



Luiz Felipe Daudt Oliveira

**DOMÍNIO DAS ILHAS FLUVIAIS:
Um segmento relativamente conservado no degradado Rio Paraíba
do Sul**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção Profissional).

Orientador: Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Rio de Janeiro
Agosto de 2014



Luiz Felipe Daudt Oliveira

Domínio das Ilhas Fluviais:

**Um segmento relativamente conservado no degradado Rio Paraíba
do Sul**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção Profissional).

Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Orientador

Departamento de Geografia – PUC-Rio

Prof. Rogério Ribeiro de Almeida

Departamento de Geografia – PUC-Rio

Prof. Dalcio Ricardo de Andrade

Centro de Ciências e Tecnologias de Nutrição Animal UENF – Campos
dos Goytacazes

Rio de Janeiro, 27 de Agosto de 2014

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Felipe Daudt de Oliveira

Bacharelado e Licenciatura – PUC-Rio

Ficha Catalográfica

Oliveira, Luiz Felipe Daudt

Domínio das ilhas fluviais: um segmento relativamente conservado no degradado Rio Paraíba do Sul / Luiz Felipe Daudt Oliveira ; orientador: Luiz Felipe Guanaes Rego. – 2014.
148 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2014.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Ocupação. 3. Degradação. 4. Poluição. 5. Diversidade. 6. Espécies ameaçadas. 7. Estrutura dinâmica. 8. Atributos ecológicos. I. Rego, Luiz Felipe Guanaes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 624

Dedicatória

No homem e da natureza o que amamos acima de tudo é o que deles se pode escrever. Dedico esta dissertação a Andréia, minha mulher, que estimulou as cores fundamentais deste trabalho, como profissional do meio ambiente e grande artista que é.

À Guilherme Souza, fundador do Projeto Piabanha, Bernardo e Bruna, meus filhos, e Ana Lucia Daudt, minha irmã. Sobretudo, ao meu mestre, Padre Josafá Siqueira, agora Reitor da PUC-Rio, a quem devo a direção de um impulso inesgotável da imaginação à exuberância do estudo da ecologia e das formas. José Roberto Marinho alimentou a substância de meus sonhos e proporcionou a realização de desejos, expectativas e bem-estar do staff do Projeto Piabanha.

Felipe Guanaes e Dalcio Ricardo de Andrade promoveram a leitura de imagens e métodos dinâmicos e ativos, sem os quais prevaleceria minha vontade crua e espantosamente rudimentar. À Érica Pellegrini Caramashi e Ezequiel Theodoro da Silva dedico especial atenção. Benigno Bairral, também fundador do Projeto Piabanha, Nino, Osvaldo, Evódio, Thiago Berriel e Natalia, membros de seu corpo técnico, são inesquecíveis, assim como o Campo de Sementes da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO/Itaocara), o campus de onde evoluíram as matrizes destas linhas, o diretor da PESAGRO Silvio Galvão e Cristino Àureo, secretário de Agricultura do Estado do Rio de Janeiro.

Resumo

Oliveira, Luiz Felipe Daudt; Rego, Luiz Felipe Guanaes (Orientador). **Domínio das Ilhas Fluviais: um segmento relativamente conservado no degradado Rio Paraíba do Sul.** Rio de Janeiro, 2014, 148p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

No curso médio inferior da degradada Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, existe um segmento fluvial denominado Domínio das Ilhas Fluviais, que mantém biodiversidade bem conservada em relação aos segmentos localizados rio acima e que drenam os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Os domínios geoambientais do Paraíba do Sul localizados rio acima foram degradados por desflorestamentos, barragens, erosão, sedimentação, introdução de espécies exóticas e poluição industrial e doméstica.

Embora estes fatores também ameacem as Ilhas Fluviais, este domínio obteve a reputação de local estratégico, instituída pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) devido à sua biodiversidade e por manter espécies ameaçada de extinção. Cabe a este Instituto executar as ações do Sistema Nacional de Unidades de Conservação e fomentar e executar programas de pesquisa, proteção, preservação e conservação da biodiversidade, além de exercer o poder de polícia ambiental para as Unidades de Conservação federais.

Os levantamentos sobre a ocupação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul em relação àqueles relacionados a região abrangida pelo Domínio das Ilhas Fluviais, a importância dos seus peixes para as comunidades ribeirinhas, a pesquisa científica, as interações ecológicas dos sistemas fluviais, e as características ambientais, espaciais, físicas e biológicas deste segmento do Rio Paraíba do Sul interessam o presente estudo.

Palavras-chave

Ocupação; Degradação; poluição; diversidade; espécies ameaçadas; estrutura dinâmica; atributos ecológicos.

Extended Abstract

Oliveira, Luiz Felipe Daudt; Rego, Luiz Felipe Guanaes (Advisor). **Diagnosis of Social and Environmental Domain of the Paraíba do Sul River Fluvial Islands**. Rio de Janeiro, 2014, 148p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In the final segment of the geographical unit named Lower Middle Course of the Paraíba do Sul River (Ab'Saber, 1958), located in the Fluminense area of the state of Rio de Janeiro, there is a subunit named Domain of the River Islands, which has well-preserved biodiversity when compared to the more developed areas in the states of Rio de Janeiro and São Paulo found upstream.

With the exception of the Domain of the Mountain Ranges and Plateau, in the Upper Valley of the Paraíba do Sul River, the upstream areas have been degraded especially in the highly developed areas in the states of Rio de Janeiro and São Paulo, due to their elevated population and industrial densities (COELHO, 2012; ICMBio, 2011). The sprawl translates into industrial and household pollution, large deforested areas, harmful effects on the aquatic biota caused by the proliferation of dams, erosion, sedimentation, introduction of alien species and toxic leaks (ARAUJO, 2004; ARAUJO et al., 2005).

Although these factors originating in border waters also threaten the River Islands, the area was recognized as a strategic location by the Chico Mendes Institute for Biodiversity (ICMBio, 2011) due to its rich biodiversity (BIZERRIL, 2001) and a number of endangered species found in the area (CARAMASCHI et al, 1991; BIZERRIL, 2001). This Institute shall enforce the actions established by the National System of Conservation Units, foster, and carry out programs of research, protection, conservation and preservation of the biodiversity, and exercise the power of environmental police in the federal Conservation Units.

Existing surveys on the occupation of the Paraíba do Sul Basin are of particular interest to this study, including those pertaining to the Domain of the

River Islands region, the importance of local fish species for the riparian communities, the ecologic interactions between river systems, the environmental, spatial, physic and biological characteristics of this area of the Paraíba do Sul River, as well as other scientific studies.

The aim of this dissertation is to collect data by reviewing existing 'literature and experiences gathered in the field, in order to pool information and present reflections on how the river segment of Domain of the River Islands is able to maintain, within the polluted and degraded Paraíba do Sul Basin, a relatively well-preserved ecosystem, which therefore must be protected.

After reviewing consolidated literature, this study identified as specific goals the main factors contributing to the degradation of the Paraíba do Sul river and how they impact the subject matter of this work. This study also lists structural indicators for the maintenance and functioning of the lotic system of the Domain of the River Islands and identifies the basic tools for reflection on its ecological value, namely, the dependence of aquatic biota, tourism, artisan-fishing communities, and the flood plains located downstream from the river islands.

A number of events also fall within the scope of the present study. Some of these issues may seem far from our daily lives and, therefore, difficult to relate to; however, they constitute an integral part of this analysis, since they serve as warning about the effects of the anthropocentric view that still prevails in the Paraíba do Sul river basin. A survey was therefore conducted to identify degradation processes in rivers, culminating in extinction and the endangered species found in the River Islands area. Right now, around the world, unbeknownst to us, a wildlife species becomes extinct; forest areas the size of municipalities are cleared; rivers are polluted and degraded; and human beings die out of hunger and lack of access to clean water (O'Keefe, 1989; Dudgeon, 1992; Cole et al., 1993; Nilsson & DYNESIUS, 1994). Only 34% of the population of Latin American countries are served by sewage systems (WHO, 1989). The World Health Organization - WHO (1989) warns that contamination from household sewage is more common in developing countries, where sanitation and water treatment infrastructure is still poor. The range of threats and pressures on river systems is well documented (BOULTON, 1999; HOLMLUND et al, 1999; BUSS et al, 2001; Araujo, 2004). A large number of river basins around the world are already irreversibly impacted by sustained pressure on water resources

(RICCIARDI & RASMUSSEH, 1998). Some major river systems have reached the point where any attempt to support or rehabilitate their environmental value may prove overdue and innocuous (PROENÇA et al., 2013). This fact shows that the water from the Paraíba River and its tributaries is subject to contamination from a variety of sources (ANA, 2010; Coelho, 2012) which pose a threat to the River Islands area.

Given the accumulated environmental liabilities, it is surprising that a river segment of major ecological importance for the Paraíba do Sul Basin still survives. The Domain of the River Islands is considered a strategic area (ICMBio, 2011) and its conservation involves considerable effort.

The main pollution and degradation factors in the most developed regions of the Paraíba do Sul river were listed to demonstrate how they threaten the area of River Islands and how their conservation status is distinct from the latter; also, physical and biological structural indicators for maintaining their natural attributes were identified.

The literature review regarding the structure and functioning of the Domain of the River Islands, in the absence of specific literature, was steered towards the dynamics of river systems, as demonstrated by consolidated research works, in order to establish associations and similarities with the area of study. The limited literature available led to the agglutination and review of parameters characteristic of lotic environments -- typologies, dynamic geomorphological patterns, biological structures -- which were reviewed by researchers of other river systems and adopted in this work for the purpose of identifying similarities and composing a rough picture of the area of study. The response of biological structure and dynamic balance mechanisms to the influence of hydroelectric plants in lotic environments has been observed by Mazzoni and Caramashi (2012) during 15 years at the Power Plant of Serra da Mesa, located in the Upper Tocantins Basin, Goiás; Allen (1996); Araujo et al, (2009) and Augustine (2004) have analyzed the influence of hydroelectric power plants on aquatic biota.

The recent study by Souza (2013) on the deposition of eggs and larvae in the Domínio das Ilhas Fluviais was crucial to prove that it is an egg-laying site and subsequent larval drift downstream, that originate the fry and juveniles of native fish species of the flood plains.

Research by Barbour (1991), Roberts & Castro (2008; 2010), Karr (1981; 1991; 1999) and Angermeier (1994) set forth modifying parameters on the river landscape resulting from human activity. A reference to the importance of geomorphology for the functioning patterns of river ecosystems in the Paraíba do Sul River is found in Estiliano (2006). The works by Ward (1999) and Thorp et al (1994, 2002, 2003, 2006) were instrumental in establishing the productivity model in lotic ecosystems. Ecological variables and interactions in rivers were very effectively assessed by Smith & Smith (2011). Studies on the role of nutrient spiraling in lotic ecosystems performed by Newbold (1981, 1982) are also informative.

Gerhardt accurately presents biomarkers of the quality of aquatic ecosystems first enumerated by Karr (1981, 1991, 1999). In the same way, Boon's surveys (1994, 1997, 1998) influenced the excellent work conducted by Dunn (2000). The work of the latter was included in the review because of its application of basic tools to assess the ecological value of rivers, including a set of criteria and attributes that contributes to the efforts of granting ecological value to the Domínio das Ilhas Fluviais. Dunn (2000) conducted a review of existing models, identified ecological values of Australian rivers in the literature, presented an updated outlook on river ecology, and analyzed conservation models for other ecosystems (forests) as well as emerging value systems, such as fluvial geomorphology.

Fish are fundamental to this dissertation, as they hold a leading role in lotic systems, and in human consumption and leisure. Fish interactions with aquatic ecosystems result, according to their species, in increased sediment or decreased turbidity; impact the density of algae and insects, seed dispersion, and water purification; modify habitats, and increase nutrients and food (DE ANGELIS, 1992; FLECKER, 1992, 1996, 1997). Fish also exert biological control of plant, animal, insect and microorganism populations, and represent a major source of protein for humans (HOLMLUND, 1999). The choice of fish as main reference, over other organisms that comprise the aquatic biota, is also due to their role as bioindicators.

The global fish catch by commercial fisheries reaches millions of tons every year, and overfishing has been responsible for the extinction of species and schools (FAO 1997, 2014). The economic data available on recreational fishing

are impressive. American fishermen, according to the National Survey of Fishing, Hunting and Wildlife-Associated Recreation (2011), spend on their hobby over \$ 68 billion per year in goods, representing an impact of \$ 115 billion on the economy and securing jobs for as many as 828,000 people. The State of Florida banned commercial fisheries when it realized that the decline in stocks hindered recreational fishing and, consequently, tax revenues.

The professional engagement of the leader of this study in the NGO named Association of Fishermen and Friends of the Paraíba do Sul River - Piabanha Project, located in the municipality of Itaocara - RJ, allowed for greater access to relevant information, via the collection of primary and secondary data. A qualitative research was carried out, with interviewing as the chosen technique of observation and field research. A questionnaire was applied to an actor who has taken part in all steps of the production chain of local fisheries, in order to acquire information and enrich the debate presented by this study. The familiarity of the author with amateur fishermen as well as the local community of artisanal fisherfolk eased the interview process. There was no pretense of obtaining a full diagnosis on the object of study nor building a sampling frame of the community.

A literature review was carried out to gather information deemed relevant to the object of study. First, the historical legacy of degradation and pollution of rivers around the world was examined, as to ascertain their causes. It was found that they result from an anthropocentric view culminating in extinction and endangerment of wildlife, and in the context of the Paraíba do Sul river basin this same view persists and threatens the area of River Islands. In order to highlight the threats to wildlife in both the national and international levels, the review included works by established authors and institutions such as IBAMA, the Chico Mendes Institute for Biodiversity (ICMBio), the Red List of the International Union for Conservation of Nature IUCN, and the Brazilian Ministry of Environment (MMA, 2008). The endangered species registered in the Paraíba do Sul river who find shelter in the Domain of the River Islands were found reviewing the works of Bizerril (2001).

Evidence was found in literature review that the water in the Paraíba do Sul river and its tributaries is subject to contamination and degradation of various kinds that threaten the Domain of the River Islands. More evidence can be found in reviewing some of the main leakages of toxic products in Coelho's book,

revealing their scope and magnitude. The work of authors such as Muirhead-Thomson, (1987); Beverly et al., (1991) e Stewart, (1990), have also been reviewed in order to show the resilience of water organisms to pollution in the Domain of the River Islands.

Literature data have been collected to contextualize the degradation and pollution found in the Paraíba do Sul basin that threaten the Domain of the River Islands; specially updated data published by the Agência Nacional das Águas (ANA), the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), and the Instituto do Meio Ambiente (INEA.) Other sources of the same importance were found in books by Coelho (2012), published by Eletrobras (2009), in the Hydroelectric power plants environmental Impact studies conducted by the consulting companies Engevix, Ecology, and Habitec, and in publications by authors such as Araújo, Araújo & Nunan, and Bizerril (2001.)

Graphs and pictures by professionals in the area and from the collection of public and private institutions, all concerning the Paraíba do Sul basin and the Domain of the River Islands were added to the review described above.

It is important to mention that the absence of dams all the way to the mouth of the Paraíba do Sul river allows water to flow continuously, which is vital to maintaining a good environmental performance in the Domain of the River Islands. Because they significantly increase the disturbance of aquatic biota in the Paraíba do Sul river and its tributaries (ARAÚJO et al., 1995; BIZERRIL et al., 1998; AGOSTINHO et al., 2004), hydroelectric dams in this basin have been documented in a map found in the ICMBio collection.

Literature review also showed that the problems brought by degradation and pollution of the Paraíba do Sul basin are often times associated to the lack of control and order in the enforcement of corrective actions in plants, in the fields, and in neighboring urban areas (ANA, 2012; COELHO, 2012; BIZERRIL et al., 1998.)

After reviewing the array of threats and pressure points in the face of the accumulated environmental liability, we tried to show the importance of the Domain of the River Islands as a water system that still maintains complex and dynamic characteristics that indicate primary sources of habitats and food resources within the environmental context of the Paraíba do Sul basin.

In order to contextualize the object of study in the geography of the landscape of the Paraíba do Sul basin, limits, geographical units, and geo-environmental domains were surveyed in the Agência Nacional das Águas (ANA, 2011) publication, by Ab 'Saber (1958) and Bizerril (2001.) Maps, graphs, and photographs from ANA and from the collection of the consulting companies mentioned above were used as ancillary sources.

According to what was found in the literature review, fish are of extreme relevance when compared to other water organisms in the Domain of the River Islands. Interactions between fish and the Domain of the River Islands and with water ecosystems may, according to the species, increase sedimentation or decrease turbidity, density of insects and algae, dispersion of seeds, water purification, and change habitats and the amount of nutrients and food available (DE ANGELIS, 1992; FLECKER, 1992, 1996, 1997.) Fish biologically control the population of plants, animals, insects, and microorganisms. They are also one of the greatest sources of protein for humans (HOLMLUND, 1999.) The use of fish as the main reference in the Domain of the River Islands is also due to the relevance of fish as bio-indicators, as agents of social mobilization and leisure. Other aspects are that it is easy to collect and identify fish for the purpose of research, and the way fish interact with the ecosystem has been very well documented by Flecker (1992, 1996,, 1997), Mazoni et al (1993), Agostinho et al. (2003, 2004) and Caramaschi et al (1991).

Special attention was given to Coelho (2012) since his book describes the social, economic and environmental aspects of the Paraíba do Sul basin, showing that urbanization in the most developed areas of Rio de Janeiro and São Paulo is different from the one found in the region of the Domain of the River Islands. Literature review made it possible to infer that the higher demographic and industrial density in the most developed regions resulted in low environmental performance, and that the rural area with little urbanization where the area studied is located in is a determining factor to its good environmental and ecologic performance when compared to the most developed areas. A table with demographic data from IBGE (2010) was developed by the author to document population differences between the most developed areas and the small cities in Minas Gerais and in the Northwest of Rio de Janeiro, which comprise the Domínio das Ilhas Fluviais.

The presence of islands was also surveyed in order to obtain data about its bio-geography and its role in the geo-morphology and hydrodynamics of the water ecosystem of the Domínio das Ilhas Fluviais.

Given the absence of scientific literature, a literature review of the consolidated research of authors such as Power & Dietrich, (2002); Thorp & Casper (2002); Thorp et al. (2006); Rice, (2001); Karr, (1999); Maddock, I. (1999); Ward (1989); Nakamura et al., (1987), Caramaschi (2012); Mazoni (2012); Albretch (2012) and Iglesias – Rios (2012), was done in order to understand the functional structure of the Domain of the River Islands and emphasize the effects of confluences along the drainage system. Parameters such as environmental gradient, biological structure, dynamic balance, and structural agents of composition and of the abundance of fish and water organisms were reviewed in order to establish a comparison between this case and the dynamics of lotic ecosystems researched by the previously mentioned authors.

The author of this study chose to use tools that could express the ecological value of the area studied to emphasize the relevance of studying this area. Again, due to the lack of specific literature, we find similarities and associate with a survey of data from consolidated research in the methodology of this study. The authors of those studies, such as Boon et al., (1994; 1997; 1998), Chessman (2002), Bennet, (2002) and, specially, Dunn (2000), grant ecological value to rivers and river segments around the world according to a list of significant criteria and attributes that could be applied to the Domain of the River Islands too.

A qualitative study with observation techniques and field research generated an interview with a questionnaire, as tools to obtain visible and latent information and meaning perceivable to a person who lives his daily life in the Domain of the River Islands. The person interviewed was part of the whole process of the fishing productive chain in the studied area and choosing him to participate served to qualify the debate.

For the purpose of this dissertation, consolidated literature references were used to collect data considered useful to bring about reflection upon the way and the reasons why the Domain of the River Islands of the Paraíba do Sul river remains relatively well preserved, if compared to the areas that encompass the more developed cities in the Paraíba do Sul basin.

Information obtained in the field by the author a member of the Projeto Piabanha for 16 years were joined with those from literature review as tools to analyze data about similar water systems. The factors that contributed and still contribute to the degradation of the Paraíba do Sul river were identified. These factors are present in the Domain of the River Islands as well, but are less frequent and more isolated, thus impacting it less.

The correlation became clear between the anthropic activity and the existence of large urban industrial areas, without legal or ethical limits, and the current condition of the Paraíba river. An inverse correlation can be found to explain why the Domain of the River Islands keeps its high ecological value.

The loss of connection in dammed rivers is one of the impacts brought by dams (AGOSTINHO, 2004.) Mitigating measures, such as fishways, proposed for construction in hydroelectric power plants may not fulfill their purpose of reestablishing an efficient bidirectional gene flow between affected fish populations (ESGUICERO & ARCIFA, 2010.) Fish populations, as a consequence, remain fragmented and a new structure may develop between populations, with an increased risk of reducing gene diversity and of stochastic extinction (ESGUICERO & ARCIFA, 2010.)

It is likely that species of fish, mollusks, crustaceans, and other organisms present in the Domain of the River Islands have adapted to the outflow of the Paraíba do Sul from the UHE Ilha dos Pombos, located in the final segment of the Domínio das Corredeiras, during almost nine decades. Other factors that contribute to the large quantity and diversity of species in the Domain of the River Islands can be the extension of the segment downstream from the hydroelectric power plant mentioned above, with 150 km of free flow all the way to the mouth with no dams; the existence of smaller tributaries and of the Pomba river, which feed additional water; and the interconnection with the floodplain.

According to PRIMACK (1993), the Domain of the River Islands, while relatively preserved and home to many and endangered species, can be affected by the consequences of the fragmentation and the isolation of lotic environments. Primack (1993) highlights the ecological and genetic implications of the adaptation of populations to environmental changes, such as extinction due to a decrease in population size and dispersion of species; loss of habitat

heterogeneity; increase in the number of invasive species; and consanguinity (increase of recessive variations with less gene variability.)

The islands in the Domain of the River Islands denounce and reveal processes in the dynamics of the environment where they happen. Their outline, design, spacial configuration, evolution, associated to environmental factors, can have their geomorphology better understood (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, S.B & GUERRA, A.J.T, 2002.) Monitoring the environment where the islands are located points in the direction of public management strategies about the human use of nature, and also at projects and actions to preserve this environment. The practice of joining the River Islands to the margin to broaden farming areas or tourism areas should be inhibited.

Research about the nature and characteristics of the area, with the use of high definition images made by satellites such as the *WorldView*, the *GeoEye*, the *RapidEye*, the *Ikonos*, and the *QuickBird* may bring about studies of environmental dynamics in important regions. Research by PINHEIRO, T.C., 2008; GELELETE, G.J.A., 2008 and NETO, R.S.M., 2007 with digital mapping performed in different locations based on satellite images and aerial photographs, are a good reference of methodology framework to produce charts and maps of river and lake areas that contain islands, according to NETO (2007), CRUZ (2008), GELELETE (2008), PEREIRA (2008), PINHEIRO, 2008 and OLIVEIRA (2010).

Providing support to the Domain and protecting different groups of land and water flora and fauna from the threat of frontier and local degradation reminds us of how important it is to use studies. This perspective makes us consider issues about the theory of the bio-geography of islands and the effects of these in the reproduction of aquatic biota, in the isolation of areas, in the composition and diversity of species, and in the dynamics of populations and communities of water and land fauna and flora, promoting a better understanding of the evolution of the ecological dynamics and processes found on these islands. A consistent study of the organisms in the water flora and fauna of the Domain of the River Islands should point precisely at what the minimum size of habitat necessary would be to maintain genetically and ecologically viable populations, and at why species still linger despite local pollution and degradation.

The Domain of the River Islands helps support fishing stocks in a large region and, along with the valleys and floodplains that go all the way to the mouth of the Paraíba river, contributes to maintaining land and water fertility, which determines the success of farming and fishing. These factors show a relation of dependence between local human populations and the maintenance of environmental services that the area provides, in addition to an admirable scenic beauty - an important factor for tourism and recreational fishing. That is why it is considered to be so important and why its complete environmental degradation would have such a high social economic cost.

The justification of the subject matter shows its importance and complexity in that it can contribute to the development of the area in which it is located, even though it does not intend to be conclusive. For the purpose of this study consolidated works and/or studies were presented that are directly related to the subject matter, establishing comparisons to foster discussion and address the issues still not dealt with by other studies.

Keywords

Degradation; diversity; extinction; bio indicators; endangered species; ecological attributes.

Sumário

1 Introdução	21
2 Metodologia	27
3 O legado histórico da degradação e poluição dos rios: uma visão antropocêntrica persistente ameaça o domínio das ilhas Fluviais	31
4 Extinções: um reflexo da degradação nos ecossistemas fluviais no planeta e na bacia do rio Paraíba do Sul.	34
5 A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	37
5.1 Águas fronteiriças.....	42
5.2 Acidentes Ambientais.....	43
5.3 Unidades geográficas da bacia do rio Paraíba do Sul.....	44
5.4 Domínios geoambientais.....	46
6 O Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul.....	49
6.1 Caracterização	49
6.2 A região fluminense da Bacia do Rio Paraíba do Sul	53
6.3 Enquadramento fitogeográfico da região que compreende o domínio das Ilhas Fluviais.....	55
6.4 Biogeografia do domínio das Ilhas Fluviais	57
6.5 A mata ciliar e a vegetação aquática do domínio das Ilhas Fluviais.....	61
7 Sumário da problemática socioambiental no domínio das Ilhas Fluviais	64
7.1 Barramentos.....	64
7.2 Desmatamentos	66
7.3 Efluentes domésticos e industriais, agrotóxicos, e metais pesados no domínio das Ilhas Fluviais	67
7.4 Respostas dos peixes e organismos aquáticos à poluição: resiliência dos organismos aquáticos em relação à poluição no domínio das Ilhas Fluviais.....	71
7.5 Espécies exóticas	73
7.6 Espécies ameaçadas	74
7.7 A economia e a importância da pesca no domínio das ilhas fluviais	74
8 Associações e semelhanças do domínio das Ilhas Fluviais (DIF) com outros ambientes lóticos	78
8.1 Gradientes ambientais e parâmetros lóticos do DIF.....	78
8.2 Estrutura biológica do DIF	81
8.3 Equilíbrio dinâmico do DIF	83
9 Agentes estruturais da composição e da abundância de peixes e organismos aquáticos no DIF	86

9.1 Eventos reprodutivos de peixes no DIF.....	88
9.2 Biodiversidade e abundância no DIF	90
10 Bioindicadores: os peixes como ferramentas para avaliação do ecossistema aquático do DIF	92
10.1 A piabanha: bioindicadora no Domínio das Ilhas Fluviais?	94
10.2 O papel da piabanha e outros brycon como consumidores e dispersores de sementes.	96
11 Uso de ferramentas para avaliação de valores ecológicos no Domínio das Ilhas Fluviais.....	100
11.1 A terminologia utilizada no relatório como ferramenta para discernir sobre o valor ecológico do domínio das Ilhas Fluviais.	102
11.2 Critérios e atributos para identificação e proteção de rios de alto valor ecológico	103
11.3 Classificação e tipologias segundo Dunn: uma reflexão sobre as semelhanças com o DIF	105
11.4 Aspectos da avaliação a serem considerados no Domínio das ilhas Fluviais.....	106
11.5 Modelos de avaliação de rios no exterior	108
11.5.1 Rios selvagens de beleza cênica	108
11.5.2 Predição de Invertebrados nos Rios e Esquema de Classificação	109
11.5.3 Pesquisa de Habitat no Rio.....	109
11.5.4 Sistema para Avaliação de Rios para Conservação	110
12 O DIF como área estratégica	112
13 A Entrevista	114
14 Conclusão	116
15 Referências Bibliográficas	119
16 Anexo.....	145

“Sonhando perto do rio, consagrei minha imaginação à água, à água verde e clara, à água que enverdece os prados. Não posso sentar perto de um riacho sem cair num devaneio profundo, sem rever a minha ventura... Não é preciso que seja o riacho de nossa casa. A água anônima sabe todos os segredos. A mesma lembrança sai de todas as fontes.”

Gaston Bachelard

1

Introdução

Nesse exato momento, bilhões de indivíduos levam suas vidas absortos em seus afazeres. Outros acontecimentos parecem realidades distantes e, por essa razão, talvez seja tão difícil envolver-se em questões que não fazem parte do nosso cotidiano. Neste instante, ao redor do planeta, sem que tomemos conhecimento, uma espécie está sendo extinta na natureza, áreas com o tamanho de municípios brasileiros são desmatadas, rios são poluídos e degradados e seres humanos morrem de fome e por falta de acesso a água limpa (O'KEEFE, 1989; DUDGEON, 1992; COLE et al., 1993; DYNESIUS & NILSSON, 1994).

A gama de ameaças e pressões sobre os sistemas fluviais é bem documentada (BOULTON, 1999; HOLMLUND et al, 1999; BUSS et al, 2001; ARAUJO, 2004). Muitas bacias hidrográficas do mundo já estão irreversivelmente alteradas pela pressão contínua sobre os recursos hídricos (RICCIARDI & RASMUSSEH, 1998). Alguns sistemas fluviais importantes atingiram o ponto em que qualquer tentativa para sustentação ou reabilitação dos seus valores ambientais pode ser tardia e inócua (PROENÇA et al., 2013). Inúmeros sistemas fluviais outrora pouco afetados estão agora sob ameaça e a principal razão para isso é que as três principais fontes de poluição (indústria, agricultura e lares) encontram-se concentradas ao longo dos rios (KLEIN, 1962; PETTS, 1992; EGLER, 2002; COELHO, 2012).

Apenas 34% da população dos países da América Latina são atendidas por sistemas de esgotos. A Organização Mundial da Saúde – OMS (1989) alerta que a contaminação por esgotos domésticos é mais comum nos países em desenvolvimento, onde a infraestrutura de saneamento e tratamento de água ainda é deficitária.

Estes impactos humanos atingiram níveis sem precedentes e um resumo de seu legado histórico é aqui revisto através da literatura, tendo as extinções e ameaças de extinções como consequências. Os principais fatores da poluição e degradação na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul são também citados.

Desse fato resulta que a água do Rio Paraíba e de seus afluentes está sujeita a contaminações das mais variadas naturezas (ANA, 2011; COELHO, 2012) e ameaçam o domínio das Ilhas Fluviais, objeto deste estudo.

Diante do passivo ambiental acumulado, parece surpreendente que exista ainda um segmento do Rio com grande importância ecológica para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Este trecho, do Curso Médio Inferior, denominado Domínio das Ilhas Fluviais (DIF) abrange os municípios de Estrela D'Álva e Pirapetinga, em Minas Gerais, e Cantagalo, Santo Antonio de Pádua, Aperibé, Itaocara, Cambuci e São Fidélis, no Rio de Janeiro. O Domínio das Ilhas Fluviais é considerado um segmento de rio estratégico (ICMBio, 2011) e sua preservação envolve esforços consideráveis.

Com o propósito de atender ao desenvolvimento desta dissertação foi realizada uma revisão bibliográfica de pesquisas consagradas para efetuar um levantamento a fim de contextualizar o presente estudo. Nesse sentido, levantou-se o processo de degradação nos rios do mundo causados por uma visão antropocêntrica que culmina em extinções, e as espécies ameaçadas de extinção registradas no domínio das Ilhas Fluviais. Os principais fatores de poluição e degradação do rio Paraíba do Sul nas regiões mais desenvolvidas foram arrolados para demonstrar de que modo ameaçam o domínio das Ilhas Fluviais e como o seu status de conservação é distinto daquele.

Indicadores físicos e biológicos estruturais para a manutenção dos atributos naturais do sistema fluvial do Domínio das Ilhas Fluviais foram arrolados. Foi abordada a dependência em relação ao Domínio das planícies de inundação dos domínios rio abaixo, da comunidade ribeirinha e da cadeia produtiva, composta por pescadores artesanais, peixarias, atacadistas, restaurantes e atividades de lazer tais como a natação, o turismo e o turismo da pesca amadora e esportiva. O levantamento bibliográfico em relação à estrutura e ao funcionamento do Domínio das Ilhas Fluviais, face à ausência de literatura específica, dirigiu-se à busca de associações com a dinâmica dos sistemas lóticos, demonstrada através de pesquisas consolidadas, para estabelecer semelhanças.

Alguns autores mencionados na bibliografia forneceram informações de valor inestimável. O livro de Vitor Coelho, “Paraíba do Sul: um rio estratégico”, descreve com detalhes a degradação do Rio Paraíba do Sul, enquanto Bizerril e também Araujo & Nunan informam sobre a ictiofauna e os aspectos gerais de sua

bacia hidrográfica. As pesquisas de Carvalho sobre metais pesados foram imprescindíveis para a compreensão do caminho crítico destes poluentes, sobretudo porque têm sido mensalmente atualizadas. Os trabalhos de Egler, relacionados à poluição, e de Ricciardi & Ramusseh sobre o ritmo das extinções, são basais, com destaque para um estudo realizado pelo primeiro, que utilizou a fauna de macroinvertebrados aquáticos na avaliação da degradação ambiental de ecossistemas de rios no território fluminense, decorrente do uso de pesticidas em cultivos olerícolas.

A literatura sobre o Domínio das Ilhas Fluviais é escassa. A aglutinação e revisão de parâmetros característicos dos ambientes lóticos (tipologias, dinâmica, padrões geomorfológicos, estruturas biológicas) foram abordadas para extrair semelhanças e compor um quadro aproximado. Os mecanismos da estrutura biológica e do equilíbrio dinâmico em resposta à influência das hidrelétricas nos ambientes lóticos foram observados em Mazzoni e Caramashi, num trabalho de 15 anos realizado na Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, localizada na Bacia do Alto Tocantins, em Goiás, em Agostinho, Bizerril e na ELETROBRAS sobre a influência das hidrelétricas na biota aquática.

O recente estudo de Souza sobre a disposição de ovos e larvas no Domínio das Ilhas Fluviais foi determinante para comprovar que ali é local de postura de ovos e posterior deriva das larvas rio abaixo, para a formação dos alevinos e juvenis de espécies de peixes nativas nas planícies de inundação.

Pesquisas de Barbour, Rodrigues, Karr, e Angermeier refletem parâmetros modificadores decorrentes da ação humana na paisagem fluvial. A alusão à importância da geomorfologia nos padrões de funcionamento de ecossistemas fluviais do Rio Paraíba do Sul foi revista em Estiliano. As investigações de Ward, Thorp & Delong foram fundamentais para o estabelecimento do modelo de produtividade em ecossistemas lóticos. Variáveis e interações ecológicas nos rios foram avaliadas por Siqueira & Silva com grande eficácia. Os estudos sobre o papel importante da espiral de nutrientes nos ambientes lóticos realizados por Newbold são também esclarecedores.

Gerhardt revela com precisão bioindicadores da qualidade dos ecossistemas aquáticos enumerados inicialmente por Karr, assim como as pesquisas de Boon, Bennet e Chessam e o excelente trabalho de Dunn. A pesquisadora realizou uma revisão dos modelos existentes, identificou valores ecológicos dos rios

australianos na literatura, obteve perspectivas atuais na ecologia dos rios e analisou os modelos de conservação para outros ecossistemas (florestas) e sistemas de valores emergentes, como a geomorfologia fluvial. Utilizou ainda ferramentas básicas para avaliação do valor ecológico de rios, entre as quais um conjunto de critérios e atributos merece reflexão, no sentido de procurar atribuir um valor ecológico ao Domínio das Ilhas Fluviais.

