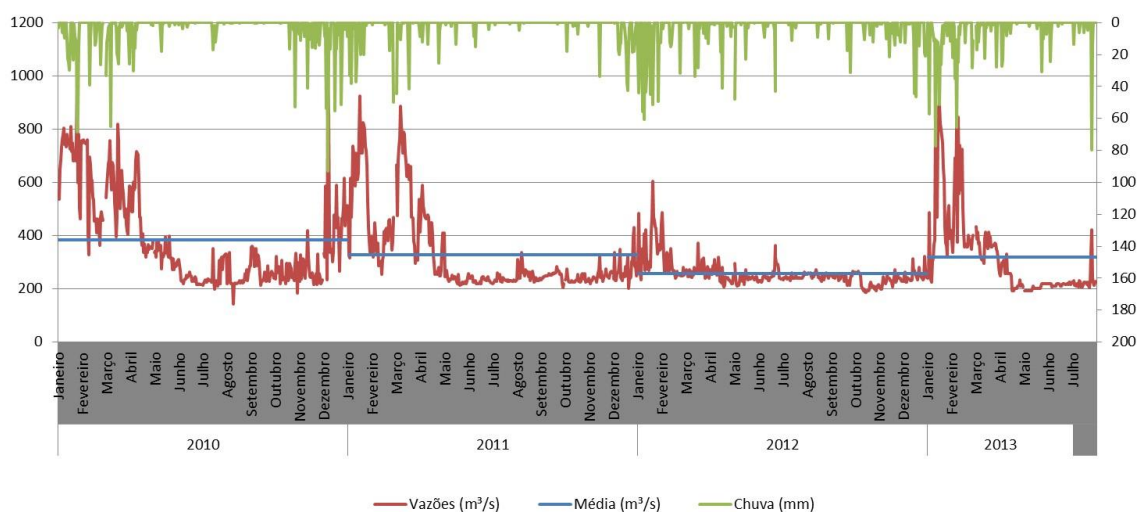
Infelizmente toda a região da bacia do rio Paraíba do Sul tem sofrido com grandes enchentes nas épocas de chuva, como tem sido amplamente noticiado nas principais mídias do país. E mais recentemente tem sofrido também com secas, chegando até afetar o abastecimento de água. Isso se deve, principalmente, ao fato do desmatamento na bacia, constatado na visita de campo. Para se comprovar que os regimes dos rios estão afetados pelo tipo de ocupação da bacia, buscou-se informações de vazões do rio Paraíba do Sul na cidade de Santa Branca - SP, e na cidade de Volta Redonda - RJ, região próxima à captação do Guandu em Santa Cecília. Com os dados obtidos, plotou-se o hidrograma dos anos entre 2010 e 2013 (até o mês de Julho), que são os dados mais atualizados disponíveis na época da pesquisa. Na Figura 3 encontra-se o hidrograma da seção do rio Paraíba do Sul, em Volta Redonda, nos anos de 2010 a 2013, em trecho fluvial fora da área de remanso de reservatório, onde, logo a jusante, é realizada a transposição de vazões do rio do Sul para o rio Guandu, em Santa Cecília.

O rio Paraíba do Sul é um curso d'água que possui diversas barragens ao longo do seu curso, por isso, as vazões tendem a ser controladas e artificializadas, mas mesmo assim foi possível perceber alterações significativas e características de uma bacia hidrográfica degradada com picos de cheias concentrados e bem distantes da média. Na estiagem, a vazão mínima a ser garantida na região de Santa Cecília pelos sistemas de barragens no rio Paraíba do Sul era de 190 m<sup>3</sup>/s, sendo destinado para o Sistema Guandu 119 m<sup>3</sup>/s e 71 m<sup>3</sup>/s continuaria seguindo o fluxo do rio. No período de vazão normal, a vazão aumenta para 250 m<sup>3</sup>/s, sendo que 160 m<sup>3</sup>/s são destinados para o Guandu e 90 m<sup>3</sup>/s seguindo o fluxo normal do rio.

Nos dados obtidos na Tabela 2 verifica-se que a vazão média tem capacidade para atender os valores necessários de vazão mínima, mesmo com a atual impermeabilidade existente nesta

bacia. Porém, como consequência dessa impermeabilidade as vazões médias vêm diminuindo. Isso fez com que a ANA fizesse uma resolução determinando a diminuição temporária da vazão mínima garantida em Santa Cecília para 173m<sup>3</sup>/s a partir de julho de 2014 sem previsão de término.

**Figura 3: Hidrograma do rio Paraíba do Sul na cidade de Volta Redonda – RJ**



Fonte: Os autores, 2014.

**Tabela 2 - Coeficientes hidráulicos do rio Paraíba do Sul em Volta Redonda-RJ**

	2010	2011	2012
Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s):	966,7199	924,7738	604,9831
Vazão Mínima (m <sup>3</sup> /s):	143,3238	201,0627	187,8436
Vazão Média (m <sup>3</sup> /s):	384,2267	326,8848	258,0362
Coeficiente de perenidade de cheias:	2,516014	2,829051	2,344566
Coeficiente de perenidade de estiagem:	2,68083	1,625786	1,373676
Coeficiente de Amplitude:	6,745006	4,59943	3,220675
Precipitação total (mm):	1478,1	839,1	1403,5
Precipitação Média (mm/mês)	128,13	70,74	116,95

Fonte: Os autores, 2014.

#### 5.4 Diagnóstico ambiental preliminar

Visando um diagnóstico mais completo foram realizadas: análise dos dados disponíveis de qualidade de água ao longo do tempo, análise de quantidade de água em algumas regiões, além de uma vistoria fotográfica da região. Partindo dessas informações foi possível montar um panorama da situação atual da bacia hidrográfica. Infelizmente ele não é bom. A bacia está muito degradada em sua quase totalidade. Existem várias áreas desmatadas, que geram maior escoamento superficial e o processo erosivo nas encostas. Isso pode ser demonstrado pelo aumento da turbidez nas épocas de chuva e pelo hidrograma com picos de vazões coincidentes com os picos de chuvas.

Cada vez mais vem sendo noticiadas várias situações de enchentes nas épocas de chuva e falta de água nas épocas de secas deixando clara a impermeabilidade do solo com os altos valores nos coeficientes de perenidade e amplitude máxima calculados. No período de chuva a água não infiltra no solo escoando para o rio e no período de estiagem destaca-se a baixa recarga de água subterrânea, desta maneira, é possível constatar a degradação da bacia hidrográfica.

Ao longo do rio Paraíba do Sul foi implantado um regime de barragens para geração de energia elétrica e abastecimento de água, gerando artificialidade em seu curso. Essa regularização das vazões amortece as cheias no período de chuvas e tende a garantir o abastecimento e geração de energia durante o período de estiagem. Foi possível perceber que este recurso não é eficaz em uma bacia hidrográfica com baixa permeabilidade do solo, pois em época de chuva ocorre um imenso acúmulo de água e ainda há uma grande vazão extravasada pelo vertedor, aumentando as vazões à jusante com a água que, na verdade, deixou de ser infiltrada no solo. Nos períodos de seca não há recurso suficiente, pois justamente a água que deveria alimentar o curso d'água escoou superficialmente na época de chuvas. Isso deixa evidente que esta bacia hidrográfica está "doente" e corrobora-se esta informação através dos seus coeficientes de perenidade e amplitude com valores elevadíssimos.

Para uma bacia hidrográfica desempenhar seu papel de maneira adequada, a sua fauna e flora devem estar preservadas no seu território e este deve ser coberto de uma vegetação diversificada, sendo respeitada a manutenção de suas espécies nativas. Deste modo, os regimes de chuvas e estiagem estarão regulados e equilibrados garantidos pelo ciclo hidrológico natural, diminuindo as tragédias calamitosas que ocorrem frequentemente nessas regiões.

Em face deste exposto, foi evidenciado com a inspeção de campo realizada e uso imagens de satélite (Google Earth) que a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul encontra-se amplamente desmatada. Fazendo que seu regime hídrico profundamente alterado, conforme mostrado na Figura 3, necessitando além do reflorestamento, de intervenções de curto e médio prazo para recuperação. Sem estas ações imediatas, continuar-se-á vivenciando situações de calamidade pública e escassez do recurso básico, a água.