Os peixes, por exercerem um papel preponderante nos sistemas lóticos e de consumo e lazer humanos, são fundamentais para esta dissertação. As interações de peixes com os ecossistemas aquáticos refletem, de acordo com a espécie, no aumento de sedimentos ou na diminuição da turbidez, na densidade de insetos e de algas, dispersão de sementes, purificação da água, na modificação de habitats e no acréscimo de nutrientes e alimento (DE ANGELIS, 1992; FLECKER, 1992, 1996, 1997). Exercem controle biológico da população de plantas, animais, insetos e microrganismos e são uma das maiores fontes de proteínas para os humanos (HOLMLUND, 1999). A utilização de peixes como referência maior, em relação aos demais organismos componentes da biota aquática, deve-se ainda ao seu papel relevante como bioindicadores, agentes de mobilização social, consumo e lazer humano; à sua fácil coleta e identificação para o desenvolvimento de pesquisas; e a maneira pela qual interagem com o ecossistema, muito bem documentada por Flecker (1992, 1996, 1997), Mazoni et al (1993), Agostinho et al. (2003, 2004) e Caramaschi et al (1991). Alguns estudos sobre a comunidade de peixes realizados nos últimos anos no Rio Paraíba do Sul podem ser destacados.

A captura global de peixes pela pesca comercial alcança milhões de toneladas anuais e a sobrepesca tem provocado extinções de espécies e cardumes (FAO, 1997, 2014). Os dados econômicos sobre a pesca recreativa impressionam. Os pescadores norte-americanos, de acordo com o *National Survey of Fishing, Hunting and Wildlife-Associated Recreation* (2011), compram para seu *hobbie*, por ano, mais de US\$ 68 bilhões em mercadorias, o que representa um impacto de US\$ 115 bilhões na economia e a manutenção de empregos para 828.000 pessoas. O Estado da Flórida banuiu a pesca comercial ao perceber que a diminuição dos estoques tolhia a pesca recreativa e, em consequência, a arrecadação de impostos.

Aparentemente, o primeiro estudo geral da ictiofauna local foi um trabalho de Miranda-Ribeiro (1902), que apresentou algumas observações sobre 8 espécies

de peixes do rio Pomba, o maior afluente do Paraíba do Sul. Araújo analisou-a do ponto de vista da biotoxicologia em um trecho restrito e mais crítico do Rio, entre a Represa do Funil e a Barragem de Santa Cecília. Caramaschi e Mazzoni realizaram um trabalho sobre a biologia reprodutiva de alguns grupos mais numerosos, no trecho compreendido entre as cidades de Três Rios e Campos. Dentro de uma perspectiva histórica, este conjunto biótico da bacia do rio Paraíba do Sul começou a ser estudado a partir da descrição, ainda nos séculos XVIII e XIX, de espécies coligadas no sistema (Bizerril, 1995b). No plano de taxonomia básica, trabalhos mais recentes, como os de Langeani (1990), Caramaschi & Caramaschi (1991), Costa (1992), Mazzoni et al. (1993), Bizerril (1995b) e Bockmann et al. (1996) apresentaram novas taxa, bem como elucidaram alguns aspectos da taxonomia de grupos já catalogados.

Destacam-se os trabalhos de Britski (1972) que, ao descrever a ictiofauna do Estado de São Paulo, listou as espécies do Paraíba do Sul, com especial ênfase às presentes em território paulista; de Nunan et al. (1983), que apresentaram um levantamento da ictiofauna do Paraíba do Sul entre a UHE de Funil e a cidade de Barra do Pirai, de Araújo (1983), que ao coordenar o "Projeto de Biodeteção de Tóxicos em Sistemas Fluviais de Utilização em Captação de Água em Sistemas Públicos de Abastecimento", relacionou as espécies da bacia (Bizerril, 1993b). A ENGEVIX/URFJ (1991) enfocou o trecho entre Três Rios e Campos dos Goytacazes; Araújo (1985; 1996), tratou da composição e da estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo Paraíba do Sul, e Espírito-Santo et al. (1997), relatam a ocorrência de 28 espécies de peixes em Pindamonhangaba, SP (Bizerril, 1993b).

O envolvimento profissional do responsável pelo desenvolvimento do presente estudo na ONG denominada Associação de Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul – Projeto Piabanha, localizada no Município de Itaocara - RJ, permitiu um maior acesso às informações pertinentes ao trabalho, com a coleta de dados primários e secundários. A pesquisa qualitativa foi realizada com técnicas de observação e de pesquisa de campo através de entrevista: foi aplicado um questionário a um ator que participou de todo o processo da cadeia produtiva pesqueira do Domínio das Ilhas Fluviais, para extrair informações e qualificar o debate pretendido pelo estudo. O contato cotidiano deste autor com pescadores amadores e com a comunidade de pescadores artesanais serviu como facilitador

no momento da entrevista. Não houve a pretensão de obter um diagnóstico completo das impressões acerca do objeto do estudo ou construir um quadro amostral da comunidade.

O objetivo desta dissertação consiste em levantar dados através da revisão da literatura e experiências obtidas em campo a fim de agregar informações e formar reflexões sobre o modo pelo qual o segmento fluvial denominado Domínio das Ilhas Fluviais mantém uma estrutura ecológica relativamente bem conservada na poluída e degradada Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul que precisa ser preservada.

Os objetivos específicos são identificar através de levantamento de literatura consolidada os principais fatores da degradação ambiental do Rio Paraíba do Sul e de que forma ameaçam o objeto de estudo. O levantamento realizado através da revisão da literatura aludida arrola igualmente indicadores estruturais para a manutenção e funcionamento do sistema lótico do Domínio das Ilhas Fluviais; levanta as ferramentas básicas para a avaliação do seu valor ecológico; a dependência da biota aquática; do turismo; das comunidades de pescadores artesanais e da planície de inundação dos domínios situados rio abaixo.

A hipótese principal é que a ocupação desordenada deteriora a qualidade da água e a biodiversidade do rio Paraíba do Sul e ameaça o domínio das ilhas Fluviais.

A hipótese secundária é que o Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul mantém uma biodiversidade mais pujante do que a observada em outras regiões do Rio porque estas, ao contrário daquele, estão cercadas de atividades produtivas e de grandes agrupamentos humanos.

2

Metodologia

Uma revisão bibliográfica foi aqui aplicada para efetuar levantamentos considerados pertinentes ao objeto de estudo. Desta forma, foi levantado em primeiro lugar o legado histórico da degradação e da poluição de rios no mundo a fim de registrar que são resultantes de uma visão antropocêntrica que culminou em extinções e ameaças de extinções e, que, no contexto da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul esta visão persiste e ameaça o domínio das Ilhas Fluviais. Para ressaltar as extinções e ameaças de extinções no âmbito nacional e internacional a revisão consistiu no levantamento de obras de autores consagrados e de instituições tais como o IBAMA, o Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMBio, 2011), a Lista Vermelha da União Internacional para a conservação da Natureza (IUCN) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008). As espécies ameaçadas registradas no rio Paraíba do Sul que encontram refúgio no domínio das Ilhas Fluviais foram obtidas através de levantamento da obra de Bizerril (2001).

Levantamentos bibliográficos foram realizados para registrar que a água do Rio Paraíba do Sul e de seus afluentes está sujeita a contaminações e degradação das mais variadas naturezas que ameaçam o domínio das Ilhas Fluviais. Os principais contaminantes, bem como sua origem e efeitos deletérios foram expostos em quadro amostral obtido do acervo do Projeto Piabanha e com o uso de dados de autores como Egler, Carvalho, Coelho e Araujo & Nunan. Acrescenta-se a revisão de alguns dos principais acidentes com vazamento de produtos tóxicos retirados do livro de Coelho, a fim de tornar conhecida suas abrangência e magnitude. Ressalta-se a revisão da literatura das obras de autores como Muirhead-Thomson, (1987); Beverly et al., (1991) e Stewart, (1990), no sentido de inferir a resiliência dos organismos aquáticos em relação à poluição no domínio das Ilhas Fluviais.

Para contextualizar a degradação e a poluição existentes na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e que ameaçam o domínio das Ilhas Fluviais,

foram colhidos dados através da revisão bibliográfica, sobretudo atualizados e publicados pela Agencia Nacional das Águas (ANA), Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) e o Instituto do Meio ambiente (INEA). Outras fontes de igual teor e importância foram extraídas do livro de Coelho (2012), da Eletrobras (2009), dos Estudos de Impacto Ambiental de hidrelétricas das empresas de consultoria Engevix (1991), Ecology (2013) e Habitec (2007), e de publicações de autores tais como Araújo (1996, 2004), Araújo & Nunan (2009) e Bizerril (2001). Aos levantamentos aqui descritos foram acrescidos quadros e fotos extraídas de profissionais da área de estudo e do acervo de instituições públicas e privadas como o ICMBio (2001), a ANA, a Ecology (2013), o Projeto Piabanha e o Instituto Ecoanzol, todos envolvidas com a bacia do rio Paraíba do Sul e o domínio das Ilhas Fluviais.

Registra-se nesta metodologia que a ausência de barragens até a foz do Paraíba do Sul permite uma continuidade fluvial vital para a manutenção do bom desempenho ambiental do domínio das Ilhas Fluviais. Em função de seus efeitos no meio ambiente aquático, sobretudo por aumentarem significativamente os transtornos da biota aquática do rio Paraíba do Sul e seus afluentes (ARAÚJO et al., 1995; BIZERRIL et al., 1998; AGOSTINHO et al., 2004) os barramentos, oriundos da construção de hidrelétricas ao longo da bacia do rio Paraíba do Sul e afluentes foram ressaltados e registrados com um mapa do acervo do ICMBio,

Da revisão bibliográfica inferiu-se também que os problemas trazidos pela degradação e poluição da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul estão, muitas vezes, associados à falta de controle e de ordenamento de atividades corretivas em indústrias, no campo, nas cidades e nos municípios ribeirinhos (ANA, 2012; COELHO, 2012; BIZERRIL et al., 1998).

Revistas a gama de ameaças e pressões diante do passivo ambiental acumulado procurou-se nesta metodologia demonstrar a importância do domínio das Ilhas Fluviais como um sistema fluvial que ainda mantém características complexas, dinâmicas e indicadoras de fontes primárias de habitats e recursos alimentares dentro do contexto ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Para contextualizar o objeto de estudo dentro da geografia da paisagem da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul foram levantados os limites, as unidades geográficas e os domínios geoambientais através de publicação da Agência

Nacional das Águas (ANA, 2011), de Ab'Saber (1958) e Bizerril (2001). Mapas, gráficos e fotos obtidas da ANA e do acervo das empresas de consultoria citadas acima, nesta metodologia foram utilizados como fontes auxiliares.

Do levantamento realizado através da revisão bibliográfica, a importância dos peixes no domínio das Ilhas Fluviais é ressaltada em relação aos demais organismos aquáticos. As interações dos peixes com o domínio das Ilhas Fluviais e os ecossistemas aquáticos se refletem, de acordo com a espécie, no aumento de sedimentos ou na diminuição da turbidez, na densidade de insetos e de algas, dispersão de sementes, purificação da água, na modificação de habitats e no acréscimo de nutrientes e alimento (DE ANGELIS, 1992; FLECKER, 1992, 1996, 1997). Os peixes exercem controle biológico da população de plantas, animais, insetos e microrganismos, são uma das maiores fontes de proteínas para os humanos (HOLMLUND, 1999). A utilização de peixes como referência maior no domínio das Ilhas Fluviais, em relação aos demais organismos componentes da biota aquática, deve-se ainda ao seu papel relevante como bioindicadores, agentes de mobilização social e lazer humano; à sua fácil coleta e identificação para o desenvolvimento de pesquisas; e a maneira pela qual interagem com o ecossistema, muito bem documentada por Flecker (1992, 1996, 1997), Mazoni et al (1993), Agostinho et al. (2003, 2004) e Caramaschi et al (1991).

Sobretudo do livro de Coelho (2012), que descortina os aspectos ambientais e sócio-econômicos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, foi realizado um levantamento para demonstrar que a ocupação nos polos mais desenvolvidos das regiões paulista e fluminense é distinta daquela encontrada na região que abrange o domínio das Ilhas Fluviais. O levantamento constitui-se numa ferramenta para inferir que a maior densidade demográfica e industrial nas regiões mais desenvolvidas resultou em baixo desempenho ambiental e, que, a localização em região rural e de baixa ocupação do objeto de estudo é um fator determinante para o seu bom desempenho ambiental e ecológico em relação aos polos mais desenvolvidos. Uma tabela com dados demográficos obtidos do IBGE (2010) foi desenvolvida pelo autor para registrar as diferenças populacionais entre os polos mais desenvolvidos e aqueles dos municípios mineiros e da região Noroeste fluminense, que integram o domínio das Ilhas Fluviais.

A presença de ilhas é objeto deste levantamento para a obtenção de dados que permitissem identificar sua biogeografia e seu papel na geomorfologia e hidrodinamismo do ecossistema aquático do domínio das Ilhas Fluviais.

Em face da ausência de literatura científica um levantamento bibliográfico extraído através de pesquisas consolidadas de autores tais como Power & Dietrich, (2002); Thorp & Casper (2002); Thorp et al. (2006); Rice, (2001); Karr, (1999); Maddock, I. (1999); Ward (1989); Nakamura et al., (1987), foi realizado e dirigido para determinar o funcionamento estrutural do domínio das Ilhas Fluviais e enfatizar os efeitos das confluências ao longo da rede de drenagem. Nesse sentido, para compor associações e semelhanças com a dinâmica de sistemas lóticos pesquisados pelos autores supracitados foram revistos parâmetros tais como gradientes ambientais e parâmetros lóticos; estrutura biológica; equilíbrio dinâmico e agentes estruturais da composição e da abundância de peixes e organismos aquáticos.

Com o intuito de compor um registro que ressaltasse ainda mais a relevância do objeto de estudo optou-se por agregar ferramentas que pudessem expressar seu valor ecológico. Novamente, e pela ausência de literatura específica, é utilizado na metodologia o recurso de estabelecer associações e semelhanças através de um levantamento de dados oriundo de pesquisas consolidadas. Os autores destas pesquisas, tais como Boon et al., (1994; 1997; 1998), Chessman (2002), Bennet, (2002) e, sobretudo, Dunn (2000), atribuem valor ecológico a rios e segmentos de rios ao redor do mundo através de uma lista de critérios e atributos significativos que podem suscitar reflexões no sentido de serem igualmente aplicados ao domínio das ilhas Fluviais.

Uma pesquisa qualitativa realizada com técnicas de observação e pesquisa de campo originou uma entrevista com um questionário, como ferramenta para extrair informações e significados visíveis e latentes perceptíveis à atenção de um ator que vive seu cotidiano no domínio das Ilhas Fluviais. O entrevistado participou de todo o processo da cadeia produtiva pesqueira do objeto de estudo e sua escolha e participação foram direcionadas para qualificar o debate.

3

O legado histórico da degradação e poluição dos rios: uma visão antropocêntrica persistente ameaça o domínio das ilhas Fluviais

O principal conceito por trás do antropocentrismo é a indiscutível superioridade dos seres humanos. Assim, a natureza é sempre e exclusivamente valorizada a partir de um ponto de vista instrumental (ALMEIDA, 2008; CAMPBELL, 1983). Existem duas principais ramificações deste conceito: na primeira, a natureza é fundamentalmente vista como um recurso econômico e, na segunda, a importância da natureza se relaciona com a satisfação de uma miríade de interesses humanos que não se limitam à dimensão econômica (ALMEIDA, 2008; CAMPBELL, 1983). Essa perspectiva pressupõe uma relação de troca em que os seres humanos preservam a natureza, mas em seu benefício. Ou seja, o objetivo é garantir a existência e a qualidade de vida humana (COELHO et al, 2006).

Muitos dos problemas relativos ao manejo de rios estão, hoje, relacionados a uma sequência complexa de uso da terra, ao desenvolvimento do uso dos recursos aquáticos e à expansão industrial, os quais têm alterado os padrões de runoff, a qualidade de fluxo e descarga, e a distribuição do tamanho e carga dos sedimentos transportados (PETTS, 1992). Os mesmos problemas aqui aludidos ainda ocorrem nos países em desenvolvimento. A poluição e a degradação de inúmeros corpos d'água no Brasil são comuns na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e constante ameaça ao domínio das Ilhas Fluviais em pleno século XXI.

Rios devem ser observados como artérias de captação de água de um ecossistema (PETTS, 1992). Mas a poluição dos ambientes aquáticos tem origem em épocas bíblicas, de acordo com o *The Rivers Handbook*, editado em 1992 em dois volumes. Uma sequência de problemas relativos ao antropocentrismo faz parte do contexto ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Os maiores remetem à qualidade das águas nos países industriais, segundo Meybeck & Helmer (1989), que surgiram durante um período de 100 anos, na seguinte

ordem: poluição fecal, orgânica, salinização, poluição por metais, eutroficação, contaminação por micropoluentes orgânicos e acidificação. Todos, encontrados na bacia do rio Paraíba do Sul e revistos na bibliografia, afetam ou ameaçam o domínio das Ilhas Fluviais.

Problemas severos tiveram início por volta de 1850 (PETTS, 1992). O legado histórico dos grandes despejos é refletido na alta concentração de metais pesados remanescentes em alguns segmentos dos rios e nos sedimentos na planície de inundação (MACKLIN & KLIMECK, 1992). Carvalho et al (1999, 2001) identificaram e relataram a distribuição de pesticidas na região Noroeste fluminense, que abrange o domínio das Ilhas Fluviais, e a variação de metais pesados particulados oriundos das indústrias paulistas e fluminenses, no baixo curso do rio Paraíba do Sul. Muitos rios da Europa, tais como o Elba, o Reno e o Danúbio, além do Ohio, do Connecticut e do Hudson, nos EUA, experimentaram problemas marcantes com a poluição entre o final do século XIX e o início do XX: foi verificada, conforme COSGROVE & PETTS (1990) uma redução nos estoques de peixes, invertebrados e macrófitas, sucedida pelo desaparecimento dos peixes, a sobrevivência de alguns grupos de invertebrados tolerantes, uma invasão de macrófitas emergentes e grande proliferação de algas. Araújo e Nunan (2005), Araújo (1983), Bizerril (2001) e Coelho (2012) destacam problemas correlatos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Os rios têm sido também influenciados por uma longa história de alterações de cursos e engenharia de canais (PETTS et al., 1989). Reconstruções paleoambientais têm demonstrado impactos humanos que começaram com sedimentação induzida pelos desmatamentos que se estenderam por um período de mais de 4000 anos (STARKEL et al., 1991). Assoreamento progressivo e aumento de níveis de inundação resultantes da expansão da agricultura e distúrbios ocasionados pela captação de água durante os séculos XVIII e XIX foram os principais fatores que intensificaram os problemas de regularização de rios (COSGROVE & PETTS, 1992). Os mesmos fatores são reconhecidos por COELHO (2012) ao longo do rio Paraíba do Sul e afluentes.

Segundo COSGROVE & PETTS (1990), a era dos megaprojetos teve início na segunda metade do século XIX, quando a visão popular de pioneiro consistia na luta para domesticar rios, utilizando grande número de trabalhadores em condições insalubres, e no desejo dos empreendedores pelo crescimento

econômico. Estes autores revelam que, durante meados do século XIX, foram drenadas extensas áreas de planície, a que se seguiu a retificação de rios e o realinhamento de canais: um exemplo desta regulação ocorreu no Rio Tisza, que teve seu curso encurtado em 340 km, com a drenagem de áreas enormes de planícies de inundação. Este tipo de drenagem ocorreu nas planícies de inundação e lagoas do baixo curso do rio Paraíba do Sul através de obras de regularização realizadas pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOCS), extinto no início da década de 1990, o qual realizou vários trabalhos nas áreas de abastecimento de água, irrigação e geração de energia elétrica, sendo também responsável pelas obras de controle de cheias em todo país (MELLO E PIASETIN, 2011). Cosgrove & Petts (1990) comentam que, nos EUA e na Europa, a escala destes trabalhos aumentou muito de 1930 até meados de 1960, com a multiplicação de grandes represas e reservatórios, como a represa de Hoover (*Hoover Dam*) e seu enorme reservatório, o Lake Med, no Rio Colorado. As grandes represas, no final dos anos 30, simbolizavam desenvolvimento social e progresso tecnológico no mundo (COSGROVE & PETTS, 1990). Este cenário persiste na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, com a construção recente da UHE Simplicio por FURNAS, a aquisição da Licença Prévia da UHE Itaocara, no domínio das Ilhas Fluviais. Há ainda várias PCHs (pequenas centrais elétricas), PCHs projetadas e em andamento, sobretudo em seus afluentes principais, como o Grande, o Paraibuna, o Pomba e o Muriaé. Suas consequências para a biota aquática estão registradas no corpo desta dissertação.

Conclui-se que a gama de ameaças e pressões sobre os sistemas fluviais é bem documentada e muitas bacias hidrográficas do mundo já estão alteradas de modo irreversível pela pressão contínua sobre os recursos hídricos (KARR, 1991; PETTS, 1992; DUDJEON, 1992; ESGUICERO, 2010). A maioria dos rios do mundo desenvolvido, como enfatiza PETTS (1992), é hoje bastante regulada, muitos num nível hidráulico ótimo, mas permanecem ecologicamente pobres. Estes rios são enriquecidos eutrófica e organicamente e sua diversidade ecológica tem sido eliminada, junto com sua função de corredores de biodiversidade. O domínio das Ilhas Fluviais exerce um papel preponderante de conectividade, como corredor que abastece com ovos e larvas as planícies de inundação do baixo curso do rio Paraíba do Sul (Souza, 2013).

4

Extinções: um reflexo da degradação nos ecossistemas fluviais no planeta e na bacia do rio Paraíba do Sul.

O resultado da deterioração dos ecossistemas terrestres e aquáticos no mundo culmina nas extinções de espécies. As atividades humanas têm modificado os rios do mundo (O'KEEFE 1989; DUDGEON 1992; COLE et al. 1993; DYNESIUS & NILSSON, 1994), e é possível verificar neles um ciclo de extinções refletido no declínio global de moluscos, anfíbios, insetos, répteis e peixes.

Inúmeros estudos têm demonstrado um aumento crescente no número de espécies extintas em ambientes de água doce. Cerca de 80% da população humana vive perto de ambientes ribeirinhos ameaçados, onde milhares de espécies de plantas e animais estão em risco de extinção (Nature, 2010). A massiva deterioração de habitats ameaça algumas das mais ricas assembleias da fauna de água doce (RICCIARDI et al, 1998). Os números absolutos de espécies ameaçadas de extinção nos trópicos são maiores.

Ricciardi et al (1998) calcularam taxas recentes de extinção de espécies das faunas terrestre e aquática nos EUA, que têm sido registradas a partir do começo do século XX e são baseadas na abundância de populações e na variedade de tamanhos. Turgeon et al. (1998) calcularam a taxa recente de extinção em 1.2% por década. Salvo a utilização de ações efetivas de conservação, os pesquisadores projetam que pelo menos 127 espécies de moluscos (BOGAN 1996; TURGEON et al., 1998) desaparecerão nos próximos cem anos, inferindo daí uma taxa de extinção de 6.4% por década (RICCIARDI & RASMUSSEH, 1998).

Inúmeras espécies podem já estar funcionalmente extintas, algumas das ameaçadas talvez sobrevivam a este século e um grande número das que não se encontram em risco desaparecerá, em função de futuras invasões biológicas (RICCIARDI, 1998, RICCIARDI & RASMUSSEH, 1998) e do efeito cascata de extinção de espécies-chave. Há populações que não se reproduzem mais (NEVES et al., 1997) e, se essa tendência persistir, os níveis de extinção de grupos

importantes da fauna aumentarão muito. A projeção média para a extinção futura da fauna de água doce é cinco vezes maior que para a fauna terrestre e três vezes maior que para os mamíferos costeiros marinhos (RICCIARDI, 1998; RICCIARDI & RASMUSSEH, 1998). A análise dos padrões de extinção revela que regiões que concentram um número elevado de espécies endêmicas são também aquelas em que a perda de espécies é mais provável (Ricciardi et al, 1998)). Tal é o caso dos “*hotspots* de biodiversidade”, que concentram uma alta diversidade de espécies endêmicas, as quais foram expostas às mudanças extensas de habitat e continuam ameaçadas de perder estes habitats (Ricciardi et al, 1998).

Extinções tem sido projetadas no Brasil de acordo com a Instrução Normativa MMA Nº 03, de 27 de maio de 2003. A Instrução Normativa MMA Nº 05, de 21 de maio de 2004 - Lista Oficial das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção e Sobreexplotados ou Ameaçados de Sobreexplotação, totalizou 78 invertebrados aquáticos e 154 de peixes. A Instrução Normativa MMA Nº 52, de 08 de novembro de 2005 - Altera os anexos I e II da Instrução Normativa MMA nº 05, de 21 de maio de 2004. Os animais são classificados como: Extinto, Extinto na natureza, Em Perigo Crítico, Vulnerável, Dependente de Conservação e Baixo Risco.

O LIVRO VERMELHO DAS ESPÉCIES DA FAUNA BRASILEIRA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO reúne informações científicas sobre todas as 627 espécies da fauna reconhecidas como ameaçadas de extinção por meio da Instrução Normativa nº 3 (2003) e nº 5 (2004). São apresentados dados sobre a biologia, distribuição geográfica, presença em unidades de conservação, principais ameaças, estratégias de conservação, indicações de especialistas e de núcleos de pesquisa e conservação envolvidos com as espécies.

Estudos realizados na bacia do rio Paraíba do Sul já indicavam um processo marcado pelo predomínio de eventos de extinção. A bacia, o maior sistema hidrográfico da região biogeográfica do sudeste brasileiro e com maior importância econômica e estratégia (Bizerril, 1995a; Bizerril *et al.*, 1996), é uma das bacias brasileiras na qual se estuda os ritmos das extinções. Embora aqui tenha um retrospecto das extinções e ameaças de extinções no rio Paraíba do Sul, as últimas projeções serão divulgadas no final do ano de 2014. O manejo das bacias hidrográficas do sudeste brasileiro mostra-se particularmente delicado em função de uma alta susceptibilidade de ocorrência de perdas bióticas em

decorrência de impactos antrópicos, magnificando e acelerando um processo inerente da área (Bizerril *et al.*, 1996) e ameaçando o domínio das Ilhas Fluviais.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

Localização da bacia do rio Paraíba do Sul

Minas Gerais

Espírito Santo

Rio Paraíba do Sul

Rio Pomba

Rio Muriaé

Rio do Povo

Rio Preto

Rio Grande

Rio Ribamar

Rio Pirajá

Rio Paratiba

Rio Paraíba

Rio de Janeiro

São Paulo

0 30 60 120 Km

Sistema de Coordenadas Geográficas
 SIRGAS 2000
 Hidrografia: ANA, 2011
 Limites políticos: IBGE, 2010
 Imagem: MRSID Nasa, 2000
 Elaboração: NGEo-RAN / ICMBio
 Jun. 2011

Principais rios da bacia

Limite da bacia do rio Paraíba do Sul

Limites estaduais

O Rio Paraíba do Sul abastece, por meio da transposição de suas águas ao Sistema Guandu, 11 milhões de habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Cerca de cinco bilhões de litros de água são extraídos diariamente dele,

para consumo humano. A água utilizada como insumo industrial corresponde à metade dessa quantidade (BIZERRIL et al., 1998; ANA, 2011).

O Rio tem importância física e econômica consideráveis. O Alto e o Médio vales calçam suas economias nas indústrias pesada, química e automobilística (ICMBio, 20011; ANA, 2011; COELHO, 2012), embora a atividade agrícola seja importante e predominante em algumas sub-bacias. A Bacia do Paraíba do Sul, incluída no domínio da Floresta Atlântica com formações fitogeográficas de Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa Submontana e de Terras Baixas, apresenta alto índice de biodiversidade, sobretudo nos trechos com declividade acentuada e com maiores altitudes, que também abrigam as nascentes e cabeceiras de drenagem, elementos fundamentais para a manutenção do seu potencial hidrelétrico (AB´SABER & BERNARDES, 1958; ICMBio, 2011). Embora a Bacia integre uma das regiões de maior diversidade biológica no país, também se caracteriza pelo mais avançado estado de alteração da paisagem (Figura 2).



Figura 2 - Aspecto da degradação de áreas antes florestadas no rio Paraíba do Sul. Acervo Projeto Piabanha

As regiões Noroeste e Baixo Rio Paraíba do Sul estão em estágio avançado de alteração da cobertura vegetal original, pequena parte da qual é destinada à

conservação e sobre cuja biodiversidade há pouca informação (ENGEVIX, 1996; ICMBio, 2011). O cenário atual da Bacia reflete diversos aspectos relativos à alteração e exploração dos seus recursos naturais que têm estreita correlação com um conjunto de empreendimentos energéticos e industriais, dentre outros (COELHO, 2012; BIZERRIL, 2001; FUNDAÇÃO CHRISTIANO ROSA, 2009). Essas intervenções demonstram a importância do potencial econômico e da posição estratégica da Bacia no que concerne ao atendimento das demandas de energia associadas ao processo de industrialização nas áreas que ela abrange em territórios paulista, mineiro e fluminense (BIZERRIL 1998; ICMBio, 2011; COELHO, 2012).

A Bacia do Paraíba do Sul concentra cerca de 7.000 indústrias e 6.000 pequenas, médias e grandes fazendas, e sua água abastece em torno de 15 milhões de pessoas, 87% das quais residentes em regiões metropolitanas, num total de 180 municípios divididos entre os três estados. A região do Baixo Vale do Rio Paraíba, em particular, apresenta uma economia voltada para a pesca e para a atividade agropecuária, podendo-se dizer que inúmeras famílias ao longo deste trecho sobrevivem da pesca tradicional (BIZERRIL, 1998; ICMBio, 2011; COELHO, 2012; BERRIEL, 2011).

Muitos corpos de água da Bacia do Rio são de baixa qualidade e necessitam de remediação e tratamento, abordagens que requerem maiores esforços de implementação, difusão e ampliação de equipamentos para isso destinados, para que seja possível lidar com os enormes volumes de resíduos sem tratamento despejados todos os dias no Paraíba do Sul (COELHO, 2012).

Segundo Coelho (2012), nos últimos 60 anos tem havido ali uma expansão demográfica considerável, associada a um desenvolvimento industrial intenso e diversificado. Acrescenta-se que a parte mais desenvolvida da Bacia encontra-se entre dois dos maiores aglomerados do Brasil, que são as áreas metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro, unidas pelo Vale do Paraíba, por onde se dão as ligações rodoviária e ferroviária entre esses centros (BIZERRIL, 2001; COELHO, 2012), com probabilidade de acidentes, que de fato ocorrem e contribuem para a contaminação do Paraíba do Sul e de seus afluentes (COELHO, 2012).

Não haveria desenvolvimento sem a utilização da água do Paraíba do Sul. Os problemas trazidos pela degradação estão, muitas vezes, associados à falta de controle e de ordenamento de atividades corretivas em indústrias, no campo, nas

idades e nos municípios ribeirinhos. Os barramentos, oriundos da construção de hidrelétricas ao longo do Rio, aumentam os transtornos da biota aquática (ARAÚJO et al., 1995; BIZERRIL et al., (1998); AGOSTINHO et al., 2004). Segundo Coelho (2002) as principais usinas hidrelétricas na bacia são: Paraibuna/Paraitinga, Jaguari (CESP) e Santa Branca (Light), no estado de São Paulo. Funil (Furnas), Nilo Peçanha, Fontes Velha, Fontes Nova, Pereira Passos, Ilha dos Pombos (Light) e as recentes Anta e Simplício (Furnas) encontram-se no Rio de Janeiro.

Os principais contaminantes encontrados em águas doces são: (1) os metais pesados (Hg, Pb, Co, Fe, Cd e Ar) que são resíduos de diversas atividades industriais, como refinarias, metalurgias, fundições e beneficiamento de minérios, e também da própria mineração; (2) os fertilizantes químicos resultantes da agricultura; e (3) os compostos orgânicos sintéticos (ANA, 2011; NIMI, 1996; BUSS et al., 2001; EGLER, 2010; COELHO, 2012). A produção e a comercialização de substâncias sintéticas têm aumentado e a contaminação da água por resíduos químicos atinge países desenvolvidos e em desenvolvimento (NIMI, 1996; EGLER, 2010). Estima-se que existam cerca de 100 mil agentes químicos circulando pelo ambiente, e que, a cada ano, entre mil e dois mil novos produtos químicos entrem no mercado sem que seus efeitos tenham sido testados ou avaliados (CMMDA, 1989). Alguns poluentes físicos, químicos e biológicos e suas fontes estão representados no quadro abaixo (Figura 3).

Ação dos poluentes		
Poluentes	Físicos	Fonte possível
Asbetos		resíduos industriais
Argilas suspensas		precipitação
	Químicos	
	Metais pesados	industria
	Sulfatos	algicidas e minas
	Nitratos	fertilizantes
	Sódio	amaciante
	Pesticidas	agricultura
	cloro	industria
Biológicos: bactérias (fezes) , virus e protozoários (fezes e urina)		

Figura 3 - . Poluentes físicos, químicos e biológicos. Fonte: Acervo Projeto Piabanha.

Já foram detectados peixes com anomalias sérias causadas, sobretudo, pela poluição por despejos químicos e resíduos (ARAÚJO et al., 2005). Uma complexa situação territorial e administrativa, que demanda harmonização e ordenamento de ações envolvendo três estados e 168 municípios, dificulta a solução de problemas relativos à gestão dos recursos hídricos (ANA, 2011; BIZERRIL et al., 1998).

O Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) que engloba plenário e câmara técnica, e a Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), como braço técnico-executivo, são os principais gestores e interlocutores no âmbito da Bacia, dentro do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Há ainda os Comitês das sub-bacias do Rio Paraíba do Sul e sua composição de municípios (BIZERRIL, 2001).

A utilização da água do Rio Paraíba do Sul e de seus afluentes pode ser dividida em dois tipos. O uso consuntivo refere-se ao abastecimento de cidades, vilas, povoados, e de populações humanas do meio rural; à dessedentação animal; à irrigação; ao consumo industrial e agroindustrial; e à aquicultura. O uso não consuntivo é aquele direcionado à manutenção da biodiversidade fluvial, à pesca, ao controle de cheias, à geração de energia, à navegação, à recreação, ao lazer e ao turismo (BIZERRIL, 2001; COELHO, 2012; ANA, 2011).