Uma bacia hidrográfica que apresenta um regime de vazões desregulado sofre alterações com enchentes frequentes, além do carreamento do solo. Isso se deve principalmente pela ausência

de mata que trabalha como um suporte deste solo através de suas raízes. Todavia, identificou-se que em diversos locais existem irregularidades ocasionadas pela ocupação humana que agravam o processo erosivo, tais como:

- a) Ocupação residencial marginal irregular, desrespeitando as normas estabelecidas na Lei 7.803, que delimita as Áreas de Proteção Permanente (APPs), proporcionando o lançamento irregular de esgoto sem o devido tratamento. Isso aumenta o processo de eutrofização nas margens e diminui a seção transversal do rio.
- b) Desmatamento de morros e encostas para ocupação residencial e para fins econômicos (fazendas, pastos, entre outros). Identificaram-se plantações de monocultura de eucalipto para extração de celulose, favelização, etc. Estas ações negativas trazem consequências gravíssimas para o regime regular da bacia além de causar erosão a ponto de provocar voçorocas pelo escoamento da água de chuva.
- c) O processo de mineração para extração de areia destrói a mata ciliar que tem a função de proteger a margem do rio através de suas raízes, pois a água de precipitação carrega todos os nutrientes para o curso do rio.

Na questão do monitoramento, é perceptível a falta de dados e até alguns dados inconsistentes. O rio Paraíba do Sul, ao longo de seu curso, conta com mais de 200 afluentes, todos contribuindo de alguma forma para o curso d'água principal. Desta maneira, o monitoramento de vazões e indicadores de qualidade de água em toda a bacia se torna necessário para avaliação dos índices de qualidade e saber o tipo de contribuição e o que está ocorrendo em cada afluente.

A partir dos dados disponíveis são perceptíveis as claras evidências de contaminação da água por efluentes tanto domésticos quanto industriais, conforme mostrado na análise ambiental realizada no item 5.3.1, demonstrada pelas concentrações de coliformes termotolerantes e fósforo total. Com a pequena vazão no período de estiagem a concentração dos poluentes se torna maior, pois há menos solvente para o soluto tornando a qualidade da água pior nessa época. Ou seja, há menos água e com pior qualidade.

Encontram-se ilhas de sedimentos e alta turbidez da água caracterizando o lançamento de esgoto sem tratamento e outros poluentes que geram o assoreamento da calha do rio. Verificou-se que nos grandes centros urbanos frequentemente existem locais de poluição pontual caracterizando lançamento de esgoto não tratado. Isso traz também alteração da coloração e da turbidez da água nestes locais, além de formação de limo e ilhas de assoreamento.

Também há emissão de partículas no ar durante o processo industrial, prejudicando a sua qualidade e, posterior depósito deste particulado no próprio rio, podendo o mesmo ser tóxico prejudicando a biodiversidade da fauna e flora.

Com todos esses problemas detectados na região da bacia fica clara e evidente a sua degradação, principalmente devido ao seu tipo de ocupação. Se não houver intervenção

sustentável na bacia hidrográfica, esse processo de deterioração continuará ocorrendo e ficará cada vez pior com catástrofes naturais mais recorrentes.

## **6. PROJETO PRELIMINAR DE GESTÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL ATÉ A CAPTAÇÃO PARA O RIO GUANDU EM SANTA CECÍLIA**

A partir da execução do trabalho de levantamento e análise dos dados de qualidade de água, item 5.3.1, e hidrométricos, item 5.3.2, e da realização de diagnóstico ambiental preliminar, item 5.4, foi possível elaborar o Projeto Preliminar de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul até a captação em Santa Cecília. A parte estudada da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul está bastante degradada. Foram detectadas ocupações irregulares em áreas de APPs, falta de saneamento de esgotos domésticos, industriais e resíduos sólidos, erosão do solo, obstrução da seção das calhas dos cursos d'água por pontes e ilhas de sedimentação, além de outros impactos negativos. Para encontrarmos as melhores formas de intervenção, devemos atender o seguinte tripé da Sustentabilidade Ambiental, onde as obras deve ser: ambientalmente viável, economicamente viável e socialmente desejáveis. Com isso, é possível propor soluções que contribuam para a recuperação ambiental do ecossistema da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, com efeitos benéficos para a sociedade.

Levando em consideração o apresentado, seguem as propostas de intervenções para a área da bacia, dentro do projeto preliminar de gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul mostrado no Desenho 1:

**a) Reflorestamento nas Áreas de Preservação Permanente (APPs):** O principal problema encontrado na bacia do rio Paraíba do Sul é a falta de vegetação, pois afeta os dois princípios básicos de uma boa gestão de bacia hidrográfica, a regularização de vazões dos corpos hídricos e a boa qualidade de suas águas. Além do benefício para os recursos hídricos também há grandes benefícios para a fauna e para o clima da região. Como o presente trabalho tem o objetivo de gerar um projeto preliminar, foram delimitadas regiões que possuem grande concentração de áreas que devem ser de preservação permanente, além de, áreas clivosas com chances de sofrer grandes processos erosivos. Para essas regiões é sugerido o reflorestamento com vegetação nativa e preservação das áreas já existentes. Elas se encontram em verde no Desenho 1.

**b) Reflorestamento e pequenas e médias obras de recarga das águas subterrâneas:** Nas regiões menos íngremes da bacia, também deverá ser feito o reflorestamento nas áreas desocupadas. Já nas regiões com ocupação rural devem ser previstas construções para regularização de vazões tais como: soleiras de encostas, valas de terraceamento, bacias de recarga, de forma a aumentar a infiltração da água. Com essas intervenções o solo se torna mais rico, pois há mais água presente e não há o carreamento de minerais. Portanto, essas intervenções auxiliam também na agricultura e pecuária. Essas áreas foram demarcadas em cinza no Desenho 1.

c) **Recomposição da vegetação ciliar:** As faixas marginais de todos os rios, onde não houver ocupação urbana estabelecida, deverão receber reflorestamento e fiscalização para a preservação da mata existente. Essa vegetação ciliar evita o processo erosivo nas margens, bem como evaporação, além de melhorar a infiltração da água. A existência de flora gera um melhor clima e maior diversidade de fauna.

d) **Construção de pequenas e médias barragens de cheias:** Nos trechos alto e médio dos rios de maior contribuição devem ser previstas também pequenas e médias barragens de cheias. No Desenho 1 estão indicados os lugares onde é proposta a sua utilização. Essa obra de engenharia é usada a fim de reter água na parte superior do rio nas épocas de chuvas e liberando-a lentamente para o rio após o término da chuva intensa. O seu principal objetivo é evitar que a água alcance rapidamente as partes planas e baixas da bacia.

e) **Busca de soluções sustentáveis para o lançamento de esgoto nas calhas fluviais:** Para esgotos domésticos, emergencialmente, pode-se até realizar a coleta de tempo seco dos esgotos, que consiste em galerias interceptoras construídas nas margens dos rios nas áreas mais povoadas a fim de interceptar valões de esgotos existentes e destinar ao devido tratamento.

Já a médio e longo prazo, deve-se investir em coleta do esgoto através de sistema de coletor separador absoluto e em Estações de Tratamento de Esgoto. Para uma solução mais ambientalmente sustentável, necessita-se utilizar tecnologias de tratamento que viabilizem o reúso do efluente em usos secundários, além do aproveitamento do lodo como biogás e composto orgânico, que inclusive poderá ser utilizado no processo de reflorestamento.

f) **Realização do saneamento sustentável dos resíduos sólidos:** Existem municípios que possuem serviços eficientes de coleta de lixo na área urbana, porém ainda há regiões com ocupações irregulares que acabam gerando resíduo disperso na bacia hidrográfica. Esse lixo é carregado com as chuvas, entupindo o sistema de drenagem ou até mesmo assoreando os cursos d'água.

A Lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, delibera as seguintes prioridades na gestão dos resíduos sólidos urbanos: não geração, redução, reutilização e reciclagem (a partir da coleta seletiva, inclusive com o aproveitamento do lixo úmido – restos de comida – como composto orgânico), sendo a última prioridade o descarte em aterros sanitários. É importante que se busque o cumprimento desta lei.

g) **Controle das ocupações irregulares de encosta, priorizando-se as áreas de risco:** Infelizmente, como constatado nas inspeções de campo, existem várias ocupações em áreas que deveriam ser preservadas (como áreas com inclinação de encosta acima de 45º e faixas marginais de proteção do rio. De modo geral é a população mais carente que recorre à moradia nesses locais e pelo fato de serem irregulares não há infraestrutura. É preciso que haja remoção dessa população para lugares mais seguros e com saneamento. Existem vários projetos pelo mundo que removem a comunidade das encostas e constroem prédios na base do morro. Esse tipo de intervenção além de preservar as encostas para que não haja erosão, também garante que o lixo e o esgoto gerado por essa população não contaminem o meio ambiente e causem doenças. Além de dar dignidades às famílias que se encontram nessa situação.