5.1

Águas fronteiriças

Um dos maiores problemas existentes para a integridade ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é a gestão das águas fronteiriças (ANA, 2011). O Paraíba do Sul corta os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e alguns afluentes, mesmo locais, transcendem fronteiras políticas municipais (ANA, 2011). Sua bacia hidrográfica é compartilhada de forma desordenada e difusa. Bacias hidrográficas fronteiriças exigem gestão cooperativa para assegurar que os recursos sejam compartilhados de forma equitativa e ecologicamente equilibrada (ANA, 2011). A gestão da qualidade da água, especialmente por meio da prevenção e controle da poluição a montante é determinante para assegurar que municípios a jusante não sejam injustamente prejudicados por poluição proveniente de fontes além de suas fronteiras (ANA, 2011). Lamentavelmente, a poluição hídrica fronteira é um grande problema, vide acidentes com vazamentos sérios que fazem parte do histórico ambiental do rio. Diferentes tipos de poluentes provocam diferentes danos a jusante, dependendo de sua mobilidade, capacidade de acumulação e persistência no meio ambiente. Os poluentes orgânicos persistentes (POPs) são uma preocupação preeminente, em vista de sua longa duração e de seus impactos adversos potenciais a saúde humana e ao meio ambiente (EGLER, 2002) (ANA, 2011). Além dos lançamentos de pesticidas e da poluição doméstica local e regional o sistema hidrográfico do rio Paraíba do Sul recebe lançamentos de produtos químicos, de agrotóxicos e de outros efluentes industriais, como também de esgoto e escoamento superficial de áreas agrícolas, antes de atravessar a fronteira com o Rio de Janeiro (ANA, 2011). À exceção do estado de São Paulo, onde a SABESP é a responsável pelo esgotamento sanitário em mais de 40% dos municípios da sub-bacia paulista, a participação da CEDAE, no Rio de Janeiro, e da COPASA, em Minas Gerais, é praticamente nula, visto que os convênios de prestação dos serviços de saneamento quase sempre se limitam ao abastecimento de água (ARAÚJO & NUNAN, 2005).

Prevenir contra a poluição significa reduzir ou eliminar os contaminantes na fonte, antes que possam poluir os recursos hídricos. Muitos corpos d' água da bacia são de baixa qualidade e necessitam de remediação e tratamento. Estas

abordagens requerem maiores esforços de implementação, difusão e ampliação para poder lidar com os enormes volumes de resíduos sem tratamento diariamente despejados nas águas do Paraíba do Sul (BIZERRIL et al., 2001; ARAÚJO & NUNAN, 2005).

A todos esses problemas relativos à gestão dos recursos hídricos adiciona-se uma complexa situação territorial e administrativa, representada pela necessidade de harmonização e ordenamento de ações envolvendo três estados e 168 municípios (Bizerril et al., 2001).

5.2

Acidentes Ambientais

Há mais de um quarto de século o rio Paraíba do Sul e seus afluentes vem sofrendo com desastres ambientais que causam impactos significativos (ARAÚJO et al., 2009; Coelho (2012). Coelho (2012) destaca a ocorrência de mais de 26 de extrema gravidade e alguns são relacionados abaixo:

1977 – Rompimento do dique de contenção da lagoa da Cia. Paraibuna de Metais em Juiz de Fora/MG, contaminando os rios Paraibuna e Paraíba do Sul com metais pesados;

1982 – Vazamento da Cia. Paraibuna de Metais, com o rompimento de um dique de contenção de rejeitos no rio Paraibuna, que carregou resíduos de metais pesados (cromo e cádmio) e outras substâncias tóxicas, contaminando o rio Paraíba do Sul desde a confluência com o Paraibuna até a foz;

1984 – Acidente rodoviário em que um caminhão despejou 30 mil litros de ácido sulfúrico no rio Piabanha;

1988 – Vazamento de óleo ascarel diluído em 3000 litros de água utilizada para apagar o incêndio de transformadores da Thyssen Fundições; milhões de litros de soda cáustica no rio Pomba. Acidentes de menores proporções ocorreram também em 2006 e 2007, sob responsabilidade da mesma indústria.

2003 – Em 29 de Março de 2003 1,2 bilhão de litros de resíduos tóxicos vazaram de um antigo reservatório da indústria de celulose a Empresa Florestal Cataguases, para o rio Pomba, em Minas Gerais, chegando ao rio Paraíba do Sul e atingindo 56 cidades em Minas Gerais e Rio de Janeiro. As principais cidades fluminenses atingidas foram Miracema, Santo Antonio de Pádua, Aperibé,

Cambuci, Itaocara, Portela, São Fidélis e Campos. A mancha atingiu o mar a 215 km de distância.

2007 – Rompimento de dique de contenção de bauxita da mineradora rio Pomba, em Mirai/MG, contaminado os rios Fubá, Muriaé e Paraíba do Sul.

2008 – Em 18 de Novembro, o rio Pirapetinga, afluente do Paraíba do Sul, foi atingido por um vazamento de cerca de oito mil litros do produto químico endosulfan, um inseticida organoclorado altamente tóxico da Indústria Química Servatis, causando mortandade aguda de peixes e outros animais, como capivaras e animais domésticos até atingir o mar. O endosulfan é um organoclorado altamente tóxico usado na produção de pesticidas e inseticidas. Cabe ressaltar que os organoclorados foram proibidos no Brasil em Setembro de 1985, em função da sua alta persistência e toxicidade.

2009 – dois vazamentos de óleo no Paraíba do Sul provenientes da área de destilação do alcatrão, da CSN. As análises do INEA detectaram a presença de benzo-a-pireno e de benzo antraceno.

2010 – Novo vazamento da CSN estimado inicialmente em 2 milhões de litros de resíduos contendo minério de ferro e carvão.

A extinta FEEMA (hoje INEA) elaborou um Plano de Emergência para as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu para agilizar o combate à poluição causada por produtos químicos perigosos (COELHO, 2012). Planos de Emergência envolvem um grande número de entidades e empresas. Entre as principais entidades que participam do Plano de Emergência no Paraíba do Sul encontram-se as três esferas do poder executivo e incluem a Defesa Civil, Polícia Rodoviária, Secretaria Estadual de Saúde, Centro de Informações Tóxico-Farmacológicas, Empresa Estadual de Obras Públicas (EMOP), Secretarias de Segurança e Medicina do Trabalho, CEDAE, Serviços Autônomos de Água e Esgotos dos municípios da bacia, Light Serviços de Eletricidade S.A, Furnas Centrais Elétricas e as prefeituras dos municípios da bacia (COELHO, 2012).

5.3

Unidades geográficas da bacia do rio Paraíba do Sul

Quatro unidades geográficas distintas (Ab'SABER & BERNARDES, 1958), ou províncias, são reconhecidas ao longo do Rio Paraíba do Sul (Figura.

4), as quais foram descritas em detalhes e cujos elementos diagnósticos podem ser sintetizados da forma a seguir (BIZERRIL, 2001).

Alto Vale: compreende as nascentes, situadas a cerca de 1800m de altitude, até as proximidades de Guararema, num total de 280 km de extensão. Este trecho possui fortes declives, exibindo regime torrencial.

Médio Vale Superior: traçado sinuoso de cerca de 300 km entre Guararema e Cachoeira Paulista. Destaca-se a presença de meandros mortos, refletindo o trabalho fluvial sobre terrenos sedimentares de origem terciária.

Médio Vale Inferior: entre Cachoeira Paulista e São Fidélis, com aproximadamente 430 km de extensão e declividade média de 1m/km, com trechos encachoeirados.

Baixo Vale: abrange toda a planície litorânea desde a orla da Lagoa Feia até a divisa dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, ou seja, de São Fidélis até a foz, ao longo de 90 km. Nesta unidade, há um apreciável número de sistemas lânticos (i.e., brejos, lagos e lagoas) que, em muitos casos, são alimentados pelo transbordamento do Rio Paraíba do Sul.

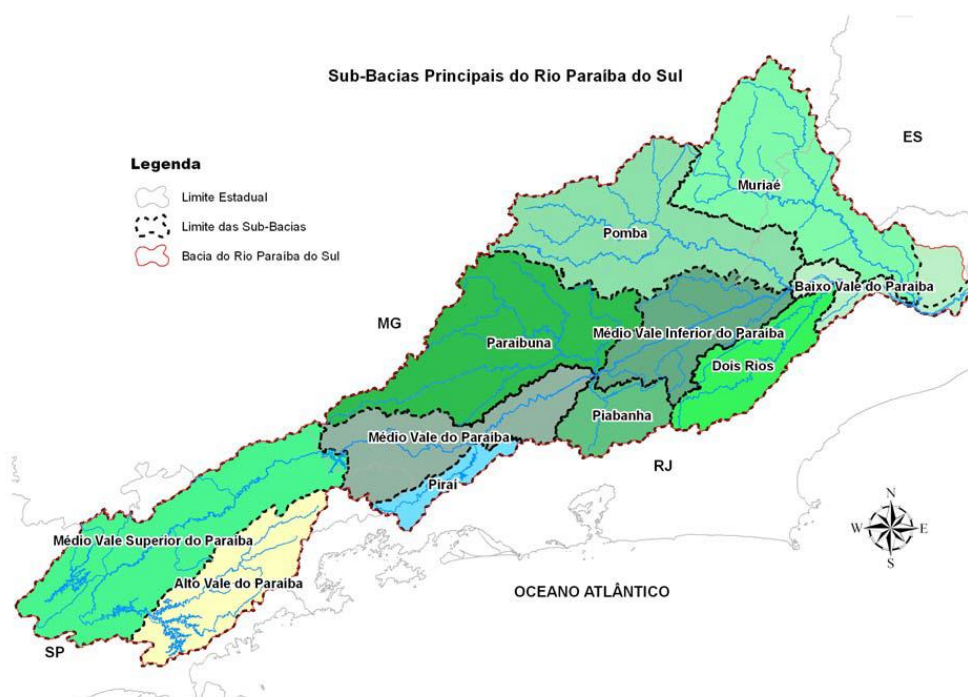


Figura 4 – Unidades Geográficas e Sub-bacias Principais. Fonte: ANA 2003

5.4

Domínios geoambientais

A identificação de subunidades ambientais nos grandes domínios geográficos é possível através da avaliação da paisagem, e da interação com ela, em cada um deles (BIZERRIL, 1998).

Domínio das Serras e do Planalto (DSP): da nascente do rio Paraitinga (1800 m) até Jacareí. O aspecto geral corresponde a uma energia de relevo acentuada. A variação da declividade é marcante e determina o caráter dinâmico do sistema fluvial. Após 200 km o rio Paraíba recebe o Paraibuna à 620m de altitude. Ao atingir o cotovelo de Guararema, gradualmente se livra dos travessões e corredeiras com regime fluvial marcado por sucessões de rápidos e piscinas.

Domínio dos Meandros Marginais (DMIM): de Jacareí até Barra do Piraí. O elemento mais marcante dentro do contexto regional é a presença de inúmeros meandros e diversos braços mortos que se converteram em lagoas marginais. Uma interrupção do aspecto meândrico ocorre entre Cruzeiro e São José do Barreiro, onde o canal torna-se mais encaixado, fato que favoreceu a construção da UHE Funil no local.

Domínio dos Meandros com Condicionamento Estrutural (DME): de Barra do Piraí a Andrade Pinto. Marcado pela presença de um canal fluvial fortemente sinuoso, com meandros pequenos e aproximados, condicionados estruturalmente e bem representados na região entre a foz do rio Monte alegre e Sebastião Lacerda. Nesta região as áreas de deposição são comuns e tronam os problemas de assoreamento e acúmulo de metais (procedentes da CSN, por exemplo) particularmente relevantes.

Domínio das Corredeiras (DCOR): a jusante de Andrade Pinto até São Sebastião do Paraíba o rio passa a apresentar um aspecto retilíneo. A partir de Três Rios ocorrem algumas inflexões do canal fluvial e o padrão retilíneo se prolonga de forma homogênea até Três Pontes, próximo de Andrade Pinto. Neste trecho a altitude passa de 290m para 80m e observa-se a comunicação do rio Paraíba do Sul com afluentes mais expressivos, dentre os quais os rios Paraibuna e Piabanha. A interação entre os aspectos de declividade, forma do canal e contribuintes de maior porte confere forte hidrodinamismo ao trecho.

Domínio das Ilhas Fluviais (DIF): de São Sebastião do Paraíba até a foz do rio Dois Rios, em São Fidélis. Apresenta marcada dominância de Ilhas Fluviais, caracterizando um domínio que exibe alta diversificação ambiental. Nesta região o rio apresenta formato sinuoso com inflexões mais marcadas na região de Coronel Teixeira e Cambuci e em áreas próximas a Itaocara. Além das ilhas ocorrem afloramentos de rochas e corredeiras, notadamente no trecho entre Porto Marinho e Portela. O rio Pomba é o principal afluente e o único com dimensões elevadas, tornando-se o principal ambiente fluvial associado a este domínio. A variação altimétrica é de 60 metros, passando da cota 80 para a cota 20.

Domínio dos Depósitos Fluviais (DDF): do Rio Dois Rios até a confluência com o Rio Muriaé, em Campos dos Goytacases. A dominância expressiva dos processos de deposição caracteriza esta área, delimitada a montante pela foz do rio Dois Rios e a jusante pela foz do Muriaé. As variações altimétricas são pequenas e consistem na passagem da cota de 20m para a cota 10, na foz do rio Muriaé. O curso apresenta extensão aproximada de 40 km.

Domínio das lagoas (DLA): da confluência com o Rio Muriaé até a foz do Rio Paraíba do Sul. Esta região é marcada por um alargamento expressivo da planície aluvial (planície dos Goytacazes) onde destaca-se a presença de inúmeras lagoas associadas direta ou indiretamente ao rio principal. Os ambientes fluviais associados à região encontram-se fortemente antropizados refletindo os séculos de obras de drenagens e retificações efetuadas no sentido de sanear a baixada campista e viabilizar as atividades agrícolas (notadamente o cultivo de cana) e a pecuária bovina. Alguns rios consistem apenas de canais de comunicação entre corpos lagunares. Além dos corpos lacustres a região conta com diversos setores nos quais o lençol freático rebaixado e baixa permeabilização do solo permitem a formação sazonal de pequenas lagoas, cujos nomes são conhecidos apenas por moradores locais. Com áreas de influência não delimitadas geograficamente, apenas suas extensões, as subunidades parecem mais ictiogeográficas, visto que atêm-se à calha do Rio Paraíba do Sul e ao segmento final do rio Pomba em Santo Antônio de Pádua (nota do autor). O perfil longitudinal das subunidades encontra-se registrado abaixo (Figura 5).

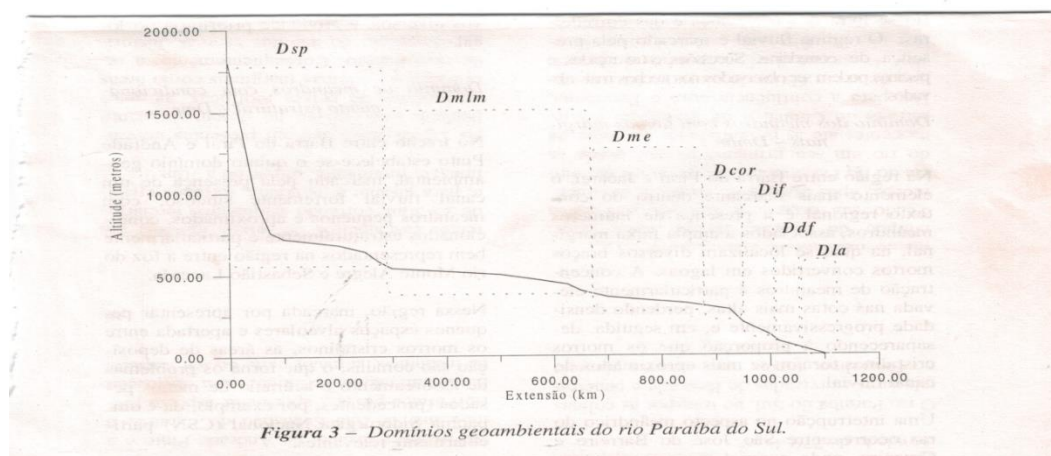


Figura 5 – perfil longitudinal dos domínios geoambientais do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Bizerril, (2009).

6

O Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul

6.1

Caracterização

O último trecho do curso Médio Inferior do Rio Paraíba do Sul (Figuras. 6 e 7), na região Noroeste fluminense, entre a localidade de São Sebastião do Paraíba e a foz do Rio Dois Rios, em São Fidélis, apresenta dominância de ilhas fluviais, caracterizando um domínio que exibe alta diversificação ambiental (BIZERRIL et al., 1998).

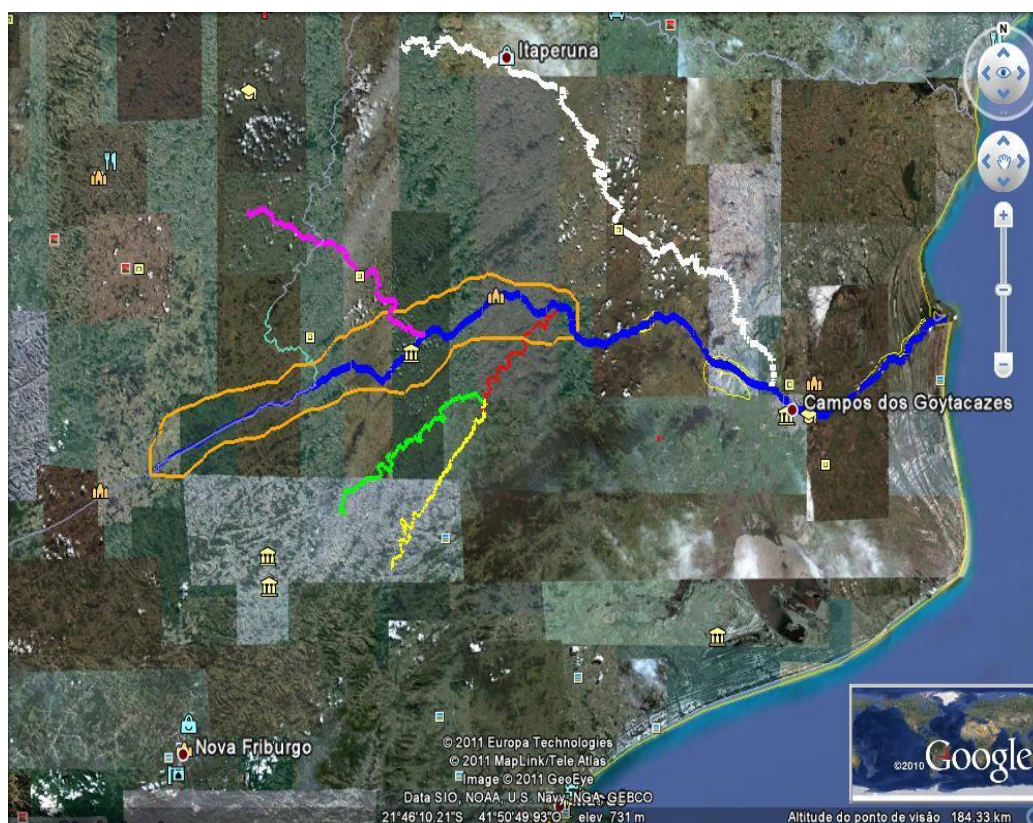


Figura 6: Domínio das Ilhas Fluviais do rio Paraíba do Sul. O entorno de cor laranja escuro identifica sua extensão, de São Sebastião do Paraíba até São Fidélis. A cor azul ilustra o canal do rio Paraíba do Sul, até sua foz. A cor amarela identifica o rio Negro e a verde o rio Grande, formadores do rio Dois Rios. A cor vermelha ilustra o rio Dois Rios. O verde mais tênue identifica o rio Pirapetinga e a cor rosa o rio Pomba, que só integra o domínio das Ilhas Fluviais a partir da intercessão das cores rosa e laranja. A cor branca ilustra o rio Muriaé, não inserido no domínio. Fonte: Google Earth, acervo Projeto Piabanha.



Figura 7 – Aspecto do Domínio das Ilhas Fluviais em Itaocara. Fonte: Acervo do Projeto Piabanha.

O Domínio das Ilhas Fluviais compreende parte dos municípios mineiros de Estrela D´Alva e Pirapetinga e os municípios fluminenses de Cantagalo, Santo Antônio de Pádua, Aperibé, Cambuci, Itaocara, e São Fidélis, na região Noroeste fluminense. A riqueza de espécies do domínio parece ser positivamente correlacionada com a baixa urbanização, industrialização e a conversão agrícola em área rural. Tornou-se uma prioridade clara para a conservação da biodiversidade (ICMBio, 2011).

Urbanização e agricultura são duas das ameaças mais importantes para a biodiversidade (RICKETTS e IMHOFF; 2003; NATORI et al, 2005). Provavelmente, a biodiversidade da região que abrange o domínio das Ilhas Fluviais seria muito mais pujante sem os desdobramentos da urbanização, agricultura e da pecuária. Embora a correlação entre a riqueza de espécies e urbanização enfatize o fato de que as atividades humanas e da biodiversidade podem estar em rota de colisão (RICKETTS & IMHOFF; 2003), os níveis de ameaças humanas no domínio coincidem com a sua alta biodiversidade em relação às regiões paulista e fluminense mais desenvolvidas. As intensidades dos fenômenos de uso da terra, assim como os níveis de biodiversidade em si, são muito diferentes entre as regiões (RICKETTS & IMHOFF; 2003). Ao analisar as razões que pudessem denotar a alta diversificação ambiental do domínio das Ilhas Fluviais em relação aos domínios rio acima da UHE Pombos, localizada entre o município mineiro de Volta Grande (MG) e Carmo (RJ), inferiu-se aqui que podem ser atribuídas aos seguintes fatores: 1) alta densidade demográfica e industrial das regiões paulista e fluminense mais desenvolvidas; 2) baixa

densidade demográfica e industrial da região fluminense e mineira do domínio das Corredeiras nos municípios próximos ao domínio das Ilhas Fluviais, localizados em área rural; 3) baixa densidade demográfica e industrial dos municípios mineiros e fluminenses abrangidos pelo domínio das Ilhas Fluviais, e a sua localização em área rural.

Embora o interesse seja demonstrar a correlação positiva entre a riqueza de espécies com a baixa urbanização, industrialização e a agricultura na região do domínio das ilhas Fluviais, talvez os efeitos das últimas no meio ambiente sejam sentidos pelos ecossistemas locais. Seja qual for a causa (s), segundo Rickets & Imhoff (2003) e Natori et al, (2003) a agricultura e /ou sua intensificação pode ter efeitos sobre a biodiversidade alterando a quantidade e a qualidade de habitats para as espécies. Portanto, continuarão a ser informativas e valiosas a utilização de novas pesquisas sobre o domínio e comparar padrões de biodiversidade e ameaças antrópicas, a fim de identificar as prioridades de grande escala para a conservação.

Abaixo, apresenta-se um quadro comparativo entre as populações de algumas cidades mais desenvolvidas das regiões paulista e fluminense, e aquelas registradas em cidades mineiras e fluminenses menos desenvolvidas do domínio das Ilhas Fluviais e do segmento final do domínio das Corredeiras (Figuras.8, 9e 10).

Quadro Comparativo da População			
• Barra Mansa:	177.861	Taubaté:	220.000
• Resende:	119.801	Guaratinguetá:	112.000
• Volta Redonda:	257.996	Pindamonhangaba:	158.000
RJ	555.658	SP	490.000
• Tres Rios:	77.432		
• Paraiba do Sul:	41.084	118.856	
• Aperibé:	10.215	Alem Paraiba:	34.000
• Cambuci:	14.829	Estrela Dalva:	2.470
• Itaocara:	22.902	Pirapetinga:	10.364
• São Fidelis:	37.553		
• Total: RJ	85.499	MG	46.834

Figura 8 - Quadro comparativo de populações das cidades paulistas e fluminenses mais desenvolvidas e aquelas que compreendem o domínio das ilhas Fluviais na região

Noroeste fluminense. Os municípios mineiros de Além Paraíba e Estrela Dalva fazem parte do trecho final do domínio das Corredeiras e encontram-se muito próximos ao domínio das Ilhas Fluviais. Fonte: IBGE, (2010). Acervo Projeto Piabanha.

Itaocara, Aperibé, São Fidelis, Cambuci



Figura 9: Vista das cidades de Itaocara, Aperibé, Cambuci e São Fidélis, nesta ordem. Fonte Acervo Projeto Piabanha.

Resende, Barra Mansa, Volta Redonda

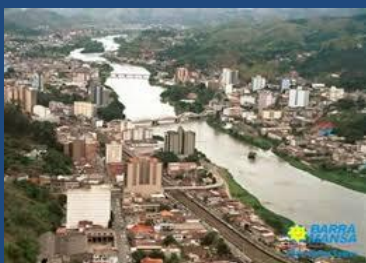


Figura 10. Vista das cidades fluminenses mais desenvolvidas. Resende (1 e 2), Barra Mansa e Volta Redonda (3 e 4). Fonte: Acervo Projeto Piabanha.

6.2

A região fluminense da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Esta feição geográfica é aqui exposta para propiciar um entendimento mais abrangente das sub-regiões mais industrializadas da região fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul sobretudo quando alude à Sub-região C, do Médio-baixo Paraíba, onde se encontram localizados, entre outros, os municípios que integram o domínio das Ilhas Fluviais no Estado do Rio de Janeiro, com exceção de Cantagalo. Embora o município de Cantagalo esteja relacionado na Sub-região B, é banhado pelo rio Paraíba do Sul nas franjas de sua porção inferior, inserida no domínio das Ilhas Fluviais.

A região fluminense da Bacia foi dividida pelo Projeto BRA/96/017/SEMA em três sub-regiões agrupadas por características geográficas e por especificidades socioeconômicas, de uso da água e da qualidade ambiental, que lhes conferem regionalidade. Assim, foi concebida a subdivisão apresentada a seguir, com seus respectivos municípios e a população, obtida pela Fundação IBGE (FIBGE, 1996). Sub-região A: Médio-alto Paraíba. Mais industrializada, demonstra acentuada degradação nos corpos hídricos em sua bacia de drenagem, que engloba 21 municípios: Barra do Piraí, Barra Mansa, Comendador Levy Gasparian, Engenheiro Paulo de Frontin, Itatiaia, Mendes, Miguel Pereira, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Piraí, Pinheiral, Porto Real, Quatis, Resende, Rio Claro, Rio das Flores, Sapucaia, Três Rios, Valença, Vassouras e Volta Redonda.

População: 961.875 habitantes. Área: 8.383km².

Sub-região B: Serrana. Menos industrializada do que a anterior, é grande produtora de culturas olerícolas, tem forte vocação para atividades turísticas e apresenta afluentes muito degradados, que englobam 15 municípios: Areal, Bom Jardim, Cantagalo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Petrópolis, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Teresópolis e Trajano de Moraes.

População: 694.762 habitantes. Área: 5.868 km².

Sub-região C: Médio-baixo Paraíba. Menos industrializada que as anteriores, tem, como suas mais expressivas atividades econômicas, a indústria sucroalcooleira, a extração mineral e a agricultura. Esta sub-região é drenada por afluentes importantes, que drenam também o território mineiro. Os 17 municípios

que abrange são Aperibé, Campos de Goytacases, Cambuci, Cardoso Moreira, Italva, Itaocara, Itaperuna, Miracema, Muriaé, Natividade, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua, São Fidélis, São Francisco de Itabapoana, São João da Barra, São José de Ubá e Varre-Sai.

População: 735.577 habitantes. Área: 7.722 km².

No entorno do domínio das Ilhas Fluviais o estágio de fragmentação dos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual, que prevalece na Região Noroeste Fluminense, apresenta grande perda de cobertura florestal e alto grau de degradação e erosão, segundo Louzada *et.al.* (2004). Técnicas de análise espacial sobre a fragmentação dos remanescentes no Estado do Rio de Janeiro permitem afirmar que a região fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual apresenta apenas 10% de sua cobertura vegetal nativa. A paisagem natural original foi sucedida por fragmentos observados nos topos dos morros, ilhas e nas margens dos rios (LOUZADA *et.al.*, 2004), solos gretados e estorricados, áreas de vegetação semidesértica, e campos sujos (Figura 11). Os campos antrópicos dominam a paisagem do entorno do DIF recobrando extensas áreas ao longo das margens e sobre as ilhas (LOUZADA *et.al.*, 2004).



Figura 11 – encosta próxima ao eixo do Rio Paraíba do Sul, contendo sulcos erosivos que se desenvolvem por conta do pisoteio do gado. A paisagem é típica da Região Noroeste Fluminense. Fonte: Ecology, 2013.

Culturas diversas sobressaem nas margens e ilhas no trecho correspondente ao domínio das Ilhas Fluviais, com destaque para a cana-de-açúcar e o milho e, em menor escala, banana, feijão, quiabo, mandioca, jiló e tomate (LOUZADA et.al., 2004). Os estudos de Louzada (2004) no domínio das Ilhas Fluviais, entretanto, demonstraram que, mesmo em áreas florestais isoladas ou que sofreram perturbações é possível encontrar-se uma alta diversidade, reforçando a importância da preservação destas áreas e de seu banco genético, com vistas à recomposição e enriquecimento de áreas degradadas.

6.3

Enquadramento fitogeográfico da região que compreende o domínio das Ilhas Fluviais

A área compreendida entre os municípios de Itaocara e Cambuci, que fazem parte do domínio das Ilhas Fluviais, encontra-se inserida, segundo o sistema de classificação proposto por Veloso et al. (1991) e adotado pelo IBGE (1992), na região originalmente revestida pela Floresta Estacional Semidecidual a qual, estima-se, cobria toda aquela área (SOS MATA ATLÂNTICA, 2002). Relatos de naturalistas que percorreram o Vale do Paraíba nos mostram que, no início do século XVI, as florestas exibiam, ali, uma pujança arbórea talvez superior à das florestas serranas e à das planícies costeiras (CARAUTA & ROCHA, 1988). Estas matas constituíam uma vasta comunidade formada por árvores com até 35 m de altura, em que indivíduos de alto porte muitas vezes apresentavam raízes tabulares. O dossel formava uma cobertura densa e fechada que conferia ao interior da mata um aspecto sombrio, sendo os arbustos frequentes apenas nas áreas mais iluminadas, como as margens dos rios. Essas matas primitivas destacavam-se por vegetação espessa e intrincada, grande número de espécies e abundância de cipós e palmeiras (CARAUTA & ROCHA, 1988).). Muitas árvores com madeira de alto valor comercial estavam presentes nestes ambientes, como o vinhático, o ipê-roxo, o jatobá-jataí, a canela-sassafrás, a canela-abacate, a bicuíba, o jatobá-do-campo, o roxinho e o jacarandá (CARAUTA & ROCHA, 1988)). A legislação ambiental considera três fases distintas de sucessão para as florestas secundárias no Estado do Rio de Janeiro, adotadas no estudo de Louzada

et al. (2004), para a caracterização da vegetação do entorno do Domínio das Ilhas Fluviais.

Vegetação Secundária em estágio inicial de regeneração (estágio sucessional secundário inicial da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial). Caracteriza-se pela fisionomia predominantemente arbustivo-herbácea, exibindo uma cobertura densa e contínua de até cinco metros, sem diferenciação de estratos, onde podem ou não ocorrer pequenas árvores. A vegetação, nesta fase, é dominada por espécies heliófilas, formando as popularmente conhecidas “capoeirinhas”, vegetação que, na região de estudo, ocorre, após algum tempo, em áreas abandonadas.

Indivíduos jovens de *Croton urucurana* têm maior presença, associados a arbustos como *Mimosa bimucronata* (maricá), *Ricinus communis* (mamona) e *Senna alata*, a subarbustos como *Piper spp.* e trepadeiras herbáceas, estas últimas também muito abundantes, com maior frequência de espécies como *Ipomoea alba*, *Ipomoea cf. rubens*, *Merremia umbellata* e *Luffa aegyptiaca*.

Vegetação Secundária em estágio médio de regeneração (estágio sucessional secundário médio da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial). Caracteriza-se pela fisionomia arbustivo-arbórea mais desenvolvida e com maior riqueza de espécies, em relação à fase anterior, além de uma redução de espécies heliófilas herbáceas e arbustivas, características dos estágios iniciais. Arvoretas e árvores com alturas que variam entre 5 e 12 metros predominam neste ambiente. Há início de uma diferenciação em estratos e aparecimento de espécies esciúfilas no interior da mata.

Trechos da vegetação neste estágio foram observados nos fragmentos das ilhas do Santíssimo e do Estado, onde é comum divisarem-se exemplares de *Pachystroma longifolium*, *Tabernaemontana laeta*, *Pterogyne nitens*, *Cecropia catarinensis*, *Casearia silvestris* e de *Guapira opposita*, além de espécies de *Trichilia* e *Erythroxylum* e trepadeiras herbáceas e lenhosas. Talvez a *Cecropia catarinenses* não exista mais na região, visto que não foi encontrado o registro desta espécie no Jardim botânico, parece mais provável que seja a *C. patchystchye* ou *C. glaziovisi*. O enquadramento fitogeográfico diz respeito a uma situação aparentemente teórica e talvez a maioria das espécies não exista mais.

Vegetação Secundária em estágio avançado de regeneração (estágio sucessional secundário avançado da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial).

A vegetação, nesta fase, exibe uma fisionomia com maior número de estratos do que na fase anterior. Ela caracteriza-se pela presença de um dossel mais ou menos uniforme que varia de 13 a 20 metros, em geral fechado e com árvores emergentes que chegam a medir entre 25 e 30 metros. Diversas espécies arbóreas ocorrentes no estágio médio de regeneração, porém bem mais desenvolvidas, são encontradas no estrato superior. Trechos de vegetação nesta fase sucessional foram observados em fragmentos florestais na Ilha do Estado e na Ilha do Santíssimo. Entre as árvores de maior porte, predominam espécies como *Anadenanthera peregrina* (angico), *Leucochloron incuriale* (angico-rajado), *Parapiptadenia pterosperma* (angico-roxo), *Pterocarpus rohrii* (pau-sangue), *Joannesia princeps* (boleira) e *Peltophorum dubium* (canafístula). Arvoretas como *Zygia latifolia*, *Metrodorea nigra*, *Trichilia hirta*, *Trichilia casaretti*, *Sorocea hilarii*, *Cusparia paniculata* e *Swartzia sp.* são comuns no interior da mata, além de espécies de Myrtaceae. A orquídea *Oeceoclades maculata* (orquídea-de-terra) destaca-se entre as ervas observadas no interior destas matas (LOUZADA et al., 2004).

6.4

Biogeografia do domínio das Ilhas Fluviais

A presença de ilhas no domínio das Ilhas Fluviais gera situações diferenciadas de batimetria e hidrodinamismo, favorecendo a ocorrência de inúmeras espécies ícticas, dotadas de tamanhos diferenciados, englobando tanto táxons de pequeno porte como grandes peixes de valor comercial (BIZERRIL et al, 1998). Além das ilhas, ocorrem afloramentos e corredeiras, sobretudo no trecho entre Porto Marinho e Portela. A variação altimétrica é de 60m, passando para a cota 20, o que gera pequena declividade (BIZERRIL et al, 1998). As singulares sinuosidades surgem associadas a um fluxo expressivo de rápidos e corredeiras, combinado com água corrente mais calma, remansos e pequenas lagoas marginais, (Figura 12).