**h) Ampliação a educação ambiental para toda a população da região:** Para garantir a efetividade das soluções de engenharia propostas.

**i) Aprimoramento o sistema de monitoramento ambiental existente, que deve ser permanente:** Conforme demonstrado no diagnóstico, às vezes não há dados suficientes para uma análise ou até mesmo são inconsistentes. Ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul existem vários pontos de monitoramento conforme mostrado anteriormente, porém eles estão localizados principalmente no curso d'água central. Os rios afluentes tem grande contribuição tanto na vazão quanto na qualidade da água que escorre no leito principal, portanto é de suma importância que as suas águas também sejam analisadas para saber a real contribuição e formar ações mais efetivas para o controle da qualidade das águas. Nos pontos de monitoramento, deve-se analisar os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05.

Outra forma de monitoramento é o acompanhamento da fauna e flora. Como se sabe cada espécie possui faixas de tolerância para modificações do meio em que habitam. Partindo disso pode-se analisar a saúde ambiental pelo desenvolvimento das plantas e animais ali existentes. Como o rio Paraíba do Sul possui muitas barragens ao longo de seu curso uma das formas de monitoramento necessárias é a análise de fitoplâncton, pois é a partir dela que se pode perceber o processo de eutrofização.

Não basta somente coletar os dados e comparar aos parâmetros estabelecidos, é preciso analisá-los criticamente e propor ações corretivas para as os desvios encontrados. Para isso é preciso que o monitoramento seja contínuo. É necessário que haja um monitoramento adequado também nas áreas que venham a sofrer as intervenções aqui propostas. Esse monitoramento serve para verificar os reais efeitos dessas intervenções.

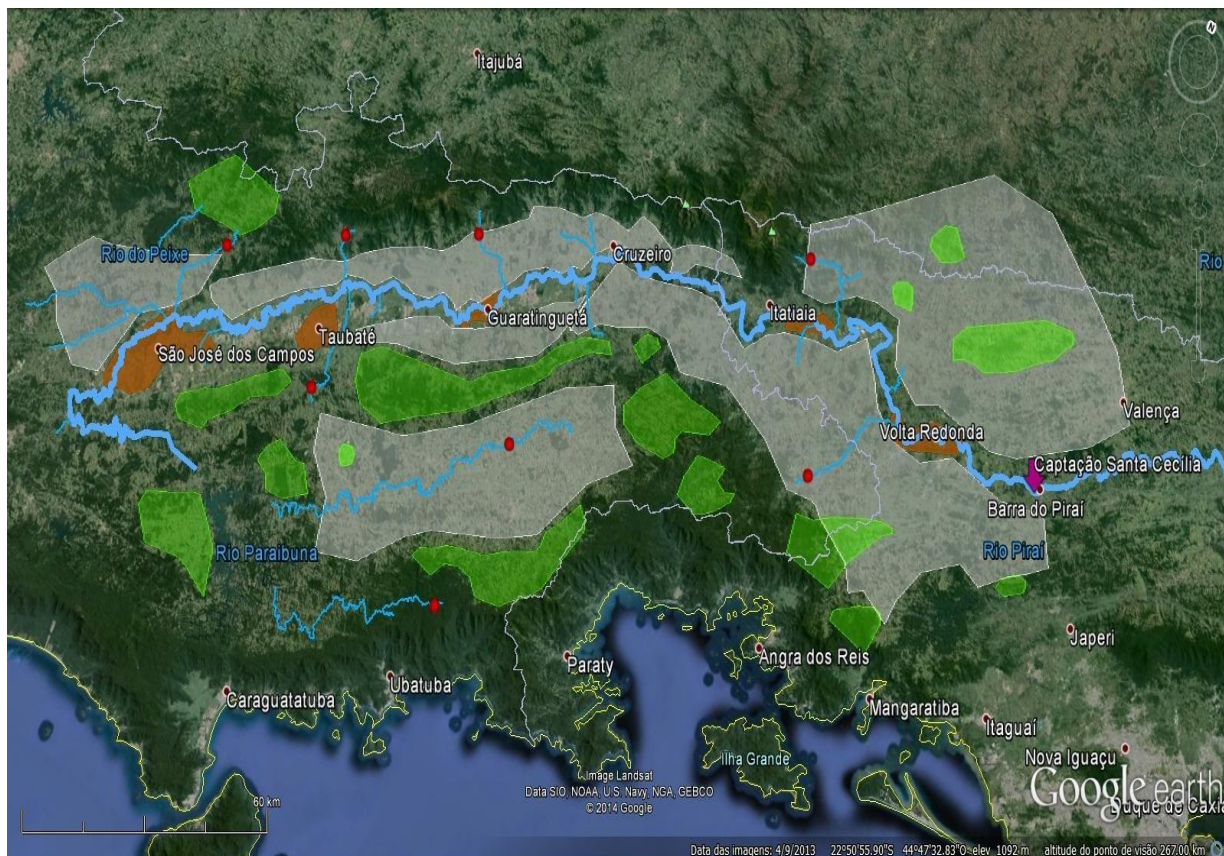
**j) Atuações para aumento da permeabilidade nas regiões urbanas:** Pode-se construir bacias de retenção nas áreas de lazer que devem ficar em cota inferior ao arruamento reduzindo inundações. A água acumulada seria drenada lentamente para o sistema de drenagem pluvial. Há também a possibilidade de pisos permeáveis, utilização de telhados verdes, entre outros.