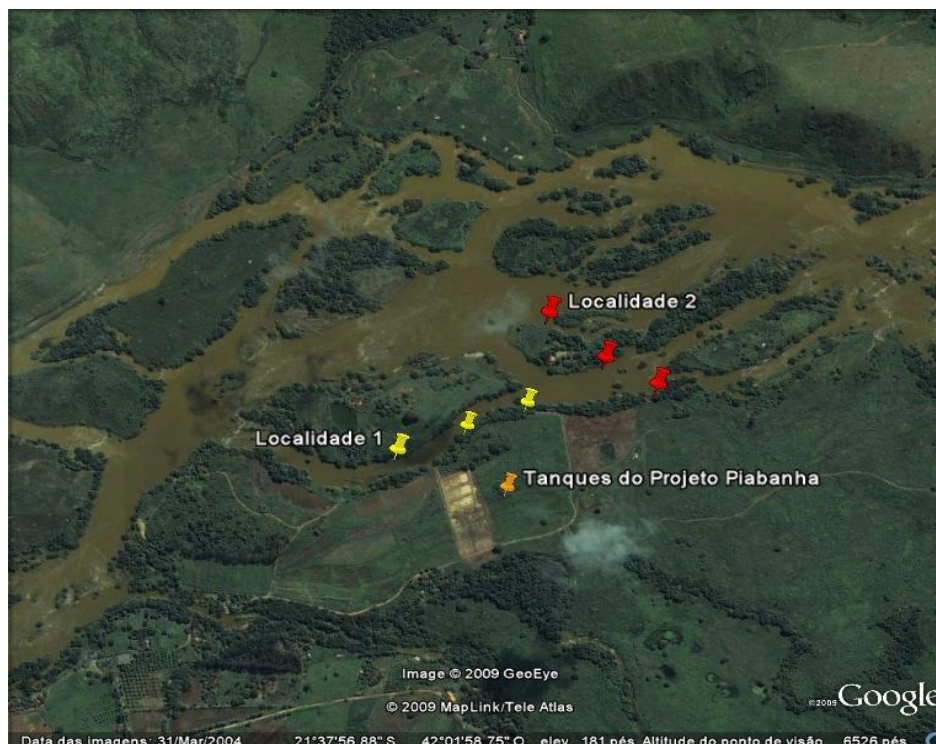


Figura 12 – Imagem característica do Domínio das Ilhas Fluviais na região rural de Itaocara. A divisão do Paraíba do Sul em canais longitudinais e transversais e a formação de ilhas são nítidas. As marcações em amarelo e vermelho representam pontos de coleta do Projeto Piabanha. Fonte: Google Earth, acervo do Projeto Piabanha.

Os últimos fragmentos remanescentes da mata ciliar e da vegetação aquática de outrora na Região Noroeste Fluminense ocorrem neste segmento do Rio Paraíba do Sul, de modo a formar um mosaico relativamente conservado (LOUZADA et al., 2004) e pouco estudado. As matas ciliares estão representadas em muitas das ilhas e nos fragmentos de vegetação, alguns deles relativamente extensos, nas margens dos rios Paraíba do Sul e Pomba.

Segundo Christofolletti, (1980) o ambiente fluvial é sempre submetido ao ciclo hidrológico da bacia hidrográfica onde estão inseridas suas feições geográficas, ou seja, suas ilhas e margens. Há condicionantes atmosféricos, meteorológicos e climatológicos que atuam na bacia do rio Paraíba do Sul, hoje marcada também por eventos extremos de poluição (BIZERRIL, 2002; ARAUJO E NUNAN, 2005; ANA, 2011; COELHO, 2012).

As mudanças fisiográficas de ilhas fluviais estão vinculadas à vazão e à competência do rio no transporte hídrico e de sedimentos (CHRISTOFOLETTI, 1980). Margens estão submetidas a processos erosivos e de deposição, e ilhas podem surgir a partir de processos de acumulação de sedimentos em trechos como

planícies costeiras, de baixa energia e declividade, pois o relevo influencia esses processos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A sinuosidade dos canais, o fluxo e a descarga dos rios (CUNHA, 2002) em que material variado, proveniente, sobretudo, de ações de intemperismo químico e físico, é transportado por suspensão ou rolado pelo fundo, impõem dinâmicas particulares.

Pequenos arquipélagos subdividem o canal do DIF em braços, caracterizando um sistema multicanal. Uma visão mais detalhada do DIF apresenta ilhas de tamanhos variáveis e vegetadas que separam o canal principal em canais secundários. As ilhas do domínio, por sua extensão e topografia (até quatro metros acima do nível médio do Rio), funcionam como relevo peculiar que propicia a existência de subambientes diferenciados, com hierarquia de canais e formação de lagoas marginais, que parecem exercer, segundo a linha e pesquisas de CUNHA (2002), influência na tipologia da flora ciliar, o que sugere um estudo mais aprofundado das ilhas e de sua sucessão florística.

Hilty (2006) adverte que uma complicação geral relativa à teoria de ilhas é que ela se refere e aplica-se apenas às ilhas oceânicas. Muitas ilhas, entretanto, situam-se no continente, em lagos e rios. Estas ilhas começaram a vida com amostras da biota terrestre já estabelecida e são muito mais complexas que o modelo de ilha-continente vislumbrado pelo corpo da teoria. Não obstante, de acordo com Hilty (2006) o conceito de biogeografia das ilhas será criticamente importante na influência dos pensamentos de ecologistas e biólogos e continuará incorporado a formulações mais complexas e aplicáveis. Hilty (2006) destaca que o primeiro grande esforço direcionado ao estudo de fragmentos de habitats desconectados, para teorizar a maneira pela qual os organismos se relacionam, foi a teoria da biogeografia de ilhas. Essa perspectiva foi formalizada em livro de R.A. MacArthur e E.O. Wilson denominado *A Teoria da Biogeografia em Ilhas*, publicado em 1967, que acionou uma profusão de interesses entre ecologistas no tópico e impulsionou os esforços para pesquisas. A teoria, na sua forma original, lidava com ilhas reais, pedaços de terra cercados de água. O foco não se encontrava na maneira pela qual organismos individuais talvez se movessem entre as ilhas e o continente, mas de que modo influenciavam a diversidade de espécies nas ilhas. O número e a riqueza de espécies era a referência que interessava.

Quatro proposições foram elaboradas. Todas, no entanto, direcionadas apenas às populações vegetais e de animais terrestres (MACARTHUR e WILSON, 1967):

Ilhas grandes sediarão mais espécies que as pequenas porque são mais aptas a abrigar diferentes habitats. A diversidade topográfica irá proporcionar mais microclimas e mais tipos de solos, de modo que maior diversidade de plantas e microrganismos poderá viver ali, o que irá apoiar a existência de uma variedade maior de animais.

A diversidade em ilhas próximas ao continente seria maior que nas mais distantes. Presume-se que o continente seja a fonte de colonizadores para as ilhas, o que implica dizer que quanto mais próximas da fonte de imigrantes, com mais facilidade serão atingidas e ocupadas por eles.

Ilhas pequenas terão altos índices de espécies em extinção porque tenderão a suportar números menores de indivíduos para cada espécie presente. Além disso, espécies que competem entre si ou exercem impactos negativos nas outras terão menor possibilidade de encontrar refúgios ou espaços em micro-habitats nos quais possam evitar-se mutuamente.

Ilhas próximas ao continente experimentarão menores índices de extinção, independente de suas dimensões, porque irão beneficiar-se de uma entrada maior de novos colonos, incluindo indivíduos de espécies já nelas presentes. Mesmo espécies que persistem de forma precária numa ilha mais próxima do continente serão reforçadas por novas chegadas.

Embora não haja nas observações de Hilty nada que mencione a biota aquática de rios com ilhas, Pinheiro, T.C., (2008) estudou algumas ilhas do Paraíba do Sul que ilustram a dinâmica daquelas do domínio das ilhas Fluviais. Elas são ambientes naturais com dinâmica própria, usados para contemplação e aprendizado, além de habitats de vida silvestre e locais de apoio para peixes e aves migratórias. Os sedimentos que compõem as ilhas na foz do Rio Paraíba do Sul, por exemplo, são ricos em nutrientes que servem parcialmente de base da cadeia alimentar de peixes, aves e outros organismos (PINHEIRO, T.C., 2008). Ações investigativas sobre as ilhas, apoiadas por pesquisas científicas, impõem tempo de dedicação em observação e coleta de dados no campo, associado à análise de informações de imagens obtidas por satélites, com a seriedade exigida na obtenção de resultados que as descrevam geograficamente, e que as insiram nos

ambientes naturais onde se localizam (MACARTHUR e WILSON, 1967; DIAMOND, 1976).

6.5

A mata ciliar e a vegetação aquática do domínio das Ilhas Fluviais

A vegetação ciliar do domínio das Ilhas Fluviais surge na forma de estreitas faixas desde a Cidade de Santo Antônio de Pádua até a confluência do Rio Paraíba do Sul com o Rio Pomba, e também entre São Sebastião do Paraíba, em Cantagalo, e a foz do Rio Dois Rios, em São Fidélis, em um mosaico de vegetação nativa e que abriga componentes da flora característicos das matas que outrora recobriam a região (LOUZADA et al., 2004). Os remanescentes vegetacionais do Domínio das Ilhas Fluviais estão em fragmentos de mata isolados sobre as encostas e em topos de elevações, na vegetação das ilhas e ao longo das margens (LOUZADA, 2004). Kageyama et al. (1989) afirmam que a mata ciliar apresenta espécies adaptadas, tolerantes ou indiferentes a solos encharcados e/ou sujeitos a inundações temporárias, inclui espécies exclusivas e é importante habitat para animais, além de ser fonte de alimento para peixes. Lima & Zarkia (2000) afirmam existir uma interação funcional permanente entre a vegetação ripária, os processos geomórficos e hidráulicos do rio e a biota aquática: a vegetação contribui para o abastecimento contínuo do rio com material orgânico (inclusive galhos e troncos); a retenção favorece o processo de deposição de partículas e sedimentos, permitindo sua disponibilização à biota aquática; a criação de micro-habitats beneficia organismos aquáticos; a atenuação da radiação solar favorece o equilíbrio térmico da água e influencia positivamente a produção primária de rios e lagos (BARRELLA et al., 2001; KAGEYAMA, 2001).

As árvores, na vegetação ciliar do DIF, constituem elementos de destaque na cobertura, perfazendo 70 espécies, ou 39% da flora total observada (LOUZADA et al., 2004), entre as quais, as que dominam nas ilhas e margens do Rio, na maior parte do trecho avaliado, são *Inga vera ssp. affinis* (ingá), *Croton urucurana* (urucurana), *Ficus obtusiuscula* (figueira) e *Andira legalis* (angelim) (LOUZADA et al., 2004). As demais espécies são mais comuns nos fragmentos florestais remanescentes, sobretudo na Ilha do Estado e na Ilha do Santíssimo, e

também nas faixas ciliares na localidade conhecida como Boqueirão (LOUZADA et al., 2004), todos situados no domínio das Ilhas Fluviais.

Os fatos de a composição e a riqueza de espécies desta flora do DIF serem quase desconhecidas e de existirem representantes seus nos herbários oficiais (LOUZADA et al., 2004) merecem destaque. O levantamento florístico do DIF, realizado pela ONG denominada Associação de Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul / Projeto Piabanha, com apoio da Associação Mico-Leão Dourado e do *Critical Ecosystems Partnership Fund* (Fundo de Participação em Ecossistemas Críticos) registra 180 espécies, distribuídas em 147 gêneros e 65 famílias botânicas. Cento e quarenta e cinco espécies coexistem em ambientes florestais e nove são aquáticas ou semiaquáticas, sendo as espécies restantes daninhas ou invasoras, comuns às áreas antropizadas (LOUZADA et al., 2004). A vegetação ciliar estabelece uma estreita relação com a fauna local. As matas são produtoras de alimentos para uma grande diversidade de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados, como moluscos, insetos, aracnídeos e vermes, sem levar em consideração quantidades imensuráveis de plantas e animais microscópicos (LIMA e ZARKIA, 2000; BARRELLA et al., 2001; KAGEYAMA, 2001). Os frutos e flores que caem no Rio Paraíba e em seus afluentes servem de alimento aos peixes (LOUZADA et al., 2004). Importa ressaltar que o levantamento no herbário do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (MARQUES & NOVAES, 1996), que reúne um acervo de mais de cem anos de coletas botânicas, revela que as coletas efetuadas nos municípios de Itaocara e Cambuci representam apenas 0,01% do total de coletas efetuadas no Estado do Rio de Janeiro e depositadas neste herbário, o que reflete a escassez de conhecimento acerca da flora local. Entre os poucos estudos que mencionam espécies vegetais ocorrentes entre Itaocara e Cambuci, destaca-se o de Carauta e Rocha (1988) que, através de levantamentos de campo e bibliográfico, elaboraram uma lista preliminar de espécies para o Vale do Paraíba. A partir deste estudo, constata-se que a maior parte das coletas de plantas vasculares no vale deste rio foi realizada em seus cursos superior e médio. Estes autores mencionam apenas seis espécies no trecho entre Itaocara e Cambuci, confirmando a carência de informações acerca da flora local. Outro estudo citando espécies para este trecho registram a ocorrência de espécies invasoras em uma cultura de milho no Município de Itaocara (LOUZADA et al., 2004).

Diversas espécies aquáticas ou semiaquáticas desenvolvem-se nos ambientes permanentemente inundados do domínio das Ilhas Fluviais (Louzada et al.2004). *Sagittaria montevidensis* (flecha ou falso-chapéu-de-couro), *Eichhornia crassipes* (aguapé), *Pistia stratiotes* (alface d'água), *Salvinia auriculata* (carrapatinho) e *Azolla caroliniana* (musgo-d'água) destacam-se nas áreas de remanso. Já nos trechos submetidos à correnteza, sobressai a espécie reófito *Sebastiania schottiana*, observada em geral no meio do rio, entre pedras e ilhotas em formação. Outras espécies semiaquáticas observadas com frequência nas margens de ilhas são *Ludwigia sp.* (cruz-de-malta), *Polygonum spp.* e *Alternanthera philoxeroides* (LOUZADA et al., 2004).

7

Sumário da problemática socioambiental no domínio das Ilhas Fluviais

7.1

Barramentos

Pesquisadores sustentam que os barramentos dos rios são uma das principais causas da diminuição de peixes em diversas partes do mundo (LOWE-MCCONNEL, 1987; PETRERE JR., 1996; AGOSTINHO et al., 2003). Os principais rios brasileiros, segundo Ávila (1994), têm sido transformados em uma sucessão de reservatórios, provocando inundações de grandes áreas e alterações no regime hídrico e nas áreas de reprodução da fauna aquática, além de se transformarem em barreiras intransponíveis para os peixes. Barragens sucessivas estão em projeto e em implantação no curso Médio Inferior do Rio Paraíba do Sul, incluindo o Domínio das Ilhas Fluviais. Todas as rotas migratórias rio acima da área de estudo e nos afluentes principais já estão impactadas pelo setor elétrico. Em um rio onde já existem muitas represas, a transformação e o empobrecimento da ictiofauna é irreversível (MAZZONI, 2012, ICMBio, 2012, PROENÇA, 2013).

O mapa de segmentação da Bacia do Rio Paraíba do Sul por barragens (Figuras 13 e 14), elaborado por NGEORAN/ICMBio, exibe, em operação, além das grandes usinas hidrelétricas (UHEs), 29 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e mais de 60 PCHs em fase de construção ou de licenciamento (ICMBio, 2011)



Fig. 13: Usina Hidrelétrica de Pombos, construída pela Light e em operação desde 1924.. Fonte: Acervo do Projeto Piabanha



Figura 5 – Segmentação da bacia do RPS provocada pela série de reservatórios e barramentos. Fonte: ARAÚJO & NUNAN, 2005.

Figura 14 – segmentação por barragens na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: ICMBio 2011

A literatura aborda os impactos ambientais das barragens sobre as espécies migratórias (MAZZONI, 2012; BIZERRIL, 1999; PRINGLE et al., 2000; MARCH et al., 2003; AGOSTINHO et al., 2003, 2004; GREATHOUSE et al., 2006). Enquanto os efeitos deletérios das grandes barragens sobre peixes migradores têm recebido uma grande quantidade de atenção, pequenas barragens são muito mais numerosas e seu impacto global pode ser superior ao de grandes barragens (MARCH et al., 2003).

7.2 Desmatamentos

Não foram encontrados dados sobre a ictiofauna antes dos grandes desmatamentos na região do domínio das Ilhas Fluviais em períodos anteriores aos atuais. A ausência de dados acerca da ictiofauna presente no Rio Paraíba do

Sul em períodos anteriores aos dos grandes desmatamentos impede, segundo Mello (1997), a avaliação da magnitude do impacto deste processo sobre a fauna local ou, ainda, a identificação de extinções dele derivadas. É possível, contudo, inferir que assoreamentos provocados por esta alteração ambiental influam nos organismos aquáticos, sobretudo em grupos que dependem de orientação visual para a captura de presas e que, portanto, possam ser uma das causas do declínio das espécies *Brycon* (piabanha e pirapitinga-do-sul) na Bacia (MELLO, 1997), a primeira, presente no domínio das Ilhas Fluviais.

7.3

Efluentes domésticos e industriais, agrotóxicos, e metais pesados no domínio das Ilhas Fluviais

Desde a sua inauguração, em fevereiro de 1980, a Cia. Paraibuna Metais já tinha extinguido completamente a biota fluvial do córrego Três Pontes e prejudicado profundamente o ecossistema do rio Paraibuna em decorrência da acidez de seus efluentes (Coelho, 2012). O domínio das Ilhas Fluviais recebe lançamentos de produtos químicos e efluentes industriais, como metais pesados, originários das regiões paulista e fluminense mais desenvolvidas e de águas fronteiriças (COELHO, 2012; ANA, 2012; CARVALHO et al (2002); CARVALHO, 1999).

Um dos casos mais recentes e danosos de produtos tóxicos lançados no rio Paraíba do Sul afetou seriamente a biota aquática do domínio das Ilhas Fluviais. Houve uma mortandade de peixes estimada em muitas toneladas, durante o vazamento do organoclorado endossulfan (Figura 15). Este produto cancerígeno da empresa Servatis utilizado em agrotóxicos é proibido pelo decreto nº 87.561, de 13 de setembro de 1982 (COELHO, 2012). Os resultados de um levantamento preliminar do Projeto Piabanha em 2007 – executado em incursões de barco nos domínios das Corredeiras, Ilhas Fluviais e Depósitos Sedimentares, até a foz –, e relatos de agricultores e pescadores ribeirinhos, permitiram concluir que grande parte dos plantéis reprodutivos de peixes de valor comercial e não comerciais dos cursos Médio Inferior e Baixo do rio Paraíba do Sul foram afetados. Os danos no recrutamento dos estoques futuros no domínio das ilhas Fluviais pareceu inevitável, visto que o vazamento ocorreu durante o período reprodutivo. Mesmo

diante deste quadro crítico, a pesca continuou sendo praticada em pleno período de Defeso, quando a pluma tóxica parecia ter sido dissipada, e deveria ser interrompida por completo. Os motivos são basicamente dois: o primeiro diz respeito à falta de orientação sobre a sanidade dos peixes pelas comunidades de pescadores, o que leva inexoravelmente aos outros motivos: atribuídos à necessidade financeira e de sustento dos mesmos, falta de informação técnica e, resposta rápida de um plano de emergência (Projeto Piabanha, 2007).

A população, de uma maneira geral, desconhece os efeitos do endosulfam na biota aquática e continuou consumindo o pescado antes mesmo de se certificarem que já estaria apto para o consumo, segundo relatos dos membros do corpo técnico do Projeto Piabanha, em 2007. Alegavam que os peixes não estavam contaminados, mas “caso estejam”, uma vez bem lavados, os peixes voltam a ficar sadios e o problema desaparece. A Professora Dra. Sarah Arana, do Laboratório de Histofisiologia e Histopatologia Experimental em Ectotérmicos do Instituto de Biologia da UNICAMP (Campinas/SP), que estuda o risco de contaminação aquática por agrotóxicos, conversou com o diretor-técnico e fundador do Projeto, Guilherme Souza, e observou efeitos histopatológicos do endosulfam em pacu (*Piaractus mesopotamicus*), uma espécie de grande interesse econômico no Pantanal de Mato Grosso. Segundo a pesquisadora, o peixe é o animal aquático que mais bioconcentra endosulfam e, dependendo do nível de contaminação no tecido muscular dos peixes, uma vez consumido, provoca alterações neurológicas graves. Para os peixes do rio Paraíba do Sul a confirmação dessa tendência é muito séria, uma vez que um elevado contingente de indivíduos consumiu o pescado, com o agravante de que havia inúmeros freezers abarrotados com o pescado capturado ainda vivo durante o acidente.



Figura 15: mortandade de peixes causada pelo endosulfan. Fonte: Acervo Projeto Piabanha

Os níveis de poluentes como o DDT, ALDRIN, DIELDRIN, ENDOSULFAN, ENDRIN, G-HCH, HEPTACLORO e HEPTA-EBOX, e os PCBs, analisados por Carvalho et al (2003-1) nos rios Paraíba do Sul, Dois Rios (um dos formadores do rio Grande, no domínio das Ilhas Fluviais) e Muriaé, foram considerados baixos. Os níveis baixos de pesticidas observados são provavelmente relacionados aos seguintes fatores (CARVALHO et al, 2003-1): a) processos de deposição e resuspensão ativados pelas mudanças na capacidade de transporte dos rios durante os períodos de baixa e alta descargas de água; estes processos estariam, provavelmente, evitando a acumulação destes poluentes nos sedimentos fluviais; b) o material particulado é depositado nas planícies de inundação durante as altas descargas dos rios quando as concentrações de poluentes são baixas em função do efeito da diluição causada pelo grande volume de água; c) a proibição do uso de pesticidas clorados desde 1986 tem diminuído sua concentração nestes ambientes. Aguarda-se novos resultados das recentes

coletas de Carvalho relativas ao estudo da contaminação por poluentes metálicos e poluentes orgânicos e seus efeitos a nível celular e tecidual. Os novos estudos têm o apoio do Projeto Piabanha, da Universidade de Aachen, do Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMBio) e da Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF), previstos no Plano de Ação Nacional Para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção do rio Paraíba do Sul com término previsto para Julho de 2015.

Estudos prévios realizados nos rios Paraíba do Sul e seus tributários como o Pomba, Dois Rios, Paraibuna (MG) e Muriaé (baixo curso) por Carvalho et al. (2002) confirmaram que estão contaminados por metais pesados (COELHO, 2012). No domínio das Ilhas Fluviais as coletas de amostras das pesquisas de Carvalho et. al (2002) foram retiradas em pontos localizados nos municípios de Santo Antonio de Pádua (rio Pomba), Itaocara, Cambuci e São Fidélis. Os estudos concluíram que esta parte do sistema apresentou concentrações baixas ou contaminação inexistente (CARVALHO et al, 2002).

Nas comunidades ribeirinhas dos municípios locais, os resíduos sólidos e o esgoto são dispostos a céu aberto. Associados aos agrotóxicos provenientes do escoamento superficial de áreas agrícolas (CARVALHO et al, 1999; ANA,2011) são fontes de preocupação para a biota e a saúde pública (Figura. 16).



Figura 16: Lixo e poluição de córrego afluente. Um problema comum no domínio das Ilhas Fluviais. Fonte: Ecology 2013

A falta de Sistemas de coleta de lixo e de tratamento de esgoto sanitário é especialmente notável, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2011). Nos municípios do domínio, a distribuição da população periférica ou rural é muito dispersa, o que dificulta a coleta, o transporte e o tratamento centralizado de efluentes. Esse processo ocorre por falta de recursos e, logo, de investimentos governamentais, e também de informações sobre sistemas alternativos com base local (ANA, 2011).

As pessoas mais pobres nos municípios do domínio das Ilhas Fluviais vivem, em geral, às margens dos cursos de água, nos quais, por falta de outras opções, lançam seus resíduos e detritos. Os moradores de sítios precários, sem acesso a água potável por baixo custo, muitas vezes utilizam esses mesmos sistemas aquáticos poluídos para banhar-se e para beber, e ficam expostos a doenças transmitidas pela água (ANA, 2011). Milhares de moradores ribeirinhos lançam lixo e produtos agrícolas e industriais na água do Rio Paraíba (ANA, 2011), por confiarem nos processos ecossistêmicos naturais de sua depuração (ANA, 2011). No domínio das Ilhas Fluviais esse fato não foge a regra, A magnitude e a toxicidade dessa água efluente é pouco estudada e pode superar a capacidade depurativa do Rio e de seus afluentes (ANA, 2011).

7.4

Respostas dos peixes e organismos aquáticos à poluição: resiliência dos organismos aquáticos em relação à poluição no domínio das Ilhas Fluviais

Que explicações podem ser consideradas para a permanência de organismos aquáticos no domínio das Ilhas Fluviais depois de episódios sérios de vazamentos de produtos tóxicos? Não foram encontrados estudos sobre respostas da fauna e da flora aquática do DIF aos distúrbios ambientais no médio e longo prazo. O histórico de impactos ambientais sérios no DIF e no Paraíba do Sul é conhecido, mas as respostas rápidas dos organismos aquáticos em episódios de grandes vazamentos de produtos tóxicos foram observáveis apenas através da extrema mortandade de peixes, que afloraram semimortos ou mortos à superfície.

Diferentes grupos de organismos no DIF parecem demonstrar resiliência aos poluentes lançados no rio Paraíba do Sul, embora haja uma grande chance de que

incidentes de poluição em um dado tempo os afetem. O retorno e/ou regularização da abundância de algumas espécies de peixes no DIF após um distúrbio de origem antrópica, como vazamentos acidentais de produtos perigosos e contaminantes, pode ser atribuído a alternativas não identificadas pela ausência de pesquisas locais. Alguns autores que pesquisam rios através do mundo são aqui citados afim de que seus trabalhos possam trazer luz a questões relacionadas à resiliência dos organismos aquáticos no DIF.

A ocorrência de indivíduos estabelecidos nos afluentes e de outros que, provavelmente, singraram para estes sítios em fuga durante episódios de lançamentos de poluentes e depois retornaram, parece viável. Fatores intrínsecos às populações submetidas aos poluentes determinarão a severidade do dano a elas causado (MUIRHEAD-THOMSON, 1987). Idade, sexo, condições gerais e sexuais influenciarão a capacidade dos indivíduos de evitar o poluente ou lidar com ele (MUIRHEAD-THOMSON 1987; BEVERLY et al. 1991; STEWART, 1990). O efluente induz a uma fuga de peixes a nadar abaixo do gradiente de concentração ou no fluxo da correnteza, aumentando o nível de deriva em relação à velocidade do efluente ou da pluma tóxica (BEVERLY et al., 1991). Beverly et al. (1991) sugerem que a produção de enzimas desintoxicantes pode aumentar em organismos não móveis. Caminhos metabólicos alternativos podem ser utilizados, em bactérias, segundo Stewart (1990). Segundo Muirhead-Thomson (1987), algumas comunidades também seriam afetadas pela existência de nichos diferentes ocupados por organismos: nas de macroinvertebrados bênticos, por exemplo, a competição entre indivíduos em populações tende a forçar para dentro do substrato os membros menores ou menos aptos que, nos eventos de poluição, poderiam sobreviver e recolonizar as partes mais favoráveis do substrato e substituir os organismos perdidos. Separação forçada e aumento na deriva podem ocorrer após uma aplicação de pesticida, resultando em mudanças na distribuição de insetos (MUIRHEAD-THOMSON, 1987).

O ambiente imediato dos organismos num fluxo de água também influencia sua sobrevivência (MUIRHEAD-THOMSON, 1987; BEVERLY et al., 1991; STEWART, 1990). Segmentos do DIF com sítios de água relativamente estática e tempo de retenção muitas vezes maior que os do canal podem estar relacionados à natureza do leito e das margens e também à velocidade do fluxo, seguindo a linha de pesquisas em ambientes lóticos de Muirhead-Thomson (1987); Beverly et al.

(1991); e Stewart, (1990). É provável que peixes e invertebrados ali encontrados utilizem estes ambientes como refúgios de agressões químicas. Deficiências de fluxo nos cantos dos rios agem de forma similar e permitem que alguns organismos escapem de uma concentração alta de material tóxico (MUIRHEAD-THOMSON, 1987 BEVERLY et al., 1991; STEWART, 1990). A retenção de água nas “entradas” do rio, semelhantes a córregos, igarapés e poças marginais durante as condições de seca, parece durar várias semanas e tornar mais vigorosa a retenção de poluentes, assim como o lançamento rio abaixo pode ser mais vagaroso.

Episódios intermitentes de poluição têm resultados diferentes daqueles apresentados por descargas contínuas (MUIRHEAD-THOMSON, 1987 BEVERLY et al., 1991; STEWART, 1990). A causa mais comum para a mortandade de peixes em rios são os baixos teores de oxigênio dissolvido (RICE, 2001; KARR, 1999; MADDOCK, I. 1999; GIBSON et al. 1995; NEWBOLD, 1981; NAKAMURA et al., 1987).

7.5

Espécies exóticas

A introdução de espécies exóticas é uma das principais causas da perda de biodiversidade no mundo, pois ocasiona a diminuição de populações naturais e chega a provocar a extinção local ou total de espécies (REASER et al, 2005). Segundo o MMA (2014), as espécies exóticas têm vantagens competitivas favorecidas pela ausência de predadores e a degradação dos ambientes naturais, e dominam os nichos ocupados por espécies nativas.

Registros da ocorrência de espécies exóticas na Bacia do Rio Paraíba do Sul são conhecidos desde a década de 1940 (ARAÚJO E NUNAN, 2005) e as maiores responsabilidades por sua introdução cabem às atividades de piscicultura e a empreendimentos do tipo pesque-e-pague. Pacus, carpas, tucunarés, bagres africanos, tambaquis, pacus, carpas, piracanjubas e outros peixes foram introduzidos, acidental ou propositalmente, em toda a área da bacia de drenagem (BIZERRIL, 2001). O dourado (*Salminus brasiliensis*), por exemplo, foi introduzido na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 1945, provocando um sensível

desequilíbrio na fauna ictiológica nativa, em razão de seus hábitos predatórios (ARAÚJO et al., 2010; NOMURA, 1977).

O DIF não escapa deste contexto aqui apresentado e parece oferecer às espécies exóticas e introduzidas ambientes muito mais propícios para o seu desenvolvimento, em relação aos domínios de ocupação urbana e industrial mais desenvolvidos, em virtude da melhor qualidade de suas águas, diversidade de alimentação, nichos e habitats.

7.6

Espécies ameaçadas

Algumas das espécies ameaçadas encontradas na região do Domínio das Ilhas Fluviais e que estão quase extintas em diversos pontos da Bacia do Rio Paraíba do Sul são os peixes piabanha (*Brycon insignis*), caximbau-boi (*Pogonopoma parahybae*) e surubim-do-paraíba (*Steindachneridion parahybae*); e os crustáceos lagosta-de-São-Fidélis (*Macrobrachium carcinus*) e camarão-sapateiro (*Atya scabra* e *A. gabonensis*). A espécie *Amazona Rhodocorytha* (papagaio-chauá), classificada na categoria “em perigo” no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2008), ainda é encontrada ali, sendo alvo de comércio ilegal, um dos principais fatores de ameaça à sua perpetuação. O cágado-do-paraíba (*Mesoclemmys hoguei*), que ocorre em áreas baixas da Bacia do Rio Paraíba do Sul nos estados de Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e, ainda, nas proximidades do Rio Itapemirim, no Espírito Santo, também está presente no DIF. Aguarda-se a atualização do Livro Vermelho, onde, é provável que a piabanha mude de status para melhor.

7.7

A economia e a importância da pesca no domínio das ilhas fluviais

A região do Alto Rio Paraíba do Sul possui ictiocenoses com elevado endemismo e baixa riqueza de táxons, a maioria dos quais sem valor econômico (BIZERRIL, 2001). A região do Baixo Paraíba apresenta padrão inverso, no qual verifica-se a existência de comunidades ícticas caracterizadas por alta diversidade,

baixo endemismo e uma grande proporção de espécies de valor comercial (BIZERRIL, 2001). A pesca recreativa muitas vezes coleta outros táxons, inclusive espécies marinhas não citadas na literatura. Berriel (2010) refere-se ao Domínio das Ilhas Fluviais da seguinte maneira:

Apesar dos impactos ambientais que assolam o rio Paraíba do Sul, o DIF é um formidável banco de sêmen e sementes, imprescindível para programas de recomposição da vegetação, de peixes nativos e de outras espécies da fauna aquática ameaçadas de extinção. Abriga ainda aves, répteis, mamíferos, insetos, crustáceos e quelônios que já não são vistos com tanta frequência ou extintos nas demais regiões.

O Domínio das Ilhas Fluviais faz parte da Macrorregião Ambiental 6, que compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul em território fluminense (BIZERRIL, 2001). A economia da Região Noroeste Fluminense está voltada para o pequeno comércio e para a atividade agropecuária, mas inúmeras famílias que vivem ao longo do Rio sobrevivem da pesca tradicional que, em determinados locais, é considerada como atividade principal (BIZERRIL, 2001; BERRIEL, 2010). Devido à grande expressividade da pesca, existe em São Fidélis a colônia de pescadores Z-21, cujo papel é o de ordenar as atividades dos pescadores (BIZERRIL, 2001).

O DIF, apesar de localizar-se em um dos rios mais industrializados do país, ainda comporta uma rica biodiversidade que, por sua vez, mantém um elevado e diversificado contingente pesqueiro (ICMBio, 2011; BIZERRIL, 1988). O número exato de indivíduos envolvidos na atividade de pesca no DIF é desconhecido e os dados disponíveis consistem em estimativas, dentre as quais destaca-se a apresentada no estudo da Ecologus (1986), que reproduz as efetuadas por pescadores e pelas colônias de pesca de Itaperuna (fora da área de abrangência do DIF) e de São Fidélis segundo as quais existiriam, na época, cerca de 1600 pescadores profissionais atuando no baixo curso do Paraíba do Sul, capturando peixes e crustáceos (Figura 17).



Fig. 17 - Pescador artesanal. Fonte: Acervo do Projeto Piabanha.

O Projeto Piabanha cita 1.643 pescadores artesanais registrados e estima que esse número alcance cerca de 2.500 pescadores, com a inclusão daqueles não registrados (HABTEC, 2006). No Levantamento do Potencial Pesqueiro, efetuado pelo Projeto Piabanha (2006), 440 pescadores foram entrevistados e o volume de pescado capturado foi estimado entre 114.292 e 440.526 kg por semana.

O segmento da pesca recreativa, incluindo a esportiva, praticada na região do DIF e do baixo curso do rio Paraíba do Sul (Figura 18), cujo conceito é soltar o que se pesca, parece corresponder a uma significativa fonte de renda. Os municípios que fazem parte, de forma direta ou indireta, do Domínio das Ilhas Fluviais possuem uma pequena infraestrutura para o turismo oriundo destas atividades de pesca e contam com clubes de pesca, hotéis, restaurantes e pousadas voltadas para o setor.

O Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul integra a Região Turística Noroeste das Águas (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2006), formada por 13 municípios (Aperibé, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci, Italva, Itaocara, Itaperuna, Lage do Muriaé, Miracema, Natividade, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua, São José de Ubá e Varre-Sai).



Figura. 18 - Exemplar de piabanha capturado por pescador esportivo. Foto: Marcelo Fernandes. Fonte: Acervo Instituto Ecoanzol.

8

Associações e semelhanças do domínio das Ilhas Fluviais (DIF) com outros ambientes lóticos

A partir deste capítulo é utilizada a continuidade do nome completo como referência e a abreviatura deste domínio (DIF), até o final desta dissertação.

Dada a ausência de literatura relacionada ao funcionamento do sistema lótico do DIF, neste capítulo são revistos estudos sistemáticos de autores consagrados na literatura especializada como instrumento de apoio para delinear um perfil aproximado através de associações. As associações podem presumir e/ou revelar atributos no DIF como aqueles encontrados em ecossistemas aquáticos complexos, conectados e essenciais descritos pelos autores.

8.1

Gradientes ambientais e parâmetros lóticos do DIF

Embora a longevidade de um sistema aquático seja comparável à escala de tempo da evolução geomorfológica de uma bacia de drenagem, medida em milhões de anos, o tempo de residência da água corrente, que é misturada e revolvida constantemente pela turbulência nas condições laterais e verticais, varia de poucas horas a um ou dois anos (KARR, 1991, 1999).

De acordo com os princípios propostos por Thorp & Casper (2002) e Thorp et al. (2006) em outros ambientes lóticos para registrar o funcionamento de ecossistemas em rios, pode-se afirmar que o DIF revela um segmento de rio de estrutura complexa, composto por canal principal, tributários, ilhas e habitats de águas calmas, além de pequenas e esparsas áreas de inundação. Neste contexto, ocorrem níveis variados de descarga e de parâmetros associados, tais como velocidade da correnteza; profundidade, largura e turbidez; turbulência contínua e mistura das camadas de água; e estabilidade relativa do sedimento de fundo, de acordo com as características apontadas para ambientes lóticos por Silveira (2003). A rede de drenagem, composta por pequenos e grandes afluentes,

proporciona ao DIF pontos distintos de injeção de água extra, sedimentos, organismos e matéria orgânica. De acordo com os trabalhos de Bruns et al. (1984), Petts (1994) e Rice (2001) em sistemas lóticos, tal carga parece criar ambientes ricos e propícios às atividades biológicas no DIF. Vários afluentes deságuam no DIF e as confluências de uma rede fluvial, segundo Nakamura et al., (1987), Karr (1999) e Maddock (1999), são caracterizadas por condições bastante heterogêneas, favoráveis à manutenção de um ecossistema fluvial sólido, e desempenham um papel fundamental na conectividade do sistema do rio. A morfodinâmica de confluências vem sendo experimentalmente investigada com foco no potencial do afluente local, no âmbito da importância da confluência (BRUNS et al., 1984; RICE, 2001). Um tributário local na zona de confluência aumenta a heterogeneidade no substrato de sedimentos e na profundidade e na velocidade de fluxo, o que é favorável ao desenvolvimento de habitat *in-stream* (por exemplo, invertebrados aquáticos, peixes e vegetação). O contraste de condições ambientais nas confluências do DIF possibilita aos organismos móveis, incluindo os peixes, a exploração de novos ambientes seguindo a linha dos trabalhos de POWER & DIETRICH, (2002). Novamente remontando às pesquisas de POWER & DIETRICH (2002), os efeitos das confluências ao longo de uma rede de drenagem formam uma fonte de descontinuidades. A estrutura hierárquica da rede de drenagem do DIF parece atuar como agente de separação espacial da ictiofauna, que pode se dispersar através dos tributários, sobretudo quando realiza movimentos migratórios.

Zonas de água em repouso (fluxo de estagnação ou fluxo de zonas de recirculação) podem desempenhar um papel importante como refúgios durante inundações (BRUNS et al., 1984; RICE, 2001). Além disso, um afluente local largo e grande pode criar uma zona ribeirinha que favorece a diversidade de plantas e animais como, por exemplo, aves, mamíferos, insetos, anfíbios (RICE, 2001; KARR, 1999; MADDOCK, I. 1999; NAKAMURA et al., 1987).

Algumas assembleias de peixes no DIF podem estar associadas às variáveis geomorfológicas, como trechos de corredeiras, áreas de seção transversal, gradiente de inclinação do leito e tamanho do material de fundo, que, segundo Nakamura et al. (1987) e Estiliano (2002), parecem ser determinantes aos padrões observados. O gradiente, conforme o trabalho de Estiliano (2002) realizado no Rio Paraíba do Sul, foi o fator dominante no controle do habitat local, revelando

uma forte relação das espécies com o fluxo turbulento encachoeirado e maiores diâmetros do material de fundo.

As estimativas de Ward (1989), segundo as quais existem quatro dimensões a que os sistemas fluviais estão submetidos e em que interagem, são observáveis no DIF. A longitudinal, em que ocorre a interação dos afluentes menores, como o Pirapetinga, e os maiores, como o Pomba e o Dois Rios com o rio principal. A transversal ou lateral, entre o canal do rio e a área do entorno. A vertical, entre o canal do rio e o lençol freático. A quarta dimensão de Ward (1989) provém da escala temporal, e refere-se ao tempo necessário a um distúrbio para provocar e manifestar uma resposta comportamental das comunidades e sua possível evolução. Esta escala é importante para a compreensão da estrutura e da dinâmica das comunidades em relação aos impactos causados por distúrbios no DIF e seus efeitos a montante e a jusante.

Organismos bentônicos, invertebrados aquáticos, fitoplânctons e zooplânctons, pelas suas dimensões ínfimas, não são reconhecíveis a olho nu. Thorp et al. (2006) ressaltam a importância dos padrões ecológicos locais ou regionais nas diferentes escalas temporais e espaciais, o que permite sugerir que existe no DIF uma biocomplexidade caracterizada como fenômeno estrutural e funcional decorrente das interações dinâmicas entre os elementos bióticos do ecossistema e entre esses componentes e o ambiente físico-químico.

Além das prováveis interações entre elementos da rede fluvial, as margens e a vegetação ripária (KIKUCHI, 1996), presentes no DIF, outros conceitos e modelos têm sido propostos para explicar os padrões estruturais e funcionais da biocomplexidade dos ambientes lóticos em diferentes escalas espaciais e temporais. Tal é o ordenamento geral dos trabalhos de Newbold (1981) com a espiral de nutrientes; de Ward (1983), Caramashi (2012) e Junk (1989), que aludem às interações com barragens; e de Montgomery (1999) e Gomi (2002), que descreveram as interações entre a rede fluvial e a planície terrestre.

A espiral de nutrientes, segundo Newbold (1981), é baseada no fluxo de água e na morfologia do canal e a ciclagem de nutrientes em riachos envolve algum transporte rio abaixo. Assim, o trajeto percorrido por um átomo de nutrientes através do ciclo pode ser visualizado como uma espiral (NEWBOLD, 1981). O conceito de comprimento espiral, definido como a distância média associada a um ciclo completo de um átomo de nutriente, é

introduzido como um índice deste processo, capaz de fornecer uma medida da utilização dos nutrientes em relação ao fornecimento disponível a partir de montante (NEWBOLD, 1981). Um átomo de nutrientes impelido rio abaixo pelo fluxo, sugerem Webster e Patlen (1979), pode ser utilizado repetidas vezes e a quantidade dessa utilização dependerá do estancamento das espirais ou da disposição rio abaixo de um ciclo ao outro (REYNOLDS, 1992). O transporte rio abaixo pode ser retardado pela retenção do ecossistema. A espiral traz benefícios positivos para a distribuição, a dispersão e a renovação de nutrientes. A turbulência promove a remoção da sujeira e a troca de gases (NEWBOLD, 1981). Aspectos negativos podem incluir turbidez adicional e a retirada de algas aderentes e suspensas, embora, para o plâncton e outras espécies, a sobrevivência seja assistida pela presença de refúgios ao longo do canal (REYNOLDS et al, 1992).

8.2

Estrutura biológica do DIF

Ao procurar demonstrações sobre a estrutura biológica do DIF recorreu-se aqui a associações com pesquisas efetuadas por autores consagrados. Em ambientes lóticos, um dos trabalhos desenvolvidos ressalta que a composição e a abundância de peixes são influenciadas por fatores bióticos e abióticos que funcionam e interagem em escalas espaciais e temporais diversas (ARAÚJO, 1995). Para compreender o nível trófico do DIF, recorreu-se aqui a GIBSON et al. (1995), e NEWBOLD, (1981), cujas pesquisas adiantam que quase todos os ecossistemas aquáticos apresentam três níveis tróficos fundamentais que estão conectados a uma teia complexa de ligações: os produtores primários (algas e macrófitas), os consumidores (animais) e os decompositores (bactéria, fungos, pequenos invertebrados). A energia passa por esses níveis tróficos em conjunto com o *grazing* e com cadeias detriticas e é, aos poucos, degradada e aquecida por meio de atividades metabólicas (GIBSON et al. 1995; NEWBOLD, 1981). Os elementos essenciais, enquanto isso, seguem caminhos entre estes componentes bióticos e abióticos do ecossistema (NEWBOLD, 1981).

Em relação aos itens alimentares em rios, possivelmente encontrados no DIF, as pesquisas de Albrectht al. (2012) os identificaram até o menor nível

taxonômico possível e, depois, utilizaram critérios com o objetivo de enfatizar mais a ecologia das presas (hábito e habitat) do que sua posição taxonômica (ALBRETCHT ET AL., 2012). Os itens aludidos foram agrupados em 13 categorias: algas; artrópodes aquáticos; artrópodes terrestres; formas imaturas de insetos, como larvas e pupas; restos vegetais, como folhas, flores e talos; sementes e frutos; microcrustáceos planctônicos e bentônicos; moluscos; peixes; restos de insetos; sedimento (lodo e areia); e itens mais raros. Todos estes itens são citados nos Estudos de Impacto Ambiental das UHEs Itaocara (ECOLOGY, 2013; ENGEVIX 1991; Barra do Pomba e Cambuci; HABITEC, 2007) relacionados à área de abrangência do DIF.

Os grandes rios são habitados por inúmeros organismos planctônicos que estão na base da cadeia alimentar (ALBRETCHT et al., 2012) e, graças a seu elevado metabolismo, são capazes de influenciar processos ecológicos fundamentais, como a ciclagem de nutrientes e a produção biológica, inferindo-se que esta composição possa ser aplicada ao Domínio das Ilhas Fluviais. A literatura científica relacionada à microrganismos e macroinvertebrados do DIF é encontrada nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) das UHEs Itaocara (ECOLOGY, 2013), e Cambuci e Barra do Pomba (HABTEC, 2007). Estes organismos têm sido apreendidos em coletas de ovos e larvas de peixes, com redes de ictioplâncton de 500 micras, assim como zooplânctons (com outros equipamentos), por técnicos do Projeto Piabanha ao longo de coletas anuais, e por pesquisadores de instituições científicas e universidades que trabalham com o Projeto e o ICMBio com recursos da AGEVAP, o braço executivo do CEIVAP, no programa denominado Monitoramento Biológico de Espécies Aquáticas Ameaçadas de Extinção na Bacia do rio Paraíba do Sul: desenvolvimento do sistema piloto e plano de ação.

O zooplâncton é constituído de consumidores primários (herbívoros) e predadores de diferentes níveis tróficos (TAVARES & ROCHA, 2001). São animais microscópicos, muito pequenos ou, em poucos casos, com alguns milímetros, que nadam na zona de água aberta das lagoas marginais (WELLBORN, 1996; VAZOLER, 1997). Os principais componentes dessa comunidade são, por ordem de tamanho, protozoários (amebas, flagelados, ciliados), vermes asquelmintos (rotíferos), crustáceos (copépodes e cladóceros) e insetos (larvas de moscas e de mosquitos) (WELLBORN, 1996; VAZOLER,

1997). Os ciliados se alimentam de bactérias e algas, enquanto a maioria dos microcrustáceos (cladóceros) ou se alimenta do fitoplâncton ou são omnívoros (copépodes), e peixes se alimentam de zooplâncton (WELLBORN, 1996; VAZOLER, 1997; MAZZONI et al.2012). Este pode, através de sua alimentação seletiva, controlar o desenvolvimento, isto é, a composição e a quantidade do fitoplâncton. A composição das espécies e o tamanho atingido pelo zooplâncton são ditados pelas larvas e alevinos de peixes que dele se alimentam, originando um fator indicativo do aspecto, a longo prazo, da biologia do manancial (MAZZONI et al.2012).

8.3

Equilíbrio dinâmico do DIF

Um dos fatores responsáveis pela manutenção do equilíbrio dinâmico entre fluxo da correnteza e disposição dos habitats, de acordo com Kikuchi, 1996, é o estado de preservação da vegetação marginal. Ela representa a principal fonte do material alóctone, que é utilizado como substrato e alimento pelas espécies da fauna (KIKUCHI, 1996). Sua presença é crucial para a manutenção da morfologia do rio, já que reduz o carreamento de sedimentos e, assim, impede o aumento dos processos erosivos (SILVEIRA, 2001), enquanto as espécies vegetais fixadoras impedem o desmoronamento das margens. A mata ciliar exerce influência na capacidade do rio de manter seu fluxo equilibrado, diminuindo as variações promovidas pelas chuvas intensas (SILVEIRA, 2001). Além disso, a preservação da vegetação marginal protege a calha do rio contra a entrada de nutrientes e poluentes, o que diminui o impacto das atividades humanas (BUSS, 2001). Dada a alta capacidade de retenção de rios florestados e as distintas preferências alimentares dos detritívoros, parece existir no DIF um elo significativo entre diversidade e abundância de detritívoros, possível com a vegetação ciliar, e uma produção autóctone, de acordo com o modelo de produtividade em ecossistemas lóticos de Thorp & DeLong (1994, 2002). Detritos autóctones são produzidos no próprio sistema, nas formas de angiospermas aquáticas com raízes, algas de biofilmes em partículas minerais, briófitas, animais e plantas aquáticas mortas (THORP & DELONG, 1994). A composição da vegetação ripária parece influenciar a qualidade e a quantidade de matéria orgânica que entra no ambiente

aquático do DIF (Figura 19). A quantidade de detritos orgânicos alóctones em um tempo específico pode significar que o DIF alcança um balanço adequado no processo de suas entradas e saídas. O processamento de detritos e a incorporação de material orgânico em biomassa viva desempenham um papel central no funcionamento do DIF, conforme pode ser inferido através das pesquisas de Maltby (1994) em ambientes lóticos. Os detritos alóctones são divididos em matéria orgânica grosseira e particulada, cuja entrada no sistema se dá por processamentos em velocidades diversas, desde o mais ou menos rápido, de folhas, ramos finos e galhos, até mais vagarosos, de resíduos lenhosos, como troncos e grandes galhos processados. A matéria orgânica fina e particulada que existe no DIF parece ser produzida por abrasão física, ação microbiana, alimentação por invertebrados, lavagem de algas, esporos e fungos da superfície, floculação de matéria orgânica dissolvida ou erosão do solo, como se infere ao rever os trabalhos de Thorp & Delong, (1994); Maltby (1994) e Kikuchi, 1996 em outros ambientes lóticos.



Figura 19 - A vegetação do domínio das Ilhas Fluviais produz matéria orgânica de resíduos lenhosos como troncos e grandes galhos, e resíduos mais finos como folhas, ramos e galhos menores. Fonte: Acervo do Projeto Piabanha.

Assim como preconizado pelos autores supracitados em suas pesquisas infere-se ainda que o material mais grosseiro e lenhoso parece ter um valor alimentício mais baixo no DIF, mas é provável que sustente os organismos durante períodos de indisponibilidade, aumente a estabilidade do canal e retarde a perda de outros detritos mais palatáveis, de forma similar à exposta nos trabalhos de Ward (2011) e Bilby (2011). A fim de encontrar dados que apontassem ocorrências sobre a matéria orgânica dissolvida no DIF buscou-se referências para outros sistemas lóticos encontradas em Maltby (1994), para inferir que ela é proveniente de fontes detritívoras e não detritívoras e pode vazar de algas e macrófitas aquáticas vivas, ser desprendida de células mortas ou surgir de atividades microbianas, de *runnoff* da superfície ou de quedas dos dosséis das árvores.

9

Agentes estruturais da composição e da abundância de peixes e organismos aquáticos no DIF

O maior desafio nos estudos de ecologia de rios é a identificação de gradientes ambientais que estruturam as comunidades lóticis (WALTERS et al., 2003). A composição e a abundância de peixes em assembleias locais são influenciadas por fatores bióticos e abióticos que funcionam e interagem em escalas temporais e espaciais diversas (BECKER, 2002). A coexistência das populações existentes no DIF e a jusante está, provavelmente, relacionada à presença de áreas e habitats adequados aos estágios iniciais de vida dos organismos e ao crescimento de juvenis; e também de afluentes com tamanho apropriado para a migração reprodutiva. A interação entre hidrologia, geomorfologia e forma dos canais, substratos e sedimentos, e parâmetros de velocidade do fluxo da água no DIF parecem sugerir que, ali, os organismos fluviais estão bem adaptados para explorar nichos particulares dentro de vários espectros de micro-habitats. Estes aspectos, relatados em WALTERS et al., (2003) e BECKER, (2002) podem ser aplicados ao DIF para a compor similaridades com os ambientes lóticos pesquisados pelos autores. São úteis para inferir que existe uma relação de dependência dos domínios localizados rio abaixo em relação ao DIF.

A importância da qualidade e da quantidade de recursos alimentares disponíveis nos ambientes fluviais é ressaltada em (CALOW & PETTS, 1994). Alguns fatores interagem ao longo das seções transversais e longitudinais do rio, criando um mosaico de micro-habitats que abrigam comunidades biológicas distintas, definidas por adaptações morfológicas, hábitos alimentares, modos de locomoção e exigências fisiológicas (SIQUEIRA et al., 2011).

O termo habitat é usado para descrever o entorno físico em que vivem os organismos, que é constituído pelos componentes físico, químico e biológico, que fornecem o ambiente propício para o desenvolvimento da biota. Há evidências de que tanto a qualidade quanto a quantidade dos habitats disponíveis afetam a

estrutura e a composição das comunidades biológicas residentes (CALOW & PETTS, 1994) nos rios. Infere-se daí que há a diversidade de habitats disponíveis para as comunidades aquáticas no DIF que determinam a existência e a distribuição de organismos.

Uma fonte primária de habitats e de recursos alimentares seria necessária, segundo estudos relatados por Hughes (1977) e Hanken (1995), para a subsistência de espécies de peixes e também de indivíduos no DIF. Desta observação pode-se supor que ali encontram-se em relativa abundância quando comparado as regiões mais desenvolvidas do Rio Paraíba do Sul. A definição dos organismos e da ictiofauna ao longo de rios pode ser aplicada ao DIF. É atribuída aos micro-habitats (SILVA et al., 2011) que são determinantes, na sua estrutura e composição, as condições de margem, a existência de abrigos e o tipo de substratos. A produção de algas pode sustentar gastrópodes, larvas, ninfas e peixes ciprinídeos especializados, parte de uma variedade de animais bênticos filtradores e moluscos bivalves (SILVA et al., 2011).

A interação no DIF entre a correnteza e o tipo de substrato disponível afigura-se, segundo a linha de pesquisa de Brown & Brussock (1991) para sistemas fluviais similares, como um dos principais elementos estruturadores da comunidade aquática na escala local. Os autores constataram que as áreas de correnteza e remanso poderiam ser identificadas como habitats distintos, abrigando espécies com adaptações e características fisiológicas específicas. As assembleias, em canais do tipo leito rochoso, degraus e cascata observados no DIF são formadas por peixes de corredeiras e crustáceos. O transporte de material orgânico proveniente das áreas a montante do DIF, seguindo a descrição de parâmetros fluviais eleita por alguns autores (VANNOTE et al., 1980; STATZNER, 1985; WELLBORN, 1996; WALTERS et al., 2003), parece garantir a disponibilidade para a fauna dos folhios de correnteza.

O substrato é o meio físico sobre o qual os invertebrados aquáticos se movem, descansam, procuram alimento, encontram abrigo e proteção contra a corrente e os predadores (WELLBORN, 1996; RICE et al., 2001). Nos ambientes aquáticos é composto de vários materiais que apresentam tamanhos e partículas diferentes, arranjadas em mosaico. Das pesquisas (WELLBORN, 1996; RICE et al., 2001). infere-se que estes materiais no DIF podem ser de origem orgânica, como folhas, galhos, algas e hidrófitas; ou inorgânicas, como pedras, seixos, areia

e silte. O substrato orgânico pode servir como alimento, atraindo organismos de acordo com seus hábitos alimentares (KIKUCHI & UIEDA, 1996). A preferência por áreas de correnteza ou remanso pode ocorrer devido às exigências fisiológicas da fauna (SIQUEIRA, 2011). Os substratos menos particulados, como pedras grandes que afloram, pedras pequenas, seixos e cascalho grosso, parecem predominar nas áreas de correnteza do DIF. O material orgânico disponível no DIF é composto por folhas e galhos, que ficam retidos nas frestas de pedras e em árvores, troncos e galhos submersos, alguns próximos à superfície da água e sob intensa atividade do fluxo. Já nas áreas de remanso (áreas de deposição), observa-se o predomínio de substratos mais particulados, como cascalho fino, areia e silte. Segundo Siqueira (2011), a maior estabilidade das áreas de remanso propicia a colonização por microrganismos detritívoros, como fungos e bactérias, que aceleram o processo de fragmentação e aumentam a particulação do material e a presença de nutrientes. Sedimentos influenciam as funções biológicas dos peixes, larvas e alevinos, sobretudo respiração, nutrição, reprodução, migração; e também seu habitat. A carga de nutrientes pelos sedimentos parece ser um fator dominante para explicar a produtividade geral do DIF, assim como dos ecossistemas ribeirinhos tropicais, incluindo planícies de inundação, estuários e áreas costeiras, segundo a linha de pesquisas de Becker, (2002), Collier et al., (1997) e BARAN et al. (2012).

9.1

Eventos reprodutivos de peixes no DIF

Souza et al. (2013) demonstraram a distribuição de ovos e larvas de peixes no Domínio das Ilhas Fluviais e deixaram evidente que os maiores picos de abundância estiveram correlacionados aos dois primeiros picos de vazão no início do período chuvoso, sendo as demais variáveis ambientais, em grande parte, consequências do aumento da vazão (SOUZA et al., 2013). As localidades amostradas, Itaocara e Aperibé, que abrangem o DIF, são rotas migratórias com predominância de ovos sobre larvas, o que caracteriza regiões de desova e postura importantes. O DIF tem, portanto, um papel crucial no fornecimento de larvas de peixes para os berçários das planícies de inundação e em seus padrões de distribuição (SOUZA et al., 2013). É um segmento fundamental para a

manutenção dos estoques pesqueiros, inclusive de peixes com valor comercial dos cursos Médio Inferior e Baixo do rio Paraíba do Sul (SOUZA et al., 2013).

Os primeiros pulsos de vazão ocorrem com a chegada da estação das chuvas, e a piracema é bem-sucedida, com a postura dos peixes e a descida de sedimentos e das larvas carregadas pela água até que se agreguem em recantos propícios, pois, no período que a antecede (julho a outubro), grande parte do plantel reprodutivo dos cursos Baixo e Médio Inferior do Rio Paraíba do Sul concentra-se na área estudada, visando não só o abrigo como também a alimentação, que, por sua vez, é fundamental para o processo de vitelogênese ou desenvolvimento ovocitário (SOUZA, 2004). Novamente, temos que, ovos e larvas são aspectos importantes originários de espécies de peixes que coexistem na região do DIF a ser considerados na cadeia trófica (SOUZA et al., 2014).

A rica biodiversidade do Domínio abrange todas as espécies de peixes de valor comercial da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, salvo a *Macrobachium acanthurus* (pitu), que ocorre a jusante do Município de São Fidélis (SOUZA, 2004). O levantamento da ictiofauna elaborado por Bizerril (1998) apresenta 169 espécies e as distribui em três grupos: de água doce nativa, marinhas e introduzidas. Caramaschi et al. (1991), monitorando a ictiofauna da calha do Rio Paraíba do Sul, no trecho de Três Rios/MG a Itaocara/RJ, acrescido das localidades situadas nos rios Pomba, Dois Rios e Muriaé, coletaram exemplares de peixes pertencentes a 88 espécies. Apenas no DIF, foram inventariadas 66 espécies, além de outras, remanescentes de hábitos localizados, e de praticamente todas as espécies migratórias (BIZERRIL, 1998), como *Leporinus copelandii*, *L. conirostris* e *Brycon insignis* (SOUZA et al., 2009), espécies das famílias *Anastomidae* (piaus) e *Pimemolodidae* (bagres), a alóctone *Salminus brasiliensis* e a *Prochilodus lineatus* (curimbatá), esta última com forte indício de também ser invasora, ambas originárias da Bacia do Rio Prata. A existência de espécies migradoras no DIF parece indicar que as barragens nos afluentes e rio acima exercem influência menor rio abaixo, num cenário em que as rotas migratórias ainda estão efetivas em afluentes, como nos dos rios Dois Rios e Pomba, e também no Paraíba do Sul, possibilitando, assim, o sucesso reprodutivo dos peixes de piracema (SOUZA, 2009).

O Domínio das Ilhas Fluviais, segundo levantamentos realizados pelo Projeto Piabanha, é diferente dos domínios rio acima e local estratégico (ICMBio,

2011), pois abriga os grandes reprodutores ao longo de todo o ano (SOUZA, 2009).

9.2

Biodiversidade e abundância no DIF

Foi dito que as estruturas biológicas, o equilíbrio dinâmico, os agentes estruturais e as interações ecológicas no DIF proporcionam a existência de organismos como plâncton, zooplâncton, ictioplâncton, algas, moluscos e invertebrados. A mata ciliar propicia ainda a existência de mamíferos como morcegos e lontras; o quelônio cágado-do-paraíba e o papagaio-chauá, os três últimos ameaçados de extinção.

Capivaras, marrecos, saracuras, garças e outros animais também são encontrados no DIF, mas poucos são os registros científicos sobre a sua incidência na região, limitando-se estes aos Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) realizados por empresas de consultoria a pedido das UHEs Cambuci, Barra do Pomba (HABTEC, 2007) e Itaocara (ECOLOGY, 2013). O EIA desta última, mais consistente e atualizado, relata também as espécies animais e vegetais presentes no entorno do DIF.

Uma espécie importante de crustáceo presente no DIF é a lagosta-de-São-Fidélis (*Macrobrachium carcinus*), antes encontrada em grandes quantidades em São Fidélis, que sediava até a década de 70 o maior *festival da lagosta* do Estado do Rio de Janeiro (BIZERRIL, 2001). O evento atraía turistas de todo o estado e gerava inúmeros empregos e renda para o município. A pesca predatória resultou em uma considerável queda no *status* populacional desse animal, porém ainda é observada uma grande exploração. Segundo Souza et al. (2008), essa espécie ainda é pescada, jovem ou adulta, durante o período de defeso, muito embora pescadores e donos de bares e restaurantes saibam que as populações estão diminuindo.

O Levantamento do Potencial Pesqueiro nos Cursos Médio Inferior e Baixo Paraíba do Sul foi realizado pela ONG Projeto Piabanha (HABITEC, 2007), em virtude de um processo de licenciamento das UHEs Cambuci e Barra do Pomba, previstas para a região do DIF, e atendendo a uma condicionante ambiental exigida pela extinta Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

(FEEMA), hoje Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O estudo evidenciou como grande o potencial, sobretudo se consideradas as condições bióticas e ecológicas da paisagem, no trecho do Rio Paraíba do Sul entre os municípios de Itaocara e São João da Barra, somado às lagoas do Campelo e de Cima, em Campos dos Goytacazes. O *Levantamento* identificou que, nos municípios de Itaocara, Aperibé, Cambuci e em parte do Município de São Fidélis (Domínio das Ilhas Fluviais), concentram-se os estoques de peixes reprodutores considerados como grandes migradores. Trata-se de região de “preparação reprodutiva” (SOUZA, 2012), que concentra a maior diversidade de espécies de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

10

Bioindicadores: os peixes como ferramentas para avaliação do ecossistema aquático do DIF

O conhecimento empírico dos peixes proporciona ferramentas para avaliação dos ecossistemas aquáticos, na qual três atributos são especialmente significativos: a sensibilidade dos peixes à maioria das formas de distúrbios humanos, a sua utilidade em todos os níveis de organização biológica e uma relação custo / benefício favorável aos programas de avaliação (GOSZ, 1980; KARR, 1981; GIBSON et al., 1995; ARAÚJO, 1998; BARBOUR et al., 1999; FLOTEMERSCH et al., 2006; JARAMILLO & CARAMASCHI, 2008). Eles podem ser utilizados como indicadores sobre amplas faixas temporais e espaciais (KARR, 1981; BARBOUR et al., 1999; FLOTEMERSCH et al., 2006), por cobrirem todos os níveis tróficos da ecologia dos consumidores, podem integrar toda a gama de processos ecológicos dos cursos d'água. Karr (1981) descreveu pela primeira vez, uma avaliação de integridade biótica usando a comunidade de peixes, que tem sido, a partir deste modelo inicial, adaptada em diferentes regiões, visto que os ambientes e a ictiofauna são peculiares a cada local. Uma rotina de monitoramento das fontes de água usando os peixes é descrita no trabalho de Karr (1981) e pode, de forma rápida e a baixo custo, servir como abordagem exploratória da qualidade do manancial. A comunidade de peixes apresenta numerosas vantagens como indicador nos programas de monitoramento biológico, como a disponibilidade de informações sobre o ciclo de vida de grande número de espécies, por incluir vários níveis tróficos (omnívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros e carnívoros), abrangendo alimentos de origem aquática e terrestre (ARAÚJO, 1998). A posição dos peixes no topo da cadeia alimentar favorece uma visão mais integrada do ambiente aquático, se comparada a outros indicadores de qualidade de água, como diatomáceos e invertebrados. Além disso, são, em geral, de fácil identificação, e situações críticas, como sua mortandade, podem ser informadas pelo público em geral, o que tende a chamar atenção para alterações nas condições de qualidade de água dos ambientes.

A habilidade para manter uma comunidade biótica “equilibrada” é um dos melhores indicadores do potencial da água para uso humano (ARAÚJO, 1998). Parece impossível, no entanto, medir todos os fatores que podem interferir na integridade biótica, sendo a maioria da literatura sobre poluentes químicos de valor questionável no estabelecimento de padrões de qualidade para os organismos aquáticos (GOSZ, 1980).

Dadas as centenas de substâncias e fatores para monitorar, os cientistas entenderam que a biota por ela mesma é o melhor previsor do modo como os ecossistemas respondem a distúrbios (EGLER, 2002). Os peixes têm sido usados em diferentes papéis para avaliação da saúde de um rio ou de trechos de rios, e na aplicação de monitoramento corretivo (GERHARDT, 2014). Não existe uma conclusão geral a favor de alguns métodos de biomonitoramento, que precisam ser escolhidos de acordo com objetivos, políticas, estado da poluição e relação entre custo e benefício. Gerhardt (2014) divide os bioindicadores em três tipos, que podem ser descritos de diferentes perspectivas: indicadores de conformidade, diagnósticos e de alerta precoce.

Os indicadores de conformidade medem os atributos de uma população de peixes na sua comunidade ou a nível ecossistêmico, e são centrados em questões como sua sustentabilidade em geral.

Os indicadores diagnósticos e de alerta precoce medem indivíduo ou suborganismo (biomarcador), e os últimos concentram-se em respostas rápidas e sensíveis a mudança ambiental.

Três categorias podem ser enumeradas, de acordo com diferentes aplicações de bioindicadores (Gerhardt, 2014).

1) Indicador ambiental: espécie ou grupo de espécies que respondem de forma previsível a mudanças ou distúrbios ambientais (sentinelas, detectores, exploradores, acumuladores, organismos de bioensaio). Um sistema de indicador ambiental é um conjunto de indicadores que visa o diagnóstico do ambiente, para fins de elaboração de políticas.

2) Indicador ecológico: são espécies conhecidas por sua sensibilidade à poluição, à fragmentação de habitat ou a outros fatores de estresse. A resposta do indicador é representativa para a comunidade.

3) Indicador de biodiversidade: a riqueza de espécies de um táxon indicador é utilizada para indicar a riqueza de uma comunidade. A definição de riqueza tem

sido utilizada para parâmetros mensuráveis de biodiversidade, incluindo riqueza de espécies, endemismo, parâmetros genéticos, parâmetros específicos de populações e parâmetros de paisagem.

A ictiofauna é também um grupo de organismos utilizado rotineiramente em programas de biomonitoramento de metais pesados. Os peixes, de modo geral, constituem um grupo muito sensível às modificações do ambiente em que vivem, por sua fisiologia mais complexa do que a da maioria dos outros organismos aquáticos, como algas, moluscos e crustáceos (Gerhardt, 2014).

Jaramillo e Caramaschi (2008) ressaltaram a importância e as vantagens do uso dos peixes como bioindicadores antes enumeradas por Karr (1981) e confirmadas ou complementadas depois por outros autores (GIBSON et al., 1995; BARBOUR et al., 1999; FLOTEMERSCH et al., 2006).

10.1

A piabanha: bioindicadora no Domínio das Ilhas Fluviais?

Embora a piabanha pudesse ser considerada a espécie de peixe mais proeminente da bacia do rio Paraíba do Sul antes da introdução do dourado, segundo relatos de alguns pescadores antigos, não se pode afirmar que é a principal espécie bioindicadora ou flagship. Tampouco a espécie-chave (keystone), aquela cuja presença é vital para a sobrevivência das demais. A palavra flagship, citada em dicionários, é definida para qualificar o melhor produto, a melhor ideia, o melhor navio, e utilizada por pesquisadores para classificar a espécie mais importante. Entretanto, sem pesquisas consolidadas e a avaliação da comunidade científica, as observações dos pescadores artesanais e amadores não podem ser consideradas determinantes, embora sejam importantes como fontes de dados. Existe apenas indícios de que se possa utilizar a espécie como flagship e/ou bioindicadora principal no domínio das Ilhas Fluviais. Nesse sentido, o relato a seguir foi desenvolvido para a apresentação da piabanha como uma espécie de grande mobilidade, considerada importante e expressiva, e suscitar uma reflexão sobre seu verdadeiro status científico.