**k) Construção de soleiras de admitância nas calhas fluviais:** Nas calhas dos rios devem-se construir, soleiras de admitância com a função de amortecer a propagação de cheias.

**l) Realização de inspeções permanentes nos rios:** Realizar inspeções periódicas em todos os cursos d'água, observando a redução das suas seções transversais devido a pontes existentes, assoreamento por causa de lixo e sedimentos, e outros efeitos de impactos negativos no rio.

**m) Licenciamento e fiscalização ambiental eficazes:** É necessário haver processos de licenciamento e fiscalização ambiental eficazes pelos órgãos de controle ambiental, pois a melhor forma de se evitar a degradação e os acidentes ambientais é com uma legislação severa.

**Desenho 1: Projeto preliminar de gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul até Santa Cecília**



**LEGENDA:**

- Áreas prioritárias em reflorestamento.
- Áreas menos planas, com prioridade em reflorestamento, e com obras de recarga artificial de água subterrânea.
- Áreas urbanas prioritárias para intervenções contra poluição hídrica devido a lançamento de esgoto.
- Barragens de cheias nos trechos médios e superiores dos rios.

**OBSERVAÇÃO:** Além das intervenções acima descritas também são propostas obras e intervenções espaciais ao longo da bacia hidrográfica, como o reflorestamento da mata ciliar nas FMPs dos cursos d'água, obras nas calhas dos rios (como soleiras de amplitâncias), saneamento de resíduos sólidos, atuações para aumento de permeabilidade na área urbana, melhoria no sistema de monitoramento ambiental, programa de educação ambiental para a população e uma fiscalização ambiental eficiente.

<b>PROJETO PRELIMINAR DE GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL ATÉ SANTA CECÍLIA</b>
Projeto de Graduação do Engenharia Civil UERJ Alunos: Nathalia de Almeida Vasconcelos Felipe Pereira da Cunha Sampaio Orientado: Adacto Benedicto Ottoni

Julho / 2014

Fonte: Os autores, 2014.



## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi verificado com os dados obtidos e análises realizadas que uma bacia hidrográfica ocupada por grandes cidades e sem os controles adequados no tratamento de esgoto, grandes áreas de mata nativa desmatada e exploração dos recursos sem a preocupação com a preservação para as futuras gerações, são oriundas de uma gestão ambiental inadequada e deficiente. Ratificando assim, que diversos pontos desta bacia se esquadram no perfil de uma má gestão, sem sustentabilidade ambiental.