O Rio Paraíba do Sul constituía-se em um dos mais piscosos do Estado, porém a maioria das espécies era considerada de qualidade inferior, com exceção da piabanha, da piava e do surubim-do-paraíba (SALGADO et al., 1997). O

esgotamento das populações de *brycon insignis* tem sido atribuído à degradação do habitat dos principais rios da Bacia do Rio Paraíba do Sul. O Rio Piabanha, por exemplo, tem este nome devido à expressiva presença em seu curso do peixe que hoje nele está extinto, por não ter resistido à deterioração da qualidade da água, sobretudo pela atuação das indústrias de tinturaria para a confecção de peças de vestuário.

Diversos fatores influenciaram a redução dos estoques da piabanha para níveis críticos em seu ambiente natural: desmatamento ciliar, provocado pelo incremento da atividade agrícola; drenagem das várzeas para o cultivo de arroz no trecho do Rio Paraíba entre as cidades de Guararema e Cachoeira Paulista, “berçário” para larvas e alevinos; a poluição e a consequente alteração da composição física e química da água, ocasionada pelo lançamento de resíduos industriais e domésticos; e a introdução do voraz dourado (*Salminus maxillosus*) no Rio (SALGADO et al., 1997). O barramento do Rio Paraíba para a construção da Usina Hidrelétrica Paraibuna foi fator relevante para a alteração do comportamento da piabanha (SALGADO et al., 1997): a construção de usinas hidrelétricas transformou ambientes lóticos em lênticos e, assim, modificou o ritmo migratório das espécies reófilas. A população de piabanhas, sendo elas de espécie de piracema (migradora reprodutiva), foi bastante reduzida como efeito dos barramentos no Rio Paraíba, e, hoje, há grande dificuldade de captura desse peixe no ambiente natural (SALGADO et al., 1997).

Brycon Insignis (STEINDACHER, 1877, apud Souza, 2004), piabanha em seu nome popular, é uma espécie presente nas drenagens da Região Sudeste do Brasil, especialmente no Rio Paraíba do Sul e seus tributários (BIZERRIL, 1999), onde foi um recurso pesqueiro importante. A pesca comercial capturou, em 1951, 24 toneladas deste peixe, que foram vendidas na área paulista drenada pelo Rio e representou a principal fonte de arrecadação de inúmeros pescadores artesanais (MACHADO & ABREU, 1952, apud Bizerril, 1999). A situação atual da piabanha no Rio Paraíba do Sul é bem diferente: As populações selvagens raramente são encontradas e foram extintas no Estado de São Paulo, com exceção de um estoque mantido pela CESP para efeitos de repovoamento. Resultado: a piabanha está na lista vermelha brasileira de espécies ameaçadas (HILSDORF et al., 2008).

A existência da piabanha é observada em níveis mais expressivos no Domínio das Ilhas Fluviais, o que parece indicar que os habitats e fontes de nidificação e alimentação ali estão funcionando integrados ao complexo daquele ecossistema. Houve reforços de estoques executados pelo Projeto Piabanha com a soltura de milhares de alevinos e juvenis, embora muitos sucumbam antes de atingirem a maturidade sexual. Comportamento reprodutivo, dados morfométricos, observação de canibalismo, alimentação e até os padrões de ataque das larvas das piabanhas durante o canibalismo têm sido observados nos tanques de reprodução induzida do Projeto Piabanha durante 13 anos. A piabanha pode ser encontrada em refúgios distintos e ocupa diversos trechos de rio, inclusive as lagoas marginais. Sua preferência parece ser por poções de água, corrente ou mais estática e clara ou turva, situados nas margens envoltas pela sombra da mata ciliar e ocupadas por pedras, árvores caídas, troncos e galhos. Por se tratar de uma espécie que é, em diferentes fases de seu ciclo de vida, insetívora, frugívora e onívora, sua alimentação requer uma diversidade de alimentos representativa das condições bióticas prevalentes no Domínio das Ilhas Fluviais. É um peixe de cardume por natureza e uma espécie ribeirinha pelágica e migratória.

Assim, a espécie parece ser um bioindicador capaz de monitorar mudanças físicas, biológicas e químicas do ambiente, além de processos ecológicos e biodiversidade. O uso de bioindicadores, entretanto, não pode ser restrito a uma única espécie, com uma tolerância ambiental cientificamente desconhecida. A piabanha, no DIF, recuperou-se de desastres ambientais como despejos de soda cáustica, de lignina, e do organoclorado endosulfan, por exemplo, mas talvez outras comunidades de peixes ali existentes tenham um espectro mais amplo de tolerância ambiental e também possam servir como bioindicadores e fontes de dados para avaliar a condição ambiental de um índice biótico ou abordagem multimétrica.

10.2

O papel da piabanha e outros brycon como consumidores e dispersores de sementes.

Não são conhecidos estudos relacionados à atuação das espécies frugívoras de peixes do Rio Paraíba do Sul no que concerne a predação e dispersão de

sementes. Nem dados sobre a quantidade de espécies vegetais que fornecem frutos e sementes ingeridas e dispersas pela piabanha. O Projeto Piabanha, pretende iniciar campanhas de averiguação de conteúdo estomacal nos rios Imbé e Paraíba do Sul no ano de 2015. Relatos de pescadores do domínio das Ilhas Fluviais asseguram que o peixe se alimenta dos frutos e sementes da figueira, do ingá e do jamelão.

Estudos sobre itens alimentares do gênero *brycon* podem ser confirmados em Borges, (1986); Leite, (2002) e Gomiero et al, (2008). Zuntini et al (2004) observaram a alimentação da piraputanga, (*Brycon hilari*) na cabeceira do Rio Miranda. Ficou evidente, durante o estudo, a grande dependência das piraputangas da cabeceira do Rio Miranda dos itens alimentares provenientes da vegetação ripária, podendo-se prever que as alterações antrópicas nas margens dos rios poderão modificar a estrutura da comunidade de peixes, mesmo levando-se em conta a plasticidade alimentar desta espécie (ZUNTINI et al, 2004).

Pesquisas realizadas na última década na Região Neotropical fornecem evidência da existência de grande variedade de espécies de peixes que se comportam desta forma (KUBITZKI & ZIBURSKI, 1994; BANACK et al., 2002; GALETTI et al., 2008; ANDERSON et al., 2009; REYS et al., 2009). Exemplos de alto consumo de produtos da vegetação são as cerca de 700.000 sementes intactas, oriundas de 22 espécies de árvores e lianas, encontradas por Anderson et al. (2011) no conteúdo digestivo de 230 indivíduos de *Colossoma*.

A piabanha do Rio Paraíba do Sul é um *Brycon*. A descrição abaixo contempla a atividade de peixes dispersores de sementes do mesmo gênero. No rio Ventuari, afluente do Orinoco, na Venezuela, as sementes intactas de cerca de 30 espécies de árvores foram encontradas nas entranhas do bicolor *Brycon Characidae* (FLECKER, 2010). Além disso, grande parte das sementes intactas em intestinos do *Brycon* germinou dentro de um período de observação de duas semanas (FLECKER, 2010).

Peixes migradores desempenham papéis funcionais como agentes de dispersão de sementes (GOULDING, 1980; KUBITZKI E ZIBURSKI, 1994; BANACK et al., 2002; GALETTI et al., 2008; ANDERSON et al., 2009). A alimentação frugívora na fauna íctica é comum nos trópicos, onde pelo menos 182 espécies, de 32 famílias de peixes, têm sido observadas a comer frutas (FLECKER, 1997, 2010; CORREA et al., 2007). A maioria das pesquisas sobre a

dispersão de sementes por peixes foi realizada na região neotropical devido à diversidade elevada e à abundância de comedores de frutas que há ali (ANDERSON et al., 2009). Alguns dos exemplos mais notáveis incluem caracídeos migratórios de grande porte (*Characidae: Colossoma* e *Piaractus*), bem como pimelodídeos e bagres-dourados. Estas espécies de grande mobilidade vivem em florestas de várzea da Amazônia, do Rio Orinoco, e em partes da América Central, e têm um tempo de passagem do alimento pelo intestino mais longo do que outros vertebrados frugívoros, como aves e mamíferos (ANDERSON et al., 2009). Peixes que se alimentam de frutas e sementes de algumas espécies de plantas também têm a capacidade de atuar como agentes de sua dispersão (ANDERSON E FLECKER, 2009). A América do Sul abriga pelo menos duzentas espécies de peixes frugívoros, que se movem em habitats inundados ao longo da estação chuvosa e consomem as frutas que caem na água. Anderson e Flecker (2009) observaram, durante suas pesquisas com peixes amazônicos de valor comercial, grandes quantidades de sementes defecadas, onde mais de 35% eram provenientes de lianas e árvores que frutificam durante as cheias. Estas sementes são dispersas e podem germinar depois que as águas baixam. A dispersão de sementes é um estágio crítico na história de vida das plantas. Ela determina o padrão inicial da distribuição juvenil e pode influenciar a dinâmica da comunidade e as trajetórias de espécies individuais (ANDERSON E FLECKER, 2009).

A atuação como agentes de dispersão exige dos peixes o consumo de grandes quantidades de frutas e a excreção em habitats adequados após a baixa da água. É preciso, ainda, que as sementes sejam capazes de germinar após a passagem do intestino (ANDERSON E FLECKER, 2009). Além disso, os padrões de seus movimentos podem diferir bem de outros agentes dispersores, bióticos ou abióticos, porque muitas espécies de peixes que se alimentam de frutas são bastante móveis e podem nadar longas distâncias a montante (GOULDING, 1980; JUNK et al., 1997; MAKRAKIS et al., 2007).

A constatação dos atributos designados aos peixes frugívoros pelos autores supracitados requerem atenção para o papel da piabanha como consumidor e dispersor de sementes no DIF. Peixes migradores são particularmente suscetíveis a um conjunto de atividades humanas tais como a regulação do rio, a degradação

do habitat e a pesca excessiva. A compreensão das consequências ambientais de sua perda funcional é importante para futuras pesquisas.

A exploração desenfreada tem reduzido a abundância dos grandes exemplares assim como mudado a estrutura de idade dessas populações. A pesca excessiva, por exemplo, interrompe uma interação antiga entre as sementes e seus agentes dispersores (GOULDING, 1980; JUNK et al., 1997; MAKRAKIS et al., 2007; ANDERSON et al., 2011).

11

Uso de ferramentas para avaliação de valores ecológicos no Domínio das Ilhas Fluviais

No capítulo oito (8) desta dissertação é observada a dinâmica de funcionamento do domínio das Ilhas Fluviais através de associações que apontam características estruturais expressivas. Embora algumas destas características sejam capazes de indicar atributos significativos para realçar mais a importância do domínio inferiu-se que existem similaridades deste segmento do rio Paraíba do Sul com as características gerais dos ambientes lóticos observados por Dunn (2000), que reproduzem estimativas de valores ecológicos. Estas estimativas implicam no manejo de critérios e atributos utilizados por pesquisadores em rios e segmentos de rios através do mundo. As semelhanças aqui observadas, entretanto, merecem reflexão apenas no sentido de qualificar este estudo, já que nele não houve a pretensão de construir um quadro amostral dos valores ecológicos do Domínio, mas apenas a disposição de discernir sobre eles, como um estímulo para a realização de pesquisas futuras que ressaltem a sua importância ecológica.

Muitos pesquisadores têm visualizado rios e córregos como possuidores de assembleias de espécies cuja ocorrência e abundância relacionam-se com os gradientes físicos presentes (DUNN, 2000). O valor ecológico atribuído a rios e segmentos de rios contém um sentido mais amplo e que não inclui apenas a biota aquática (peixes, invertebrados e macrófitas), mas também a biota ripária, os habitats e a geomorfologia ((DUNN, 2000; BENNET et al., 2002). Este valor é utilizado, ainda, para determinar os processos físicos e biológicos e o papel que um rio exerce na sustentação de outros sistemas, como substratos, estuários, planícies de inundação e bacias hidrográficas (O'KEEFE et al., 1987; BOON et al., 1994; BOON et al., 1997; BOON et al., 1998; RAVEN et al., 1998; DUNN, 2000).

Métodos para atribuir valores ecológicos ou de conservação para ecossistemas de água doce foram revistos para determinar critérios, indicadores e medidas de valor ecológico mais apropriado. Dunn (2000), Chessman (2002) e

Bennet et al. (2002) fornecem comentários internacionais e literatura, concentrados no desenvolvimento destas atribuições. O livro *The Ecological Values Guideline* (BENNET et al., 2002), estipula princípios para atribuir valores ecológicos aos ambientes aquáticos:

- 1) O valor ecológico é fundamental para determinar a proteção e a reabilitação e/ou a restauração como prioridades para os cursos d'água.
- 2) O valor ecológico inclui elementos objetivos, mas também subjetivos, como a opinião de especialista, quando os dados são insuficientes.
- 3) O método precisa ser aplicado, mesmo quando a informação é escassa.
- 4) O valor ecológico pode ser determinado em escala local, regional e nacional.

O desenvolvimento de uma lista de atributos de valor ecológico sobre a qual haja um consenso geral entre cientistas e comunidades gestoras com interesse em rios é um passo crítico para definir a conservação de seus valores naturais (DUNN, 2000). Este processo de desenvolvimento tem sido conduzido na África do Sul (O'KEEFE et al., 1987), na Nova Zelândia (COLLIER, 1993) e no Reino Unido (BOON et al., 1994; BOON et al., 1997; BOON et al., 1998).

Conceitos e critérios para a conservação da biodiversidade estão bem estabelecidos no que se refere a ecossistemas terrestres: a lista de critérios e atributos desenvolvida por Dunn (2000) para avaliar o valor ecológico de rios e também de seções de rios (partes de sistemas de rio ou de riacho) resume a opinião coletiva de 73 cientistas e gestores de rios. O relatório que a contém destaca a gama de valores ecológicos significativos que residem em rios e sistemas, e a necessidade de abordar a conservação da biodiversidade de ecossistemas ribeirinhos. A fim de explorar abordagens alternativas, Dunn (2000), empreendeu um processo consultivo que revisou métodos existentes, identificou valores ecológicos de rios australianos na literatura, obteve perspectivas atualizadas em ecologia de rios e examinou tanto modos de conservação de outros ecossistemas (florestas) quanto sistemas de valores emergentes, como a geomorfologia fluvial. A ecologia de rios foi a base fundamental para a sustentação e desenvolvimento da lista de critérios e atributos e de seus conceitos: contexto ambiental, processos ecossistêmicos e dinâmica, ecossistema e estrutura da comunidade e distribuição das espécies (Dunn, 2000). Assim, os valores ecológicos incluem processos físicos e biológicos (Dunn, 2000).

Alguns atributos de rios que apresentam uma forte relação com o ambiente ribeirinho e seus ecossistemas não foram incluídos no escopo do trabalho de Dunn, embora estes atributos sejam críticos como valores gerais (Dunn, 2000). Aspectos estéticos de rios, usos para recreação, relações culturais e espirituais. Como estes valores não controlam o ecossistema natural na maioria dos rios nem contribuem para ele, não foram considerados no quadro de avaliação de valor ecológico (Dunn, 2000). Entretanto, os autores ressaltam que eles precisam ser incluídos numa avaliação geral de todos os valores ribeirinhos (DUNN, 2000). Outros métodos de avaliação do valor de conservação de rios, como o do *Canadian Heritage Rivers System*, o do *Water Bodies of National Importance*, da Nova Zelândia e o do *Australian Wild Rivers*, incorporam avaliações patrimoniais e rios selvagens, e concentram-se na qualidade original de um rio ou no grau de impacto das atividades humanas nele, em seus valores culturais ou recreativos ou em sua influência (DUNN, 2000).

11.1

A terminologia utilizada no relatório como ferramenta para discernir sobre o valor ecológico do domínio das Ilhas Fluviais.

A conceituação de valor ecológico para os rios parece adequada para o domínio das Ilhas Fluviais. Inclui não só a biota, mas também a zona ripária ribeirinha ou do entorno, os habitats fluviais, a geomorfologia e, ainda, os processos fluviais, os aspectos físicos e os biológicos. Sobretudo papéis que um rio e o segmento do domínio das Ilhas Fluviais pode desempenhar na manutenção de outros sistemas, “como estuários, várzeas e áreas úmidas” (DUNN, 2000). A definição e o valor da expressão “saúde de rio” têm sido debatidos (KARR, 1999; BOULTON, 1999). A definição é aqui revista na tentativa de aplicá-la ao domínio das Ilhas Fluviais. Tem reconhecimento devido a sua simplicidade e relevância para a comunidade em geral, embora, por outro lado, isso leve a ambiguidade na interpretação (DUNN, 2000). Rutherford et al. (1998, apud DUNN 2000) sugerem que há cinco elementos-chave de interação que definem a saúde do rio: estrutura física, zona ribeirinha, quantidade de água, qualidade da água e organismos. Simpson et al. (1999, apud DUNN, 2000), definem saúde do rio como “a

capacidade do ecossistema aquático para apoiar e manter os processos ecológicos essenciais, e uma comunidade de organismos com uma composição de espécies, diversidade e organização funcional comparáveis tanto quanto possível às de habitats naturais dentro do sistema.” A definição parece apropriada para expressar com propriedade a relevância ecológica do domínio das Ilhas Fluviais.

11.2

Critérios e atributos para identificação e proteção de rios de alto valor ecológico

Dunn (2000) apresentou cinco critérios e os atributos a eles associados, para estimar e avaliar a conservação da biodiversidade em ecossistemas aquáticos, que formam o arcabouço conceitual da avaliação do valor ecológico em rios da Austrália e são utilizados pela *Environmental Protection Agency* do estado australiano de Queensland, que tem características tropicais. A ferramenta de avaliação de Dunn apresenta ideias-chave, estratégias e questões sobre valores ecológicos que são identificáveis no domínio das Ilhas Fluviais, e significativas para avaliação e implementação de pesquisas.

1) Naturalidade:

elementos do rio relativamente intactos e interconectados,

regime natural de temperatura,

processo natural de material orgânica,

processo natural de ciclagem de nutrientes,

vegetação ripária relativamente intacta e preservada,

corredor de habitats,

composição natural de comunidade da fauna, e

processos ecológicos naturais, incluindo base energética e fluxo de energia

em cadeias alimentares.

2) Representatividade:

seção de rio representativa,

características representativas do rio,

processos hidrológicos representativos,

comunidades aquáticas representativas de macroinvertebrados,

comunidade ripária representativa, e

assembleias e comunidades de peixes representativas.

3) Diversidade e riqueza:

tipos de rocha e tamanho de classes de substratos,
habitats (lagoas marginais, rápidos, recifes),
canal e morfologias de planície de inundação,
espécies nativas de fauna e flora,
vegetação aquática e ripária,
comunidades de planície de inundação e palustres,
espécies endêmicas de flora e fauna, e
importância como habitat para pássaros e animais terrestres.

4) Raridade:

processos geomorfológicos ameaçados,
processos ecológicos raros e ameaçados,
regime hidrológico raro e ameaçado,
fauna de invertebrados rara e ameaçada,
peixes nativos raros e vertebrados ameaçados,
habitats raros e ameaçados,
fauna ameaçada, e
comunidades raras e ameaçadas.

5) Fatores especiais:

fatores de superfície e fundo,
planícies de inundação e sistemas palustres significativos,
tributários importantes,
importância para a manutenção de habitats rio acima, rio abaixo e
adjacências, como planícies de inundação e estuários,
importância para a manutenção de sistemas e domínios rio acima e rio
abaixo,
importância para espécies migratórias e dispersão de espécies terrestres,
refúgio para espécies terrestres e migratórias,
habitat como indicador importante de taxa
habitat para *flagship* taxa, e
refúgio para espécies nativas ameaçadas.

11.3

Classificação e tipologias segundo Dunn: uma reflexão sobre as semelhanças com o DIF

A definição de "naturalidade" é aceita, em geral, como a condição pré-europeia ou a mais absoluta falta de perturbação (Dunn, 2000). O termo é bastante aceito na avaliação da conservação e entendido como falta de perturbação induzida pelo homem. Dunn (2000) ressalta que a naturalidade é considerada de elevado valor ecológico e que o termo provoca alguns debates, pois argumenta-se que os seres humanos têm modificado sistemas fluviais desde milhares de anos. Dunn (2000) acrescenta que o conceito de naturalidade incorpora integridade ecológica e que integridade pode ser definida como a capacidade de um ecossistema de sustentar-se e manter-se robusto diante de formas naturais de perturbação. Cada atributo demanda a aplicação de limites ou padrões cujas definições são fundamentais para a determinação do valor ecológico em contextos específicos de política ou de gestão. Estas considerações são importantes para efeitos de comparação do DIF com os ambientes localizados rio acima. O DIF encontra-se em condições ecológicas melhores do que nos domínios do Rio Paraíba do Sul localizados a montante da Usina Hidrelétrica de Pombos, localizada entre Carmo (município fluminense) e Volta Grande (município mineiro), já que abriga espécies que lá não são mais encontradas com a mesma abundância e diversidade, sobretudo depois da construção das UHEs de Anta e Simplicio (Furnas). Esta afirmação é possível com base na utilização da naturalidade como parâmetro em Dunn (2000), a refletir a condição de saúde de um rio e constituir-se em referência para a sua avaliação.

Dunn (2000) adianta que, como regra geral, quanto mais os atributos de um rio se aproximem da condição ideal ou real, maior será o seu valor, por naturalidade e representatividade. Segue com a observação de que características, comunidades ou taxas que em geral ocorrem com menos frequência, em número ou variedade, determinam os valores mais elevados quanto ao critério de raridade. Quanto maior o número de características, comunidades ou unidades de táxon em comparação com sites semelhantes, maior o valor da diversidade (Dunn, 2000). Este valor, por exemplo, no DIF, parece ser notadamente superior àqueles observados a montante. Riachos que, por sua natureza, tenham baixa diversidade podem, entretanto, situar-se num nível alto de naturalidade e representatividade e

não ter seu elevado valor ecológico rejeitado pelo critério de diversidade (Dunn,2000). Os “fatores especiais” enumerados, acima, no quinto critério, incluem os conceitos de singularidade e também de paisagem ampla e de valores de processo, com significado especial em sistemas fluviais (Dunn,2000).

Uma consideração fundamental relacionada ao DIF, seguindo a linha de pesquisas de Boon (1992), é “comparar coisas semelhantes, ou seja, comparar os rios ou secções do rio na mesma biorregião, com mais ou menos o mesmo tamanho, ordem ou tipos” (BOON, 1992).

Estes critérios e atributos, ou indicadores, foram adotados, com algumas modificações, por Bennett et al. (2002)

11.4

Aspectos da avaliação a serem considerados no Domínio das Ilhas Fluviais

Dunn (2000) verificou que naturalidade e raridade são temas universais de conservação. A definição de raridade é expandida em um contexto aquático para incorporar comunidades, ecossistemas e recursos estruturais, bem como espécies. A de diversidade foi refinada e tornada mais específica para a interpretação de contextos aquáticos e temas biogeográficos, como números de espécies de peixes e invertebrados endêmicos, são de importância emergente (DUNN, 2000). Aos **recursos e processos geomórficos e hidrológicos** são atribuídos um grande suporte pelos especialistas como valores funcionais de rios (DUNN, 2000; BOON, 1992). Valores funcionais que **refletem conectividade e dinâmica** de bacias hidrográficas também emergem como valores de conservação (DUNN, 2000). A avaliação dos processos de fluxo e conectividade, como a manutenção dos habitats a jusante ou adjacentes, encontrada em Dunn (2000), apoia a demonstração de semelhanças destas propriedades com as encontradas no Domínio de Ilhas Fluviais. Se, por exemplo, uma unidade espacial tem importância para a manutenção de habitats a jusante ou em áreas adjacentes, como várzea ou estuário, este apareceria entre os seus dez melhores atributos (DUNN, 2000). Esta importância é evidente no que se refere ao Domínio das Ilhas Fluviais, sobretudo por seu papel como local de postura de ovos e larvas que seguirão em deriva no rio para os berçários da planície de inundação (Souza, 2010). A

importância da **conectividade** como **critério** no contexto do domínio das Ilhas Fluviais é bem expressa por Souza (2010) e Dunn (2000). O autor faz a ligação direta entre o recrutamento e distribuição das espécies a montante ou a jusante e o valor ecológico do alcance específico de um rio e do movimento de água; e de sedimentos e detritos a montante, a jusante e lateralmente, entre terras terrestres adjacentes. A conectividade entre os ecossistemas ou áreas, de modo semelhante, também foi incorporada aos “melhores métodos disponíveis de avaliação”, ou BAMB, na sigla em Inglês, no que se refere a ambientes terrestres (EPA, 2002), através da utilização de corredores de paisagem.

A representatividade emergiu como critério considerado importante para a conservação de valores de ecossistemas inteiros ao invés dos de uma única espécie, e auxiliar na abordagem de espécies ou conjuntos de espécies mal conhecidos, incluída em critérios internacionais, como na Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, de 1975, e em estratégias, como na Convenção sobre Diversidade Biológica, de 1993 (DUNN, 2000). A representatividade, no entanto, requer uma estrutura de classificação, a fim de localizar exemplos particulares. Kingsford et al. (2005) propõem que, para ser considerado de alto valor de conservação, um rio ou ecossistema dele dependente necessita cumprir requisitos elegidos por sua relevância numa ampla escala geográfica do continente australiano.

Ser pouco afetado pela influência direta do desenvolvimento de recursos de terra e água.

Ser um bom exemplo representativo de tipo ou classe.

Ser o habitat de espécies ou comunidades raras ou ameaçadas, ou local com característica geomorfológica ou geológica rara ou ameaçada.

Demonstrar diversidade e/ou abundância de recursos, habitats, comunidades ou espécies incomuns.

Fornecer evidências do curso ou padrão da evolução da paisagem ou biota.

Desempenhar funções importantes dentro da paisagem.

Chessman (2002) optou por excluir naturalidade e representatividade de sua lista de critérios para a avaliação do valor de conservação e da saúde dos rios de New South Wales, estado australiano que inclui a capital do país. Argumentou que a avaliação desses critérios é muitas vezes problemática e que eles, com frequência, interagem uns com os outros. Incorporou-os ao processo de avaliação,

ao invés de serem tratados como critérios distintos. O método *Pressure-Biota-Habitat*, desenvolvido por ele, utiliza seis critérios para avaliar valores de conservação e de saúde em rios (Dunn, 2000).

Diversidade física (valor de conservação e de saúde).

Diversidade biológica (valor de conservação e de saúde).

Vigor (valor de conservação e de saúde).

Resiliência (valor de conservação e de saúde).

Raridade (valor de conservação).

Fatores de risco (identificação do problema).

O conceito de vigor (Chessman, 2002) inclui a produção de biomassa, a abundância e a renovação de espécies nativas, que parecem patentes no DIF. O de raridade pode incorporar as espécies raras e características físicas ou químicas incomuns. Resiliência é um critério temporal que só pode ser empregado em rios repetidamente pesquisados (CHESSMAN, 2002), mas há registros de que eventos de poluição com grande magnitude atingiram o Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul. Os fatores de risco incluem a avaliação das ameaças a valores ecológicos e dos impedimentos para a recuperação natural dos valores perdidos e podem ser condutores de respostas do ecossistema alteradas pela atividade humana ou indutores artificiais produzidos pela intervenção do homem (CHESSMAN, 2002).

11.5

Modelos de avaliação de rios no exterior

11.5.1

Rios selvagens de beleza cênica

O Congresso dos Estados Unidos colocou rios sob a égide do *Wild and Scenic Rivers Act*, após estudos de elegibilidade e adequação para classificá-los desta forma. Agências são obrigadas a considerar e avaliar todos os rios com potencial para esta designação e a preparar planos de gestão amplos da terra e dos recursos disponíveis. O Inventário Nacional de Rios lista rios e segmentos fluviais que atendem aos requisitos mínimos de elegibilidade, com base no estado de fluxo

livre e no valor dos seus recursos estéticos e cênicos, o que proporciona a eles alguma proteção contra os efeitos adversos de projetos federais, até que estes sejam avaliados.

11.5.2

Predição de Invertebrados nos Rios e Esquema de Classificação

A Predição de Invertebrados e Esquema de Classificação é um pacote de software desenvolvido pelo Instituto de Biologia de Água Doce, no Reino Unido, para avaliar a qualidade biológica dos rios (WRIGHT, 1995). O trabalho começou em 1977 para desenvolver uma classificação de sítios não poluídos com base na fauna de macroinvertebrados e para determinar se a existência desta fauna em um local sem estresse poderia ser prevista com base em características físicas e químicas do rio. O trabalho foi organizado em uma série de fases e fundamentou-se em uma extensa base de dados sobre a distribuição da fauna, usando espécies com níveis taxonômicos de resolução.

Os dados foram coletados em centenas de sites, juntamente com aqueles sobre as variáveis ambientais, e classificados utilizando a TWINSpan (*Two-way Indicator Species Analysis*).

A análise discriminante múltipla foi utilizada para encontrar combinações de variáveis que melhor pudessem prever os grupos identificados (WRIGHT et al., 1984; WRIGHT et al., 1989; WRIGHT, 1995). A taxa prevista para um determinado local e a frequência de ocorrência das espécies classificadas nesses grupos podem ser geradas usando 14 variáveis ambientais. O sistema continuou a evoluir e agora é aplicado nas Pesquisas da Qualidade dos Rios (RAVEN et al., 1998.) A abordagem geral foi a base para o desenvolvimento da australiana *Monitoring River Health Initiative* e do *Australian River Assessment System* (WRIGHT, 1995).

11.5.3

Pesquisa de Habitat no Rio

O *River Habitat Survey* é um sistema utilizado no Reino Unido para avaliar o caráter e a qualidade de rios com base em sua estrutura física (RAVEN et al., 1998) que, embora originalmente focado em proporcionar uma ferramenta de informação detalhada, pode ser aplicado a uma variedade de fins relacionados à administração. Seus quatro componentes são: pesquisa de campo, utilizando metodologia-padrão rigorosa; banco de dados computadorizados pronto para entrada de informações e comparação com outros sites; um conjunto de métodos para avaliar a qualidade do habitat; e um método para descrever a modificação do canal. A qualidade de um habitat é determinada pela ocorrência de características de outro habitat de valor conhecido para a vida selvagem, e é derivada da comparação entre propriedades nele observadas com as registradas em locais de rios com atributos semelhantes (RAVEN et al., 1998). Assim, o estágio de avaliação da pesquisa fundamenta-se no conhecimento de requisitos de habitat e em sua descrição; na classificação dos tipos de sites e de seus alcances; em suposições sobre a distribuição e o comportamento dos rios e da flora e da fauna associada a eles; em um grande banco de dados; e em uma metodologia válida. A Avaliação de Habitat de Rio é usada de diversas maneiras por várias agências e apoia os imperativos legais e as políticas do Reino Unido para a proteção dos rios.

11.5.4

Sistema para Avaliação de Rios para Conservação

O *System for Evaluating Rivers for Conservation* é uma técnica de base ampla usada no Reino Unido para avaliar o valor de conservação, a partir de seis critérios de conservação e um de impactos (BOON et al., 1997; BOON et al., 1998). Os seis critérios de conservação, "projetados de modo que a avaliação possa estar relacionada com o mais amplo domínio de avaliação da conservação da natureza, ajustando cada atributo em um quadro de critérios de conservação geralmente aceitos" (BOON et al., 1997) são diversidade física, naturalidade, representatividade, raridade, riqueza de espécies e características especiais. Os rios são avaliados em comprimentos discretos, entre 10 e 30 quilômetros, conhecidos como seções de captação avaliadas. A avaliação tem três fases: uma

pesquisa de campo utilizando uma forma estendida do programa Pesquisa de Habitat em Rios, a coleção de uma ampla gama de outros dados e transformação de todos os dados em escores que variam de zero a cinco. As pontuações são ponderadas e combinadas para fornecer índices separados de valor de conservação para cada um dos seis critérios de conservação (BOON et al., 1998). Os índices, para a avaliação de qualidade de conservação, são apresentados sob a forma de uma escala de A até E. Outros dados, como a região e o uso na captação, também são coletados para a avaliação global de conservação.

12

O DIF como área estratégica

Apesar dos inúmeros impactos ambientais no Rio Paraíba do Sul e que ameaçam o DIF, os elementos da fauna e da flora parecem habitar e interagir ali, de acordo com gradientes e parâmetros que compõem uma estrutura lítica característica e determinante. Os organismos aquáticos e terrestres sugerem a formação de um banco Ex Situ, um banco genético útil para recomposição, reforços de estoques e enriquecimento das áreas degradadas do Paraíba do Sul e utilizado pelas Centrais Elétricas de São Paulo (CESP) e pelo Projeto Piabanha.

A importância socioambiental e ecológica do Domínio das Ilhas Fluviais no curso Médio Inferior do Rio Paraíba do Sul, diante do passivo ambiental da Região Noroeste Fluminense, justificou a elaboração de um estudo que subsidiasse a criação e a implantação, nele, de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, conforme definida pelo Ministério do Meio Ambiente, na categoria Reserva de Fauna. O estudo foi elaborado pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA) (CAMPHORA, 2006) com o propósito de atender sugestões e demandas encaminhadas pela sociedade civil organizada, de modo a assegurar a conservação da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais a ela associados (CAMPHORA, 2006). A Unidade de Conservação proposta abrange cerca de 60 hectares, envolvendo o arquipélago e as margens dos rios Paraíba do Sul e Pomba, e amplia para o entorno a área do Domínio cerca de 90 quilômetros no Rio Paraíba do Sul, ao longo dos municípios de Cantagalo, Itaocara, Aperibé, Cambuci e São Fidélis, além de parte do Rio Pomba, em Santo Antônio de Pádua. Esta proposta talvez permita classificar como geoambiental o domínio das Ilhas Fluviais, eliminando a classificação de domínio ictiogeográfico e que refere-se apenas à calha do Rio Paraíba do Sul.

O artigo 19º da Lei nº 9.985, de 8 de julho de 2000, que instituiu o Serviço Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) define “Reserva de Fauna” como uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-

científicos sobre manejo econômico sustentável de recursos faunísticos (CAMPHORA, 2006).

O Domínio das Ilhas Fluviais e o trecho inferior do Rio Pomba até a UHE Barra Braúna, que inclui a Bacia do Rio Dois Rios, formada pelos rios Grande e Negro, foram definidos como áreas estratégicas para iniciar a implementação do Plano de Ação Nacional para Conservação das Espécies Aquáticas Ameaçadas de Extinção do Rio Paraíba do Sul, que visa duas espécies que se encontram ameaçadas no Estado de São Paulo e 17 constantes da Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção: dez de peixes, três de crustáceos, três de moluscos continentais e uma de quelônio (ICMBio, 2011).