Se não houver intervenção urgente na região a situação só tende a piorar com desastres ambientais cada vez maiores. Ocorrerão mais deslizamentos de encostas, mais enchentes e de maiores magnitudes, menos disponibilidade de água na estiagem para geração de energia e principalmente para o abastecimento. As vazões menores resultam no aumento da concentração de poluentes no rio, prejudicando a qualidade da água e diminuindo a biodiversidade do ecossistema hídrico.

A escassez de água influenciará diretamente o abastecimento urbano, a irrigação para produção de alimentos e a manutenção do bioma, trazendo consequências negativas irreparáveis no âmbito social, econômico e ambiental.

A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul está “doente”. Para isso é necessária uma visão holística da situação com objetivo de preservar os recursos naturais para as próximas gerações. A humanidade não precisa degradar para se desenvolver, pelo contrário, com soluções técnicas sustentáveis preserva-se o ecossistema utilizando menos recursos e gera-se renda para a população.

Uma bacia hidrográfica saudável traz imensos benefícios para a sociedade e para o próprio rio. Além de fornecer água de boa qualidade em quantidade suficiente para o abastecimento ela também gera energia, renda através da gestão dos resíduos humanos, pesca agricultura e pecuária, melhora o clima, com preservação da biodiversidade hídrica e melhoria da saúde pública da população.

Foram propostas ações de reflorestamento, obras civis para regularização de vazões, ações para diminuição de poluição nas áreas urbanas, reaproveitamento de recursos antes desperdiçados, melhoria do sistema de monitoramento e conscientização da população. Todas essas sugestões foram feitas visando a sua posterior utilização em estudos e projetos individualizados para então serem postas em prática

Além das soluções técnicas deve-se investir em educação e monitoramento ambiental permanente, pois também fazem parte da solução sustentável na gestão de bacias hidrográficas. Há também a necessidade de uma fiscalização rigorosa. O órgão ambiental é o mais importante, pois é ele que, através das suas intervenções, garante os recursos naturais necessários para o desenvolvimento da sociedade além de evitar tragédias naturais e auxiliar na saúde pública.

Estes tipos de intervenções são muito mais baratas do que as grandes obras de barragens, canalização de rios, construção de diques e dragagens, que atacam a consequência do problema das enchentes e secas, e não a sua causa.

A natureza se torna reflexo da maneira como a tratamos. Sendo assim, a principal mudança deve ocorrer em nós, sociedade, através da conscientização que os recursos naturais são renováveis, entretanto não são infinitos.

Conclui-se que uma gestão ambiental adequada deve ter como alicerce o tripé da sustentabilidade, onde o seu desenvolvimento almeja ser economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente desejável.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); **DISPONIBILIDADE E DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL**. Brasília, SPR: Maio de 2005. 134 p.

AGEVAP. **PLANO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL...** rev. 2. [Resende]: COHIDRO, 2013.

AGEVAP. **Relatório técnico – Bacia do rio Paraíba do Sul – Subsídios às ações de melhoria da gestão 2011**. Resende: 2011. 256 p. Relatório Técnico.

CEIVAP. **Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul**. [S.l.: s.n., 201-]. Disponível em: <[http://www.ceivap.org.br/bacia\\_1\\_2.php](http://www.ceivap.org.br/bacia_1_2.php)>. Acesso em: 12 out. 2013, il. color.

CONSELHO NACIONAL DO 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.

FUNDAÇÃO COPPETEC. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo**. Resende, 2007. 147 p. Relatório Técnico.

Lei 9433/97. Legislação de Recursos Hídricos: outorga e fiscalização. Secretaria de saneamento e energia, São Paulo, DAEE: 2007. 96 p.

NEBEL, B. J. & W.; WRIGHT, R. T. **Environmental Science. The Way the World Works**. Seventh Edition, Prentice Hall. New Jersey, 2000.

OTTONI, A. B. **Tecnologia do Manejo Hídrico em Bacias Hidrográficas visando a Valorização Sanitária e Ambiental**. Tese de Doutorado, Escola Nacional de Saúde Pública, ENSP/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 1996.

SAMPAIO, F. P. C.; VASCONCELOS, N. A. **Projeto preliminar de gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.** 2014. Dissertação (Projeto final de curso - Graduação) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4 ed. 1º reimp da 1ª ed. 1993. Porto Alegre. UFRGS: 2009.