Um programa para monitoramento biológico das espécies ameaçadas de extinção, desenvolvimento de sistema-piloto e implementação de plano de ação já está sendo executado pelo Projeto Piabanha em conjunto com o ICMBio, no âmbito daquele Plano de Ação Nacional (ICMBio, 2011), no Domínio das Ilhas Fluviais, envolvendo, na primeira de suas três fases, pesquisadores das universidades de Mogi das Cruzes, de São Paulo, Federal do Estado do Rio de Janeiro, Federal Rural do Estado do Rio de Janeiro e Estadual Norte Fluminense, e de instituições como a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro e a Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. Uma proposta do Instituto Estadual do Ambiente para implantar outra Unidade de Conservação, esta no Rio Pomba, dentro dos limites do Domínio das Ilhas Fluviais, está sendo estudada em âmbitos superiores da administração pública.

13

A Entrevista

Disputando as mesmas águas, encontram-se no DIF muitas embarcações de pescadores artesanais e independentes, e /ou unidades familiares, que habitam as mesmas localidades espalhadas ao longo do rio Paraíba do Sul e afluentes como o Pomba e o Dois Rios. Nem sempre se dedicam exclusivamente à pesca e exercem atividades complementares, como a pequena agricultura, trabalhos auxiliares em construções, retirada de areia, o turismo da pesca recreativa como guias de pesca, e em bares, restaurantes e pousadas ligadas à indústria do turismo de uma maneira geral.

Obrigados a seguir o ciclo de reprodução natural do pescado, as condições exigem dos pescadores artesanais artes de pesca diferenciadas de exploração dos vários recursos aquáticos do domínio. Valorizam suas atividades e a liberdade do contato com os elementos da natureza há muitas gerações.

No interior do ecossistema aquático do DIF, as relações entre seus elementos naturais são dinâmicas e mutáveis. O conhecer do ambiente pelo pescador é ancestral e se traduz pela sabedoria e onde e quando utilizá-la. A sabedoria do pescador é adquirida pela experiência, indo pescar e ouvindo os mais velhos (Diegues, 1983). Quando nos referimos a região em que atuam, não tratamos somente do espaço geográfico tangenciado pelo segmento de rio, objeto deste estudo, mas de um conjunto de condições naturais, físicas e biológicas que servem de base para suas formas de produção, conforme assinalou Diegues (1983), ao se referir aos pescadores-lavradores e artesanais que pescam seus produtos nos ambientes marinhos.

Conforme relatado nesta dissertação, no domínio das Ilhas Fluviais há uma abundância de espécies heterogêneas de pescado. São dificilmente capturadas em larga escala, dada a complexidade de nichos ecológicos como, por exemplo, fundos rochosos, que dificultam a técnica do arrasto. Um conhecimento mais abrangente da imprevisibilidade do clima local, da geomorfologia, da biologia, do perfil do fundo, da vazão, da direção das águas, da piracema, dos habitats, e dos

peixes e crustáceos, que, tanto podem estar nas águas calmas das lagoas marginais ou na turbulência, entre as pedras das corredeiras, traduz este conhecimento como uma necessidade. A gama de conhecimentos assimilados pelos pescadores artesanais constitui-se numa referência ímpar para consultas e pesquisas direcionadas ao completo entendimento do domínio das Ilhas Fluviais.

Por esta razão, foi realizada uma entrevista com um ator que participou do cotidiano da atividade pesqueira. Sua escolha deve-se ainda ao fato de que é dono de peixaria e pousada-restaurante, o último, localizado numa das ilhas do complexo. Tem, portanto, o conhecimento ancestral acrescido com a experiência adquirida através do seu trabalho em toda a cadeia produtiva pesqueira. Tal conhecimento permite que descortine a história pregressa e atual dos estoques pesqueiros do DIF, sua relação com a fartura de outrora e a ameaça de degradação (incluindo a pesca predatória), e da poluição local e fronteira. A entrevista encontra-se no ANEXO.

14

Conclusão

Nesta dissertação recorreu-se às referências bibliográficas consolidadas, de onde levantou-se dados tidos como capazes de instrumentar reflexões sobre o modo e os motivos pelos quais o Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul mantém-se relativamente bem conservado, se comparado aos domínios que abrangem os municípios mais desenvolvidos da Bacia Hidrográfica em que se inclui.

Informações obtidas em campo como membro do Projeto Piabanha durante 16 anos uniram-se àquelas advindas da revisão da literatura como ferramentas para a avaliação de dados a respeito de sistemas fluviais semelhantes. Os fatores que atuaram e ainda atuam para a degradação do Rio Paraíba do Sul foram identificados, assim como a ocorrência com frequência de caráter local e menos impactantes no Domínio das Ilhas Fluviais.

Assim, ficou clara a correlação entre a atividade antrópica e a existência de grandes centros urbanos industriais, sem limitações legais ou éticas, e o estado atual do Rio Paraíba. Correlação inversa pode ser inferida para explicar porque o Domínio das Ilhas Fluviais mantém seu alto valor ecológico.

É provável que as espécies de peixes, moluscos, crustáceos e outros organismos existentes no DIF tenham se adaptado aos fluxos de vazão do Paraíba do Sul a partir da UHE Ilha dos Pombos, localizada no segmento final do Domínio das Corredeiras durante quase nove décadas. Outros fatores que colaboram para a grande quantidade e diversidade de espécies no DIF podem ser atribuídos à extensão do segmento do rio a jusante da hidrelétrica acima referida, com 150 km de fluxo livre até a foz pela inexistência de barramentos; a existência de tributários menores e do rio Pomba, que proporcionam a entrada de água adicional; e a interligação com a planície de inundação. A perda de conectividade em rios represados está entre os impactos impostos por barragens (AGOSTINHO, 2004). Medidas mitigadoras, tais como passagens de peixes, propostas para a construção de hidrelétricas podem não conseguir seu propósito de restabelecer um

eficiente fluxo gênico bidirecional entre as populações de peixes afetadas (ESGUICERO & ARCIFA, 2010). As populações de peixes, como consequência, permanecem fragmentadas e uma nova estrutura interpopulacional pode desenvolver-se, com aumento dos riscos de redução da diversidade genética e de extinção estocástica (ESGUICERO & ARCIFA, 2010).

O Domínio das Ilhas Fluviais, embora relativamente conservado e abrigue espécies diversas e ameaçadas, pode, de acordo com o trabalho de Primack (1993), quando se refere à sistemas ecológicos ameaçados, ser afetado pelas consequências da fragmentação e do isolamento em ambientes lóticos. Primack (1993) ressalta as implicações ecológicas e genéticas de adaptação das populações às mudanças ambientais, como extinção por diminuição de seus tamanhos e por dispersão de espécies; perda da heterogeneidade de habitats; aumento do número de espécies invasoras; e consanguinidade (aumento de variações recessivas com menor variabilidade genética).

As ilhas do domínio das Ilhas Fluviais denunciam e revelam processos da dinâmica do ambiente onde ocorrem. Seu traço, seu desenho, sua configuração espacial, sua evolução, associados aos fatores ambientais, podem ser entendidos melhor, do ponto de vista geomorfológico (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T., 2002). O monitoramento de ambientes onde as ilhas se localizam aponta as direções para estratégias de gestão pública sobre o uso humano da natureza, e também projetos e ações para a sua preservação. A prática observada de aglutinação de ilhas fluviais às margens para ampliar áreas agrícolas, de pecuária ou de atividades associadas ao turismo desordenado deve ser inibida.

Pesquisas sobre a natureza e características do domínio, com a utilização de imagens de alta resolução captadas por satélites como o *WorldView*, o *GeoEye*, o *RapidEye*, o *Ikonos* e o *QuickBird* podem contemplar zonas importantes com estudos dirigidos à dinâmica ambiental. Pesquisas de PINHEIRO, 2008; GELELETE, 2008 e NETO, 2007 com mapeamentos digitais já executados em localidades distintas, com base em imagens de satélites e fotografias aéreas, servem de referência no arcabouço metodológico da produção de cartas e mapas de zonas fluviais e lacustres contendo ilhas, segundo NETO (2007), CRUZ (2008), GELELETE (2008), PEREIRA (2008), PINHEIRO, 2008 e OLIVEIRA (2010).

A capacidade de suporte do Domínio e a manutenção de grupos distintos da flora e da fauna terrestre e aquática diante da ameaça da degradação fronteira local, remete à utilização de pesquisas. Esta perspectiva suscita o levantamento de questões sobre a teoria da biogeografia de ilhas e o efeito destas na reprodução da biota aquática, no isolamento de áreas, na composição e na diversidade de espécies e na dinâmica das populações e comunidades da fauna e flora terrestre e aquática promovendo a compreensão da evolução da dinâmica e dos processos ecológicos ali existentes. Um estudo consistente dos organismos componentes da flora e da fauna aquática do Domínio das Ilhas Fluviais deverá apontar de forma mais precisa qual seria o tamanho mínimo de habitat necessário para manter populações viáveis genética e ecologicamente, e por que as espécies ainda persistem diante da poluição e degradação local, e dos grandes episódios de poluição.

O Domínio das Ilhas Fluviais oferece suporte para a manutenção dos estoques pesqueiros numa vasta região e, em concomitância com os vales e planícies alagáveis que se estendem até a foz do Rio Paraíba, contribui para a manutenção da fertilidade da terra e da água, que determina o sucesso da agricultura e da pesca. Estes fatores evidenciam uma relação de dependência entre as populações humanas locais e a manutenção dos serviços ambientais que o domínio provê, além de uma admirável beleza cênica, fator preponderante para a exploração do turismo e do turismo da pesca amadora e esportiva. Daí a importância que é a ele conferida e também o custo socioeconômico que adviria de sua completa degradação ambiental.

A justificativa da escolha do tema evidencia sua importância e complexidade no sentido de apontar como esse estudo pode contribuir para o desenvolvimento da área em que se encontra inserido, embora não se proponha a ser conclusivo. Reservou-se aqui a necessidade de apresentar obras e/ou pesquisas consolidadas cujo tema se relaciona diretamente com o estudado, estabelecendo comparações a fim de possibilitar a discussão das lacunas que os demais trabalhos ainda não preencheram.

15

Referências Bibliográficas

AB´SABER, A.N.; BERNARDES, N. **Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo**. Conselho Nacional de Geografia: Rio de Janeiro, 1958 . p. 303

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (BRASIL). Página Oficial. **Cuidando das Águas**: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Agência Nacional de Águas: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Brasília, 2011.p.154 Disponível em: www.pnuma.org.br/admin/.../texto/Cuidando_das_aguas_final_baixa.pdf. Acesso em 17 Abril 2013.

AGÊNCIA DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL. AGEVAP: Agência de Bacia – Pioneira na Gestão de Águas. Página oficial. Disponível em: <http://www.agevap.org.br>. Acesso em: 27 de julho de 2014.

ALBRETCHT, P.M.; SOUSA, B.C.; PEREIRA., R.J; ROSA, O.C.D.; IGLEISAS-RIOS, R.; CARAMASCHI, E.C.. 2012. **Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa: 15 anos de estudos da ictiofauna do rio Tocantins**. Rio de Janeiro: FURNAS.

ANDERSON, J.T.; ROJAS, J.S.; FLECKER, A. S. 2009. High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. **Oecologia**. 161. p. 279–290.

_____ et al. **Extremely long-distance seed dispersal by an overfished Amazonian frugivore**. *Proceedings of the Royal Society: Biological Science*, 2011.

ANDRADE, L. A. D.; FABRICANTE, J. R.; ALVES, A. D. S. Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC.): impactos sobre a fitodiversidade e estratégias de colonização em área invadida na Paraíba. **Natureza e Conservação**, v. 6, n.1, 2008.

ANGERMEIER, P. L. Does biodiversity include artificial diversity? **Conserv. Biol.**, v.8, p.600-602, 1994.

_____; KARR J.R. Biological Integrity versus Biological Diversity as Policy Directives Protecting Biotic Resources. **BioScience**, v. 44, n. 10, 1994.

_____; KARR. J.R. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. **Environ. Bio. Fish.** vol. 9 (2). p. 117-135. 1983

AGOSTINHO, A.A. et al. **Migratory fishes of the Upper Paraná river basin, Brazil**. p. 19-98. apud Carolsfeld, J.; B. Harvey, C. Ross; A. Baer (Eds). *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. International Development Research Centre/World Bank, Ottawa. p. 372.

_____; 1997, **Qualidade dos habitats e perspectivas para a conservação**. In: A. A. Agostinho, A. E. de M. Vazzoler & N. M. Hahn (eds.), A planície de inundação do Alto Rio Paraná. EDUEM, Maringá, PR, p. 455-460.

_____; GOMES L.C. & F. M. PELICICE. 2007. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá, EDUEM, 501p.

_____; GOMES, L.C.; VERÍSSIMO, S. & OKADA, E.K. 2004. **Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná river: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment**. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 14: 11-19.

_____; HAHN, N.S. (eds.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 460 p.

AGUIAR, K.D. 2008 **Influência De Uma Barragem Sobre Atributos Ecológicos Da Comunidade E Biologia Reprodutiva De Peixes Do Rio Paraíba Do Sul, UHE Ilha Dos Pombos. Rio De Janeiro, Brasil**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ALMEIDA, A. Como se posicionam os professores perante a existência e utilização de jardins zoológicos e parques afins? Resultados de uma investigação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 327-342, mai./ago. 2008.

AMERICA SPORTFISHING ASSOCIATION. Sport Fishing in America: An Economic Force for Conservation. Disponível em: <<http://asafishing.org/facts-figures/sporfishing-economics/sportfishing-in-america/>>. Acesso em: 27 de julho de 2014.

ARAÚJO, F.G. 1996. Composição e estrutura das comunidades de peixes do médio e baixo rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 56 (1). p111 – 126. Rio de Janeiro.

_____. Adaptação do Índice de Integridade Biótica Usando a Comunidade de Peixes para o Rio Paraíba Do Sul. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 58(4). p. 547-558

_____; SANTOS, A. C. A.; SIMONI, M. R. F. Variação espacial e temporal da comunidade de peixes do médio e baixo rio Paraíba do Sul. **Rev. Univ. Rural. Sér. Ciênc. da Vida**, v.17(2). p 61-73. Rio de Janeiro, 1995.

ARAÚJO, J.R.S. (1983). **Projeto de biodetecção de tóxicos em sistemas fluviais de utilização em captação de água para sistemas públicos de abastecimento**. FEEMA, Rio de Janeiro.

_____; 2004. **Reservatório Do Funil: Problemas ambientais, metais pesados e substâncias orgânicas em peixes e sedimentos**. Assembléia Legislativa do Estado do Rio De Janeiro (ALERJ): Comissão Permanente de Defesa Do Meio Ambiente, Rio De Janeiro, Relatório n43. P, II.

_____; NUNAN, G.W. 2009. **Critérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecilia**. Superintendência Regional do Médio Paraíba: Serviço de Informação e Monitoramento. Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

_____; NUNAN, G.W. 2005. **Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul: Danos Ambientais e Sociais Causados por Barragens, Hidrelétricas e Poluição no Trecho Fluminense**. Assembléia Legislativa do Estado do Rio De Janeiro (ALERJ):

Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. Relatório n.59 p, Il. Disponível em: <<http://www.minc.com.br/mandato/meioambi/relatoriopeixesbarragens.pdf>>. Acesso em: 27 de julho de 2014.

_____; NUNAN; G.W. **Avaliação do Impacto do Vazamento do endosulfan na ictiofauna do Rio Paraíba do Sul trecho Funil- Santa Cecilia.** Instituto Estadual do ambiente. SUPMEP/INEA, Ago/2009.

ARAÚJO, G.F. (1985). **Levantamento preliminar dos organismos aquáticos do rio Paraíba do Sul - RJ** Relatório final. Convênio FINEP/Posto de Aquicultura/UFRRJ, Rio de Janeiro.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (ALERJ). **Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul: Danos Ambientais e Sociais Causados por Barragens, Hidrelétricas e Poluição no Trecho Fluminense.** Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente: Rio de Janeiro, 2005. Relatório 59. Disponível em: <<http://www.minc.com.br/mandato/meioambi/relatoriopeixesbarragens.pdf>>. Acesso em: 27 de julho de 2014.

AUSRIVAS. **Cooperative research centre for freshwater biology. 2014.** Disponível em: <<http://http://enterprise.canberra.edu.au/www/www-crcfe.nsf>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

BANACK, S. A.; HORN, M. H.; GAWLICKA, A. 2002. Disperser- vs. establishment-limited distribution of a riparian fig tree (*Ficus insipida*) in a Costa Rican tropical rain forest. **Biotropica**, v.34, p.232–243.

BARMUTA, L.A. & LAKE, P.S. (1982). **On the value of the river continuum concept.** New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research.16. 227-9

BARBOUR, M.T. et al. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish.** Second Edition. 1999. Washington: EPA 841-B-99-002. 339p.

_____; STRIBLING, J.B. **Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities.** Biological Criteria: Research and Regulation, Washington, 1991. EPA-440-5-91-005:25-38.

BENNET, J.; BENNETT, N.; SANDERS, D.; MOULTON, N.; PHILLIPS, G.; LUKACS, K. & WALKER, F. Redfern. 2002. **Guidelines for Protecting Australian Waterways.** Land & Water Australia. Disponível em: <http://npsi.gov.au/files/products/river-landscapes/pr020210/pr020210.pdf>. Acesso em: 27 de julho de 2014.

BENNETI, D.A, LANNA, A.E. 2003. Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2003.Vol. 8 n.2.149-’60.

BECKER, F.G. **Distribuição e abundância de peixes de corredeiras e suas relações com características de habitat local, bacia de drenagem, e posição espacial em riachos da Mata Atlântica.** Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2002.

BENKE, A.C.; ARSDALL, T.C.; VAN, GILLESPIE, D.M. & PARRISH, F.K. (1984). **Invertebrate productivity in a subtropical blackwater river: the**

importance of habitat and life history. Ecological Monographs. 54.p. 25-63. Illustr.

BERRIEL, T. **Estratégias Pró-Preservação do Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba Do Sul diante da Uhe Itaocara – Rio De Janeiro: Uma Perspectiva No Âmbito da Valoração Ambiental e da Mobilização Social.** Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense: Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Mestrado profissional. 2012.

BEVERLY M. 1991. **Elevation of glutathione S tranferase in response to xenobiotic and general stress in moluscs.** SETAC. Europe Proceedings. University of Sheffield.

BILBY R. E., Bisson P. A. 2011. Allochthonous versus Autochthonous Organic Matter Contributions to the Trophic Support of Fish Populations in Clear-Cut and Old-Growth Forested Streams. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 1992. Disponível em : <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f92-064#.VQx8dtLF-So>> Acesso Maio 2011

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. **Distribuição de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do parque ecológico de Goiânia, Estado de Goiás.** p 157- 173. apud Nessimian, J.L.; A.L. Carvalho (eds). Ecologia de Insetos Aquáticos. **Series Oecologia Brasiliensis** vol 5. p 157-172. PPGE- UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

BIZERRIL, C.R.S.F. A ictiofauna do rio Paraíba do Sul. Biodiversidade e padrões biogeográficos. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 42. p. 233-250.1999.

_____; PRIMO, P.B. **Peixes de Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro.** Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, PLANÁGUA-SEMADS/GT. FEMAR – SEMADS. Projeto. ISBN 85-87-206-209-5. Rio de Janeiro, 2001. 417 p., il.

_____; 1994. **Análise taxonômica e biogeográfica da ictiofauna de água doce do leste brasileiro.** Acta Biol. Leopoldensia. v. 16. p.51-80.

_____; (1997). **Programa de monitoramento das condições bióticas – Rio Grande/Dois Rios** (Relatório de andamento). Projeto Paraíba do Sul/Cooperação Brasil-França, Rio de Janeiro.

_____; PERES-NETO, P.R. & BOCKMANN, F.A. (1996), **Morphological and phylogenetic diversification of freshwater fishes from eastern Brazilian rivers.** Resumo apresentado no 76th Annual Meeting of American Ichthyologists and Herpetologists, p. 198, 13-19 de Junho. New Orleans.

_____; ARAÚJO, L.M.N. de; TOSIN, P.C. 1998. **Contribuição ao conhecimento da bacia do rio Paraíba do Sul: coletânea de Estudos.** Rio de Janeiro, ANEEL/CPRM, 128p.

BORGES, G. A. 1986. **Ecologia de três espécies do gênero Brycon Muller & Troschel, 844 (Pisces-Characidae), no rio Negro Amazonas, com ênfase na caracterização taxonômica e alimentação.** Dissertação de Mestrado INPA/FUA, Manaus.150p. Disponível em: Acesso 10 de Agosto 2014.

BOULTON, A.J. An overview of river health assessment methods: philosophies, practice, problems and prognosis. **Freshwater Biology**. v.41 (2). p 469–479. 1999.

BOON, P. J.; WILKINSON, J.; MARTIN, J. 1998. **The Application of SERCON (System for Evaluation Rivers for Conservation) to a Selection of Rivers in Britain**. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 8. p 597 – 616.

_____. et al. 1997. **A System for Evaluating Rivers for Conservation (SERCON): Development, Structure and Function** apud P.J. Boon; D.L. Howell (eds). **Freshwater Quality: Defining the Indefinable?** p299 - 326. The Stationary Office, Edinburgh,

_____. et al. A system for evaluating rivers for conservation (SERCON): an outline of the underlying principles. **Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Therorestische und Angewandte Limnologie**. v.25. p1510 – 1514. 1994.

BOULTON, A.J. An overview of river health assessment methods: philosophies, practice, problems and prognosis. **Freshwater Biology**. v.41(2). p 469–479. 1999.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997**, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso 4 de Abril 2014

BRIGHT, C. **Invasive species: pathogens of globalization**. Foreign Policy Fall. p. 50–64. 1999.

BRUSSOCK, P.P., BROWN, A. V. 1991. Riffle pool geomorphology disrupts longitudinal patterns of stream benthos. **Hidrobiologia**. Kluwer Academic Publishers. Printed in Belgium.

BRUNS, D.A. et al. **Tributaries as modifiers of the river continuum concept: analysis by polar ordination and regression models**. Archiv fur Hydrobiology. 99, p. 208-20.illustr. 1984.

BUNN, S.E.; ARTHINGTON, A.H. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. **Environmental Management**. v. 30 n.4. p. 492 – 507. 2002.

BUSS, D. F. et al. **The influence of Water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrates assemblages in a river basin in Southeastern Brazil**. Hydrobiologia, 2001.

CASAL, C.M.V. **Global documentation of fish introductions: the growing crisis and recommendations for action**. Biological Invasions, v. 8, p.3-11, 2006.

CALLOW, P.; PETTS, G. E. (eds). **The Rivers Handbook**. Vol 1 e 2, 1992.

CAMPHORA, A. L. **Justificativa de Criação da Reserva de Fauna do Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul**. Instituto Estadual Do Ambiente – INEA. 2009.

CARAMASCHI, E. P. et al. 1991. **Levantamento da Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul e Ciclo Reprodutivo das Principais Espécies, no Trecho**

Compreendido entre Três Rios e Campos. Vol II: Aspectos Reprodutivos da Ictiofauna. Rio de Janeiro: Furnas Centrais Elétricas S. A., 190p.

_____; ABREU, M.; LIMA, D.; VALENTIM, M.F.M.; 2102. **Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa: 15 anos de estudos da ictiofauna do rio Tocantins.** Rio de Janeiro: FURNAS.

CARVALHO C. E. et al. **Preliminary data on the distribution of pesticides in the Northeastern Rio de Janeiro State.** Rio de Janeiro: Laboratório de Ciências Ambientais - Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacases. 2000.

_____. et al. Seasonal variation of particulate heavy metals in the Lower Paraíba do Sul River. **Environmental Geology**, v. 37 (4). 1999.

CARAUTA, J.P.P. & ROCHA, E. de F.S. da. 1988. Conservação da flora no trecho fluminense da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. **Albertoa 1(11)**: 85-136.

CARAUTA, J.P.P. 1996. Moráceas do Estado do Rio de Janeiro. **Albertoa 4(13)**: 2

CASAL, C. M. V. Global documentation of fish introductions: the growing crisis and recommendations for action. **Biological Invasions**, v. 8, p.3-11. 2006.

CDB. Convenção sobre Diversidade Biológica. Panorama da Biodiversidade Global 3. 2010. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm.../gbo3_72.pdf. Acesso maio 2014

CMMDA. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

1988. **Nosso Futuro Comum. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 1ª ed. São Paulo. Editora da Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: www.fsma.edu.br/.../4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvi. Acesso Agosto 2014.

CHALONER, D. T. et al. Spatial variation in the effects of spawning Pacific salmon on southeastern Alaska streams. **Freshwater Biology**, v. 49, p 587–599. 2004.

CHESSMAN B. C.; TRAYLER K.M.; J.A. DAVIS. Family- and species-level biotic indices for macroinvertebrates of wetlands on the Swan Coastal Plain, Western Australia. **Marine and Freshwater Research**. v. 53(5). p.919-930.2002

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** Editora Edgard Blücher Ltda. 1980.

COLE, I.J.; B.L. PEIERLS, N.F.; CARACO, M.I. PACE. **Nitrogen loading of Rivers as a human driven processes.** p. 141-157 **apud** M.S. MC Donnell T.A. Pickett editors. **Human as components of ecosystems.** Nova Iorque: Springer. Verlag. 1993.

COLLIER, K.J.; WILCOCK, R.J.; MEREDITH, A.S. Influence of Substrate Type and Physico-chemical Conditions on Macroinvertebrate Faunas and Biotic Indices of Some lowland Waikato, New Zealand, streams. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 32. p 1–19. 1997.

CONVENÇÃO INTERNACIONAL SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA (CDB, 1992). 6ª Conferência das Partes (CDB COP-6, Decisão VI/23, 2002).

Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sbf.../cdbport_72.pdf. Acesso em junho 2014.

Center for Disease Control (CDC). **Facts About Cyanobacteria and Cyanobacterial Harmful Algal Blooms.** Disponível em: <http://www.cdc.gov/hab/cyanobacteria/pdfs/facts.pdf> . Acesso em 14 July 2009

CORREA, S. B. et al. Evolutionary Perspectives on Seed Consumption and Dispersal by Fishes. **Bioscience** v. 57, p. 748–756. 2007.

CAMPBELL, E. K. Beyond anthropocentrism. **Journal of the History of the Behavioral Sciences**, Malden, v.19, p.54-67, 1983. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2014000300004&script=sci_arttext&tlng=en. Visitado 15 outubro 2014

COELHO, V.M.B. 2012. **Paraíba do Sul: um rio estratégico**. 1.ed. Rio de Janeiro. Casa da Palavra.

COELHO, J. A. P. M.; GOUVEIA, V. V.; MILFONT, T. L. Valores humanos como explicadores de atitudes ambientais e intenção de comportamento pró-ambiental. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 199-207, jan./abr., 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2014000300004&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso Abril 2014

COSTA, G. (1994). **Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do rio Paraíba do Sul**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

COSGROVE D.E., PETTS G.I. (Eds). 1990. **Water, engeneering and landscape**. Belhaven, London.

COLE, I.J.; B.L.PEIERLS, N.F.; CARACO, M.I. PACE. **Nitrogen loading of Rivers as a human driven processes**. p. 141-157 **apud** M.S. MC Donnel T.A. Pickett editors. **Human as components of ecosystems**. Nova Iorque: Springer. Verlag. 1993.

CRUZ, Z.Q. **Mapeamento digital regional do uso e cobertura da terra em unidade de conservação a partir de imagens CBERS para apoio a gestão ambiental**. Projeto de Graduação – Faculdade de Engenharia Cartográfica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CUMMINS K.W., et al. Shredders and Riparian Vegetation. **Bioscience**, v.39, p. 24-30, 1989.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Ed. Bertrand Brasil. 2002.

DIEGUES, A.C.S. 1983. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar**. São Paulo. Atica.

DE ANGELIS, D.L. **Dynamics of nutrient cycling and food webs**. Chapman and Hall, London, England, 1992. Disponível em: <http://download.springer.com/static/pdf/174/bfm%253A978-94-011-2342-6%252F1.pdf?> . Acesso em: 03 de agosto de 2014.

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA, IB, USP. **Ecologia Do Zooplanton**. Portal de Ecologia Aquática. Disponível em:

<http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=167&Itemid=469>. Acesso em: 03 agosto 2014.

DIAMOND, J. M. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. *Science*, v.193, p. 1027-1032, 1976.

DNOCS, Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. Ministério da Integração Nacional. **Relatório das atividades desenvolvidas pela coordenação de pesca e aquicultura, durante o ano de 2002**. Dnocs, 2002.

DUDGEON, D. Endangered Ecosystems: a review of the conservation status of tropical asian Rivers. *Hydrobiologia*, v. 248, p 167-191. 1992.

DUNN, H. **Identifying and Protecting Rivers of High Ecological Value**. Land and Water Resources Research & Development Corporation. Occasional Paper No 01/00, 2000. Disponível em : <lwa.gov.au/files/products/river-landscapes/pr000186/pr000186.pdf>. Acesso em: 03 de agosto de 2009.

_____; **Macroinvertebrate communities and National Estate values of streams in the Arthur- Pieman catchments, North-West Tasmania**. Report of National States Grant Program Project, Department of Geography and Environmental Studies, University of Tasmania. 1998

DYNESIUS, M.; C. NILSSON. Fragmentation and flow regulation of Rivers systems in the northern third of the world. *Science*, v. 266, p. 753-762, 1994.

ECOLOGY. UHE Itaocara: **Estudo de Impacto ambiental**. CEMIG, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.uheitaocara.com.br/composite/.../site/.../RIMA.p>. Acesso Maio 2013.

EGLER, M. **Utilizando a Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos na Avaliação da Degradação Ambiental de Ecossistemas de Rios em Áreas Agrícolas**. 147p. Dissertação de mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2002.

ENGEVIX. 1996. UHE Simplício – **Estudo de Impacto Ambiental**.

_____; FURNAS, Rio de Janeiro. ENGEVIX/UFRJ. 1991. **Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies, no trecho compreendido entre Três Rios e Campos**. Volume 1 – Levantamento e distribuição da ictiofauna. Parte A. Furnas Centrais Elétricas S.A., Rio de Janeiro. 133 p. Disponível em: <www.hidro.ufrj.br/.../%5C...%5Crelatorios%5Cps-re->. Acesso Junho 2013.

ESGUICERO, A. L. H.; ARCIFA M. S. Fragmentation of a Neotropical migratory fish population by a century-old dam. *Hydrobiologia*, v. 638, p. 41–53, 2010.

ESPIRITO-SANTO, C.E., OYAKAWA, O.T., MANNA DE DEUS, J.R. & CAMARGO, F.A. (1997). **Manual de peixes da Serra da Mantiqueira, vale do Paraíba, SP com ocorrências na Fazenda São Sebastião do Ribeirão Grande, Pindamonhangaba**. Resumo apresentado no XII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 24-28 de Fevereiro, São Paulo.

ESTILIANO, OLIVEIRA, E. **Influências da Geomorfologia Fluvial na Distribuição das Assembléias de Peixes do Rio Paraíba do Sul**. 47 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

ELETROBRÁS. 2009. **O meio ambiente e o setor de energia elétrica brasileiro**. Coord. Ligia Maria Martins Cabral. Rio de Janeiro. Centro de Memória da Eletricidade no Brasil.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Surface water monitoring: A framework for change**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Policy Planning and Evaluation, 1987. Disponível em <www.epa.gov > ... > Monitoring & Assessment > Rivers Streams & Lakes>. Acesso em Junho 2014.

_____. **Water resources environmental planning (WREP) for water infrastructure planning and development implementation plan (WIPDIP) interim guideline for describing conservation values of waterways**. Version 1. State of Queensland: Environment Protection Agency, Brisbane, 1999. Disponível em: <research.jcu.edu.au/tropwater/resources/00%2012%20Scop%20Report,%>. Acesso Junho 2014.

ECOLOGY. UHE Itaocara: **Estudo de Impacto ambiental**. CEMIG, Rio de Janeiro, 2013.

EGLER, M. **Utilizando a Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos na Avaliação da Degradação Ambiental de Ecossistemas de Rios em Áreas Agrícolas**. 147p. Dissertação de mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2002.

ENGEVIX. UHE Simplício – **Estudo de Impacto Ambiental**. ENGEVIX/FURNAS, Rio de Janeiro.

_____. UFRJ. 1991. **Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo**. Disponível em: <www.hidro.ufrj.br/.../%5C..%5Crelatorios%5Cps-re>. Acesso Maio 2011.

ESGUICERO, A. L. H.; ARCIFA M. S. Fragmentation of a Neotropical migratory fish population by a century-old dam. **Hydrobiologia**, v. 638, p. 41–53, 2010.

ESTILIANO, OLIVEIRA, E. **Influências da Geomorfologia Fluvial na Distribuição das Assembléias de Peixes do Rio Paraíba do Sul**. 47 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

EXTOXNET. **The Extention Toxicology Network**. 1993. Disponível em: <http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/ghindex.html>. Acesso em: 03 agosto 2014.

FEEMA, 2003. **Relatório preliminar da avaliação de danos causados pelo acidente da fábrica de Papel Cataguazes à comunidade bentônica dos rios Paraíba do Sul e Pomba**. 18p. Disponível em: <www.feema.rj.gov.br>. Acesso em: 14 abril 2003.

_____. **Resultados preliminares do monitoramento da qualidade da água dos rios Pomba e Paraíba do Sul após acidente com a Cataguazes Celulose S.A.** 2003. Disponível em: <www.feema.rj.gov.br>. Acesso em: 14 abril 2003.

_____. 1979. **Diagnóstico ambiental do Estado do Rio de Janeiro**. FEEMSA, Rio de Janeiro.

FIPERJ – Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. **Relatório de Visita e Avaliação do Acidente Ambiental no Rio Paraíba do Sul, Trecho**

entre São Fidélis e São João da Barra. 2008. Disponível em: www.inea.antigo.rj.gov.br/.../RelatorioAcidenteServati Acesso julho 2013.

FLECKER, A. S. 1996. Ecosystem Engineering by a Dominant Detritivore in a Diverse Tropical Ecosystem. **Ecology**, v.77, p. 1845–1854, 1996. Disponível em: www.ecologia.ufrgs.br/~adrimelo/ecossistemas/Flecker1996.pdf. Acesso em: 03 agosto 2014.

_____; Habitat Modification by Tropical Fishes: Environmental Heterogeneity and the Variability of Interaction Strength. **Journal of the North American Benthological Society**, v.16, p. 286–295, 1997.

_____. Fish Trophic Guilds and the Structure of a Tropical Stream: Weak Direct Versus Strong Indirect Effects. **Ecology**, v. 73, p. 927–940, 1992.

_____ et al. Migratory Fishes as Material and Process Subsidies in Riverine Ecosystems. **American Fisheries Society Symposium**, v. 73, p. 559–592, 2010.

FAO (1984), Documents presented at the symposium on stock enhancement in the management of freshwater fish. Vol. 2, Introductions and transplantations. FAO, Budapest. Disponível em: www.fao.org/docrep/009/ae997b/ae997b00.htm. Acesso Abril 2014.

FLOTEMERSCH, J.E.; STRIBLING, J.B; PAUL, M.J. **Concepts and Approaches for the Bioassessment of Non-wadeable Streams and Rivers**. US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2006.

FREEMAN, M. C. et al. **Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by dams**. p 255–266 **apud** LIMBURG, K.E.; WALDMAN, J.R. Biodiversity, status, and conservation of the world's shads. **American Fisheries Society**, Symposium 35, Bethesda, Maryland, 2003

FUNDAÇÃO CHRISTIANO ROSA. **Plano da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul – UGRHI 02 – 2009-2012**. Financiamento: Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO. Dezembro de 2009. Disponível em: www.comiteps.sp.gov.br/.../27_01_2010_plano_e_bacias_2009_2012.p... Acesso Maio 2014.

FEEMA. **Relatório preliminar da avaliação de danos causados pelo acidente da fábrica de Papel Cataguazes à comunidade bentônica dos rios Paraíba do Sul e Pomba**. 18p. 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/.../Gerenciamento-de-riscos>. Acesso Agosto 2013.

_____. **Resultados preliminares do monitoramento da qualidade da água dos rios Pomba e Paraíba do Sul após acidente com a Cataguazes Celulose S.A.** 2003. Disponível em: www.feema.rj.gov.br. Acesso em: 14 abril 2003.

FIPERJ – Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. **Relatório de Visita e Avaliação do Acidente Ambiental no Rio Paraíba do Sul, Trecho entre São Fidélis e São João da Barra**. 2008. Disponível em: www.inea.antigo.rj.gov.br/.../RelatorioAcidenteServati. Acesso Maio 2013

FULGENCIO, A.G. 2004. **Levantamento da ictiofauna associada à foz principal do rio Paraíba do Sul e área marinha adjacente**. Monografia de Bacharelado em Ciência Biológicas. Universidade Estadual do Norte Fluminense. 23 p.

GALETTI, M. et al. Big fish are the best: seed dispersal of *Bactris glaucescens* by the pacu fish (*Piaractus mesopotamicus*) in the Pantanal, Brazil. **Biotropica**, v.40, p. 386–389, 2008.

GEHARDT, A. **Bioindicator Species and Their Use in Biomonitoring. Environmental Monitoring – Vol 1.** Encyclopedia of Life Support Systems. Disponível em: <[http://www.eolss.net/Eolss - sampleAllChapter.aspx](http://www.eolss.net/Eolss-sampleAllChapter.aspx)>. Acesso em: 19 Janeiro 2014.

_____; Environmental monitoring - Vol.I – Bioindicators species and their use in biomonitoring. **Encyclopedia of Life Support Systems.** Disponível em: <www.eolss.net/sample-chap>. Acesso em 03 Janeiro 2014.

GELELETE, G.J.A. **Classificação digital de uso da terra e cobertura vegetal de zona costeira em Araruama (RJ) a partir de imagens sensoriais.** Monografia de Graduação – Faculdade de Engenharia Cartográfica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

GISP - Programa Global de Espécies Invasoras. América do Sul invadida. A crescente ameaça das espécies exóticas invasoras. 80p, 2005.

GISD – **Global Invasive Species Database.** Disponível em: <<http://www.issg.org/database/>> Acesso em dezembro de 2009.

GIBSON, G.R.; BARBOUR, M.T.; STIBLING, J.B.; GERRITSEN, J. & KARR, J.R. 1995. **Biological criteria: Technical Guidance for streams and rivers.** Revised edition. U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C. 162p.

GOMES, J.S.P. et al. **Biodiversidade de interações entre vertebrados frugívoros e plantas da Mata Atlântica do sudeste do Brasil.** Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/pesquisa/projetos/biota/frugivoria/texto.html>>. Acesso em: 03 agosto 2014.

GOMES, W.A.; J.S.P.; LEVEY, D.; HASUI, E.; GOMES, V.S.M. **Biodiversidade de interações entre vertebrados frugívoros e plantas da Mata Atlântica do sudeste do Brasil.** Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/pesquisa/projetos/biota/frugivoria/texto.html>>. Acesso 12 Novembro 2013

GOMI, T.; SIDLE, R.C.; RICHARDSON, J.S. Understanding processes and downstream linkages of headwater streams. **BioScience**, v. 52, p.905–916, 2002.

GOMIERO, LM, MANZATTO, AG.; Braga, FMS. 2008. **The role of riverine forests for food supply for the omnivorous fish *Brycon opalinus* Cuvier, 1819 (Characidae) in the Serra do Mar, Southeast Brazil.** Braz. J. Biol. vol.68 no.2 São Carlos. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000200013>>. Acesso 12 de Agosto 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. 1998. Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ. Sub-regiões A, B e C. Recursos Pesqueiros. 44 p. Disponível em: <www.hidro.ufrj.br/.../..%5C..%5Crelatorios%5Cps-re->. Acesso Setembro 2013.

_____; 1999. Análise Ambiental (OSRE- 074-RO). Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Projeto BRA/96/017. SEMA/SERLA. 177 p + anexos. Disponível em: <www.hidro.ufrj.br/.../..%5C..%5Crelatorios%5Cps-re->. Acesso Setembro 2013.

GOSZ, J.R. 1980, **The influence of reduced streamflows on water quality**. In: W. O. Spofford, A. L. Parker & A. V. Kneese (eds.), *Energy development in the Southwest*. v. 2, Resources for the Future, Washington D.C., p. 3-48.

GUERRA, A.J.T. **A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos**. *Bahia Análise & Dados*, v. 13, n. Especial, p. 385-389, 2003.

GOSZ, J. R. **The influence of reduced streamflows on water quality**. apud SPOFFORD, W. O. ; PARKER, A. L.; KNEESE, A. V. (eds.). **Energy development in the Southwest**. v. 2, Washington D.C Resources for the Future, p. 3-48, 1980.

GOULDING, M. **Man and fisheries on an Amazon frontier**. The Hague: Dr. W.Junk, 1981.

_____; **The fishes and the forest**. Berkeley: University of California Press, 1980.

_____; CARVALHO, M.L; FERREIRA, E.G. **Rio Negro: rich life in poor water**. SBP Academic: The Hague, 1998.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ: Sub-regiões A, B e C. **Recursos Pesqueiros**. 44 p. 1998.

GUERRA, A.J.T. A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos. *Bahia Análise & Dados*, v. 13, n. Especial, p. 385-389, 2003.

_____; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2003.

HABTEC ENGENHARIA AMBIENTAL. **Levantamento do Potencial Pesqueiro dos cursos Médio Inferior e Baixo Paraíba do Sul**. Rio de Janeiro, 2007.

HESPAHOL, I. 1999. **Água e saneamento básico – uma visão realista**. p 249-303 In REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (eds). 1999. *Águas doces no Brasil: uso e conservação*. São Paulo. Escrituras Editora.

HENRY-SILVA, G.G; CAMARGO, A.F.M. 2000. Impacto do lançamento de efluentes urbanos sobre alguns ecossistemas aquáticos do município de Rio Claro (SP). *Revista Ciências Biológicas e do Ambiente*, 2(3): 317-330.

HILBORN, R.; WALTERS, C.J. Pitfalls of environmental baseline and process studies. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 2, p. 265-278, 1981.

HILSDORF, A.W.S.; PETRERE JR, M. Conservação de peixes na bacia do rio Paraíba do Sul. *Ciência Hoje*, v. 30 (180), p. 62-65, 2002.

HILTY, JODI A. 2006. **Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation**. Jodi A. Hilty, William Z. Lidiker Jr., and Andina M. Merelender. Island Press.

HILTY, J.; MERENLENDER, A. **Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health**. Berkeley, California: University of California, Division of Ecosystems Science. 1999. Disponível em: <<http://ucanr.org/sites/merenlender/files/143693.pdf>>. Acesso em: 05 agosto 2014.

HOLMLUND, C. M.; HAMMER, M. Ecosystem Services Generated by Fish Populations. **Ecological Economics**, v. 29, p. 253–268, 1999.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1. Rio de Janeiro, IBGE. 92p. 1992. Disponível em: <biblioteca.ibge.gov.br/.../ManuaisdeGeociencias/Manu>...Acesso 27 Maio 2014.

_____; **Dimensão Ambiental. Biodiversidade. Indicadores de desenvolvimento sustentável** - Brasil 2004. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br, http://www.mma.gov.br>. Acesso 27 Maio 2014

_____; Censo Demográfico 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/> Acesso Abril 2014.

_____; **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Dimensão Ambiental.** 2004. Disponível em: <seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op>. Acesso em 12 Abril 2014.

_____; 1996. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul.** Projeto BRA/96/017. Disponível em <http://www.hidro.ufrj.br/pqarj/paginas/36/..%5C..%5Crelatorios%5Cps-re-28.pdf>. Acesso junho 2013

ICMBio. 2011. **Plano de Ação Nacional para p Conservação das Espécies Aquáticas Ameaçadas de Extinção da Bacia do Rio Paraíba do Sul.** Carla Natacha Marcolino Polaz ... [et al.]; Organizadores: Carla Natacha Marcolino Polaz Polaz ... [et al.]. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2011. 140 p.: il. color; 29,7 cm. (Série Espécies Ameaçadas; 16)

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Justificativa de Criação da Reserva de Fauna do Domínio das Ilhas Fluviais do Rio Paraíba do Sul.** Disponível em: <http://www.faunabrasil.com.br/sistema/modules/news/article.php?storyid=1152> . Acesso em: 11 de maio de 2013.

INSTITUTO HÓRUS – Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental/The Nature Conservancy. Base de Dados sobre Espécies Exóticas Invasoras em I3N-Brasil. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br>, 2009. Acesso dezembro de 2009

IUCN. 2001. **IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission.** Gland, Switzerland and Cambridge, IUCN. Disponível em: www.iucnredlist.org › Resources › Categories and Criteria. Acesso Junho 2014.

JARAMILLO, U.; VILLA. **Efeito da Retificação de Rios sobre as Taxocenoses de Peixes: Estudo em Rios Costeiros de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Dissertação de Pós-Graduação – Instituto De Biologia, Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Programa De Pós-Graduação Em Ecologia (PPGE), Rio De Janeiro, 2010.

_____; CARAMASCHI E. Índices De Integridade Biotica Usando Peixes De Agua Doce: Uso Nas Regiões Tropical e Subtropical. **Oecol. Bras.**, v.12 (3), p.442-462, 2008.

JOINT NATURE CONSERVATION COMMITTEE. **Joint nature conservation committee**. Peterborough, 2014. Disponível em: <<http://jncc.defra.gov.uk/>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

JUNK, W.; SOARES, M.; SAINT-PAUL, U. **The fish**. p 385–408. **apud** JUNK, W. (ed) **The central Amazonian floodplain: ecology of a pulsing system**. Springer-Verlag, Berlin, 1997.

_____. et al. **The flood pulse concept in river-floodplain systems**. **apud** DODGE, D. P. (Ed.) **Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci.**, v. 106, p.110-127, Ottawa, 1989.

_____.; WANTZEN, K. M. **The flood pulse concept: New aspects, approaches, and applications—an update**. **apud** WELCOMME, R.; PETR, T. (eds). **Proceedings of the 2nd Large River Symposium (LARS)**, Pnom Penh, Bangkok: RAP Publication, p. 117–149, 2004.

KAGEYAMA, P. Y. **Restauração da Mata Ciliar: manual para a recuperação de áreas ciliares e microbacias**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.

KARR, J. R. Assessment Of Biotic Integrity Using Fish Communities. **Fisheries**, v.6(6), p. 21-27, 1981.

_____. Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management. **Ecological Applications**, v.1, p.66-84, 1991.

_____. Defining and measuring river health. **Freshwater Biology**, v.41(2), p.221–234, 1999.

_____.; KERANS, B. L. A Benthic Index Of Biotic Integrity (B-Ibi) For Rivers Of The Tennessee Valley. **Ecological Applications**, v.4, p.768-785, 1994.

KATANO, O. T. et al. Comparison of fish communities between above- and below- dam sections of small streams; barrier effect to diadromous fishes. **Journal of Fish Biology**, v.68, p.767-782, 2006.

KIKUCHI, R. M. & UIEDA, V. S. 1998. **Composição da comunidade de invertebrados aquáticos de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal**. In Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho (eds), p 157-172. **Ecologia de Insetos Aquáticos (Oecologia Brasiliensis vol V)** PPGE- UFRJ, Rio de Janeiro.

KINGSFORD, R.T. (ed) **A free-flowing river: the ecology of the Paroo River**. Hurstville: NSW Parks and Wildlife Service, 1999.

KUBITZKI, K.; A. ZIBURSKI. Seed dispersal in flood plain forests of Amazonia. **Biotropica**, v. 26, p. 30–43, 1994.

LACERDA, L.D. Contribution of a medium-sized tropical river to the particulate heavy-metal load for the South Atlantic Ocean. **The Science of the Total Environment**. 2001. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/scitotenv>. Acesso em: 06 agosto 2013.

LAMEGO, ALBERTO RIBEIRO. **O Homem E A Serra**. Rio De Janeiro: Ibge, 1950.

LAKE, P.S. **Of floods and droughts: river and stream ecosystems of Australia**. **apud** CUSHING, C.E.; CUMMINS, K.W.; MINSHALL, G.W. (eds)

River and stream ecosystems. **Ecosystems of the world**, n.22, p. 659–693, Elsevier, Amsterdam, 1995.

LATINI, A. O. et al. Alien fishes in lakes of the Doce river basin (Brazil): range, new occurrences and conservation of native communities. **Lundiana**, v. 5, n. 2, p. 135-142, 2004.

LAURANCE, W.F. Forest–climate interactions in fragmented tropical landscapes. **Phil. Trans. Roy. Soc. B**, n.359, p. 345–352, 2004.

LEITE, R. G. 2004. **A alimentação de juvenis de matrinxã, *Brycon amazonicum* (Pisces, Characidae), em áreas inundadas da Ilha de Marchantaria, Amazonas, Brasil.** Acta Amaz. vol.34 no.4 Manaus. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000400018>. Acesso 10 de agosto de 2014

_____; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. 2002. **Feeding of the *Brycon amazonicum*, *Triportheus elongatus* and *Semaprochilodus insignis* (Osteichthyes, Caraciformes), larvae in Solimões/ Amazonas river and floodplain areas.** Acta Amazonica 3(2):56-67. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v34n4/v34n4a18.pdf>. Acesso 10 de Agosto 2014.

LEGGETT W.C. The Ecology Of Fish Migrations. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v.8, p.285-308, 1977.

LESSARD, J. L.; R. W. MERRITT. Influence of marine-derived nutrients from spawning salmon on aquatic insect communities in southeast Alaskan streams. **Oikos**, v.113, p. 334–343, 2006.

LIMA, W. de P.L. & ZARKIA, M.J.B. 2000. **Hidrologia de matas ciliares.** In: R.R. Rodrigues & H. de F. Leitão-Filho (eds.). Matas ciliares: Conservação e recuperação. São Paulo, EDUSP/FAPESP. p. 33-44.

Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Edição por Angelo Barbosa; Monteiro Machado; Gláucia Moreira Drummond; Adriano Pereira Paglia. 1.ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas. 2v., 1420 p., 2008. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna.brasileira/livro-vermelho/volumeI/vol_I_parte1.pdf>. Acesso em: 03 agosto 2014.

LORENZI, H.; MENDONÇA DE SOUZA, Alfredo A.C. **Pré-História Fluminense.** Rio de Janeiro: INEPAC / SECC, 1981.

LOUZADA, M.A.P.; VIEIRA, C.M.; SOUZA, G. **A flora do Domínio das Ilhas Fluviais do Curso Médio Inferior do Rio Paraíba do Sul.** 2004. apud XXIII Jornada Fluminense de Botânica, Campos dos Goytacazes, RJ.

LOWE-MCCONNEL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** EdUSP, São Paulo, SP, 534p. 1999.

LUCAS, M. C.; E. BARAS. Migration of fresh water fishes. **Blackwell Scientific Publications**, Oxford, United Kingdom, 2001.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography.** Princeton: Princeton University, 203p., 1967.

MACKLIN, M.G., KLIMECK K. 1992. Dispersal, storage and transformation of metal-contaminated alluvium in the upper Vistula basin, southwest Poland. *Applied Geography* 12:7-30.

MADDOCK, I. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. **Freshwater Biology**, v. 41, n. 2, p. 373-39, 1999.

MALTBY, L. 1994. **Stress, shredders and streams: using gammarus energetics to assess water quality**. In: Sutcliffe, D.W. (ed.) Water quality & stress indicators in marine and freshwater systems: linking levels of organisation. Ambleside, UK, Freshwater Biological Association, p. 98-110. (FBA Special Publications, 4). Disponível em: <<http://aquaticcommons.org/5308/>>. Acesso Maio 2013.

MAKRAKIS, M. C. et al. Migratory movements of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, in the highly impounded Parana River. **Journal of Applied Ichthyology**, v.23, p.700–704, 2007.

MANNHEIMER, S., et al. Evidence for seed dispersal by the catfish *Auchenipterichthys longimanus* in an Amazonian lake. **Journal of Tropical Ecology**, v.19, p.215–218, 2003.

MARCH, J. G., et al. Damming tropical island streams: problems, solutions, and alternatives. **Bioscience**, v.53, p.1069–1078, 2003.

MARCOS, M.C., NOVAES, C. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1996. volume xxxiv numero. jan./jun. de 1996. Disponível em: <http://aplicacoes.jbrj.gov.br/publica/archivos_jb/Arquivos_do_Jardim_Botanico/per065170_1996_34_01r.pdf>. Acesso 5 Abril 2013.

MARCOLINO POLAZ, C.N. et al.; **Plano De Ação Nacional Para A Conservação Das Espécies Aquáticas Ameaçadas De Extinção Da Bacia Do Rio Paraíba Do Sul**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 140p., 2011.

MATEUS, L. A. de F.; ESTUPIÑÁN, G. M. B. Fish Stock Assessment of Piraputanga Brycon Microlepis in the Cuiabá River Basin, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.1, 2002.

MAZZONI, R. **Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa: 15 anos de estudos da ictiofauna do rio Tocantins**. Rio de Janeiro: FURNAS. 2012.

_____; CARAMASCHI, U. & WEBER, C. (1993), Taxonomical Revision Of The Species Of *Hypostomus Lacépède*, 1803 (Siluriformes, Loricariidae) From The Lower Paraíba Do Sul, State Of Rio De Janeiro, Brazil. **Revue Suisse De Zoologie**, 101, 3-18.

MELLO, C.S.B. (1997). **Classificação das estações de qualidade de água da bacia do rio Paraíba do Sul em função da análise de componentes principais**. Relatório Técnico, Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro.

MERONA, B. et al. Phenotypic plasticity in fish life-story traits in two neotropical reservoirs: Petit –Sault Reservoir in French Guiana and Brokopondo Reservoir in /Suriname. **Neotropical Ichthyology**, v.7 (4), p.683-692, 2009.

_____; VIGOUROUX, R.; TEJERINA-GARRO, F. L. Alteration of fish diversity downstream from Petit-Saut Dam in French Guiana: implication of ecological strategies of fish species. **Hydrobiologia**, v.551, p.33-47, 2005.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, v.60, 101-139, 1989.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis**. Washington, DC, 2005. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?q=MILLENNIUM+ECOSYSTEM+ASSESSMENT+Ecosystems+and+Human+Well-being> : Acesso Junho 2014.

Ministério do Meio Ambiente. **Fauna Ameaçada**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/esp%C3%A9cies-amea%C3%A7adas-de-extin%C3%A7%C3%A3o/fauna-amea%C3%A7ada>. Acesso em: 05 agosto 2014.

_____. Instrução Normativa nº 3, de 27 de maio de 2003. **Lista de espécies da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Seção 1101, p.88-97, 2003. Disponível em: <www.mma.gov.br/.../179_05122008033615.pdf>. Acesso Setembro 2013.

_____. Instrução Normativa nº 5, de 21 de Maio de 2004. **Lista Nacional de Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2004. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/in_mma_005_04_179.pdf> Acesso Setembro 2013.

_____. **Avaliação e identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2000. 404p. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Bio5.pdf>. Acesso Julho 2013.

Ministério de Minas e Energia. **PROJETO RADAM BRASIL**. Rio de Janeiro, 1983. Disponível em: <biblioteca.ibge.gov.br/.../Projeto%20RADAMBRASIL/Projeto%20RADA>. Acesso julho 2014.

_____. **PROJETO RADAM BRASIL**. Rio de Janeiro, 1985. Disponível em: <biblioteca.ibge.gov.br/.../Projeto%20RADAMBRASIL/Projeto%20RADA>. Acesso julho 2014.

Ministério do Turismo. 2006. **Regiões turísticas do Brasil 3819 municípios**. Brasil. Disponível em: <http://nute.ufsc.br/bibliotecas/upload/mapa_regionalizacao_do_turismo.pdf> Acesso Maio 2012.

MIRANDA- RIBEIRO, A.1902. Oito espécies do rio Pomba. **Bol. Soc. Nac. Agric.**, 8: não paginado.

ECOLOGUS. 1986. **RAS Aterro São Fidélis**. Secretaria do Ambiente. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=CdUkPBawjxgC&pg=PA141&lpg=PA141&dq=monasa+1986&source=bl&ots=14SDmi05> . Acesso Abril 2012.

MOLISANI, M.M. et al. Heavy Metals in Sediments of the Lower Paraíba do Sul River and Estuary, R.J., Brazil. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**, v.63, p. 682-690, 1999.

MONTGOMERY, D.R. Geology, geomorphology, and the restoration ecology of salmon. **GSA Today**, v. 14, n.11, 2004.

_____.;Process domains and the river continuum. **Journal of the American Water Resources Association**, v.36, p.397-410, 1999.

MUIRHEAD-THOMSON R.C. 1987. **Pesticide Impact on Stream Fauna with Special Reference to Macroinvertebrates**. Cambridge University Press.

NAIMAN, R.J., et al. **General Principles of Classification and the Assessment of Conservation Potential in Rivers**. 1992. apud BOON P.J.; CALOW, P.; PETTS, G.E. (eds). **River Conservation and Management**, p.93–123, Chicester: John Wiley, 1993.

NAKAMURA F.; ARAYA T.; HIGASHIS A. **Influence of river channel morphology and sediment production on residence time and transport distance**. apud **Erosion and sedimentation in the Pacific Rim**. IASA Publication n165, Wallingboard. V.K. (7.3). p 335, 1987.

NAKATANI, K.; BAUMGARTNER, G.; CAVICCHIOLI, M. **Ecologia de ovos e larvas de peixes**. apud AGOSTINHO, A. A.; VAZZOLER, A. E. de M.; HAHN, N. M. (eds.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná**. Maringá, PR: Eduem, p.281-306, 1997.

NATIONAL SURVEY OF FISHING, HUNTING AND WILDLIFE-ASSOCIATED RECREATION. Disponível em: <<https://www.census.gov/prod/2012pubs/fhw11-nat.pdf>>. Acesso Maio 2014.

NATORI, Y., CHENOWETH, R. 2005. Empowering nature conservation in Japanese rural areas: a planning strategy integrating visual and biological landscape perspectives. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 70, p.315-324, ISSN 0169-2046. Disponível em: www.intechopen.com/download/pdf/21538. Acesso Agosto 2014.

NATURAL HERITAGE CENTRE DATABASES, NATURE CONSERVANCY (NHCD). Disponível em: <www.consci.tnc.org>. Acesso em: 03 agosto 2014.

NATURAL HISTORY MUSEUM. **Natural History Museum**. Londres, 2014. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/index.html>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

NESSIMIAN, J.L. et al. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v.614, p.117–131, 2008.

NETO, R.S.M. **Mapeamento digital do entorno da Baía de Guanabara em suporte à análise ambiental**. Monografia de Graduação – Escola de Engenharia Cartográfica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

NEVES, R.J. et al. **Status of aquatic mollusks in the southeastern United States: a downward spiral of diversity**. p.43-85. apud **Aquatic fauna in peril: the southeastern perspective**. BENZ, W.G.; COLLINS, D.E. (eds). Georgia: Southeastern Aquatic Research Institute, Lenz design and Communications.

NEWBOLD, J.D., et al. Nutrient spiraling in streams: implications for nutrient and invertebrate activity. **American Naturalist**, v.120, p.628–652, 1982.

_____; ELWOOD, J. W.; O'NEILL. Measuring Nutrient Spiralling in Streams. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Vol. 38, No. 7 : p. 860-863, 1981. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/f81-1141>>. Acesso em 03 agosto 2014.

NIIMI A.J. **PCB in Aquatic organisms**. 1996. **apud Environmental contaminants in wildlife interpreting tissue concentrations**. BEYER, W.N.; HEINZ, G.H.; REEDMON-NORWOOD, A.W. (eds). Nova Iorque: Lewis Publishers, p.117-152, 1996.

NOMURA, H. 1977. **Ictiologia e piscicultura**. São Paulo. Nobel

NUNANN, G.W., CARDOSO L.W., & BANDEIRA, W.D. (1983), Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul. Trecho Represa do Funil - Cidade de Barra do Piraí, Estado do Rio de Janeiro. Resumo apresentado no X Congresso Brasileiro de Zoologia, 10-14 de março, Belo Horizonte.

Nutrient Spiraling Handout. Disponível em: <http://limnology.wisc.edu/courses/zoo548/Nutrient%20spiraling_handout.pdf>. Acesso em: 03 agosto 2014.

O'BRIEN, W.J. **Perspective on fish in reservoirs liminology**. p.209-225. **apud Reservoir Liminology: Ecological Perspectives**. THORNTON, W.K.; KIMMEL, L.B.; PAYNE, E.F. (Eds.). Nova Iorque: A Wiley Interscience, 1990.

ODUM, E. P. Trends expected in stressed ecosystems. **BioScience**, v.35, p.419-422, 1985.

O'KEEFE. Conserving rivers in southern Africa. **Biological Conservation**, v.49, p.255-274, 1989.

OLIVEIRA A.; RESENDE, D. C.; LATINI R. O. **Distribuição do Andirá (Hemichilus Wheatlandii Garman, 1890) na Bacia do Rio Santo Antônio**. Atualização do Modelo e Análise. Global Bank. Rio das Velhas Consultoria Ambiental. 2008.

OLIVEIRA, E. S. **Indicadores geoambientais de qualidade das águas na bacia do Córrego Sujo, médio vale do Rio Paraíba do Sul, Teresópolis (RJ)**. Elba dos Santos de Oliveira.- Niterói: [s.n.], 2007. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/.../0512.pdf>>. Acesso Março 2013.

O'NEILL, R. V.; JOHNSON, A. R.; KING, A. W. **A hierarchical framework for the analysis of scale**. *Landscape Ecol.*, v.3, p.193-205, 1989.

O'BRIEN, W.J. 1990. **Perspective on fish in reservoirs liminology**. p.209-225 in: K.W.Thornton; B.L.Kimmel & F.E. Payne (Eds.). *Reservoir Liminology: Ecological Perspectives*. A Wiley Interscience, New York.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Série de Informes Técnicos. n.778. **Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura: Informe de Un Grupo Científico de la OMS**. 1989. Disponível em: <<bvsms-bases.saude.bvs.br/.../ms/?>>. Acesso Março 2013.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE (OPAS). Informe de La Comisión de Salud Y Medio Ambiente de la OMS. **Nuestro Planeta, Nuestra Salud**. Washington: Publicación Científica n.544, 1993. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/.../0512.pdf>. Acesso Março 2013.

P.A.CARLING. **In-stream Hydraulics and Sediment Transport: The Rivers Handbook**. Hydrological And Ecological Principles. Peter Callow and Geoffrey E. Petts editors. v.1, 1994.

PARTE C.; ALBAIGES J. Bioaccumulation patterns of hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in bivalves crustaceans and fishes. **Archives. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 26, p. 273, 1994.

PEREIRA, M.F.M. **Mapeamento digital de zona urbana em Teresópolis (RJ), adjacente ao Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), a partir de imagens IKONOS II**. Monografia de Graduação – Escola de Engenharia Cartográfica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PERES, F. **É veneno ou é remédio? Os desafios da comunicação rural sobre agrotóxicos**. Dissertação de mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

PETREIRE, Jr. M. Yeild per recruit of the tambaqui, *Colossoma macropomum* Curvier, in the Amazonas State, Brazil. **J. Fish Biol.**, 22: 133-144, 1983.

PETREIRE, M. J.; WELCOMME, R. L.; PAYNE, A. I. Comparing river basins world-wide and contrasting fisheries in Africa and central Amazonia. **Fisheries Management and Ecology**, v.5, p.97-106,1998.

PETTS. G.E. **Rivers: Dynamic Components of Catchment Ecosystems: The Rivers Handbook**. Hydrological And Ecological Principles. Peter Callow and Geoffrey E. Petts editors, Volume II, 1994.

_____;MADDOCK, I. **Flow allocation for river needs**. apud CALLOW, P.; PETTS, G. **The Rivers Handbook**. (eds). Oxford: Blackwell Science, p. 289-307, 1994.

_____; MOLLER H.; ROUX A.L. (eds). **Historical Change of a Large Alluvial Rivers: Western Europe**. Chichester: John Willey & Sons, 1989.

PINHEIRO, T.C. **Mapeamento digital do município de São João da Barra (RJ) com suporte de imagens IKONOS e dados GPS, como requisito para revisão do plano diretor municipal**. Monografia de Graduação – Escola de Engenharia Cartográfica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PINTO, B. C. T.; PEIXOTO, G.M.; ARAÚJO, G.F. Effects of the proximity from an industrial plant on fish assemblages in the rio Paraíba do Sul, southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.4(2), p.269-278, 2006.

POMPEU, P.S.; VIEIRA, F. **Avaliação do impacto da operação de pequenas centrais hidrelétricas: I – Variação do nível fluviométrico a jusante da casa de força**. Piracema – Bol. Inf. Do Grupo de Avaliação de Impactos sobre a Ictiofauna, SBI 1(1): 4-5, 2002.

POOLE, G.C. Fluvial Landscape Ecology: Addressing uniqueness within the river discontinuum. **Freshwater biology**, v.47, p. 641-660, 2002.

POWER, M.E.; DIETRICH, W.E. Food webs in river networks. **Ecological Research**, n. 17, 2002, p. 451-471.

_____ et al. Hydraulic food-chain models: an approach to the study of food-web dynamics in large rivers. **BioScience**, v.45, 1995 p.159–167.

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. Madison: Sinauer Assoc., 1993, 564p.

PRINGLE, C. M. Exploring how disturbance is transmitted upstream: going against the flow. **Journal of the North American Benthological Society**, v.16, 1997, p. 425–438.

_____ et al. Patch dynamics in lotic systems: the stream as a mosaic. **Journal of the North American Benthological Society**, v.7, 1988, p.503–524.

Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy. Art.3, Vol. 11, 2006. Disponível em: <<http://scholarworks.umass.edu/soilsproceedings/vol11/iss1/3>>. Acesso em: 03agosto 2014.

PROENÇA V.; PEREIRA H. M. **Comparing Extinction Rates: Past, Present, and Future**. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2013. Disponível em: <http://theoeco.fc.ul.pt/publications/Proenca_2013_EncyclopediaBiodiversity.pdf>. Acesso em: 05 agosto 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Conferência para a Adoção da Convenção de Diversidade Biológica**. Nairobi, 1992. Disponível em: <www.qqa.com.br/.../PUBLICADO%20-%20Nagoya%20>. Acesso julho 2014.

RAVEN, P.J., et al. **River Habitat Quality: the physical characteristics of rivers and streams in the United kingdom and Isle of Man**. Bristol: Environment Agency, 1998.

RAVEN, J.A. The twelfth Tansley Lecture. Small is beautiful: the PICOPHYTOPLANKTON. **Functional Ecology**, v.12, 1998, p.503–513. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2435.1998.00233.x/abstract>>. Acesso em: 20 agosto 2014.

REASER, J. K.; GALINDO-LEAL, C.; ZILLER, S. R. **Visitas indesejadas: a invasão de espécies exóticas**. apud GALINDO-LEAL, C; CÂMARA, I.D.G. (Eds.). **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. São Paulo: Fundação S.O.S. Mata Atlântica; Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (eds). **Águas doces no Brasil: uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

REID, W.S. Strategies of conservation Biodiversity. **Environment**, v.39 (7),1997, p.16-43.

_____; K. R. MILLER. **Keeping Options Alive**. World Resources Institute, Washington, DC, 1989.

REYNOLDS, C.S. **Eutrophication and the management of planktonic algae: What Vollenweider couldn't tell us**. In: Sutcliffe, David W. and Jones, J.

Gwynfryn (eds.) Eutrophication: research and application to water supply. Ambleside, UK, Freshwater Biological Association, 1992, p. 4-29. (FBA Special Publications,3). Disponível em: <<http://aquaticcommons.org/5285/>>. Acesso: abril 2014.

REYS, P.; SABINO, J.; GALETTI, M.. Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil. **Acta Oecologica**, v.35, 2009, p.136–141.

RICKETTS, T., M. IMHOFF. 2003. Biodiversity, urban areas, and agriculture: locating priority ecoregions for conservation. **Conservation Ecology** 8(2): 1. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol8/iss2/art1/>>. Acesso Maio 2014

RICCIARDI, A. Global range expansion of the Asian mussel *Linnoperma fortunei* (Mytilidae): another fouling threat to freshwater systems. **Biofouling**, v.13,1998, p.97-106.

_____; NEVES, J.R.; RASMUSSEH, B.J. **Impeding extinctions of North America freshwater mussels (unionoida) following the zebra mussel (dreissena polymorpha) invasion**. Journal of Animal Ecology, v.67, 1998, p.613-619.

RICE, S.P.; GREENWOOD, M.T.; JOYCE, C.B. Tributaries sediment sources and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.58,2001, p.824-840.

Rivers Handbook: **The Science and Management of River Environments** (Google eBook). Peter P Callow. John Wiley & Sons, Jul 8, 2009 - Technology & Engineering - 536 pages. Disponível em : <[ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. **Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do alto Paraná, centro-sul do Brasil**. apud NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 133-151.](http://books.google.com.br/books?id=ZWbIDRD6nOUC&pg=PA26&lpg=PA26&dq=>=>>. Acesso 4 Maio 2004.</p>
</div>
<div data-bbox=)

RODRIGUES, A.S.L; CASTRO, P.T.A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, 2008, p. 161-170.

_____; CASTRO, P. T. A.; MALAFAIA, G. **Utilização Dos Protocolos De Avaliação Rápida De Rios Como Instrumentos Complementares Na Gestão De Bacias Hidrográficas Envolvendo Aspectos Da Geomorfologia Fluvial: Uma Breve Discussão**. Goiânia: Centro Científico Conhecer – Enciclopédia Biosfera, v.6, n.11, 2010, p.4-5.

_____; MALAFAIA, G.; CASTRO, P.T.A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. **Sabios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 5, n. 1 ,2010, p. 26-42.

_____; NAVE, A.G. **Heterogeneidade florística das Matas Ciliares**. 2001. apud RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. (eds.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2ª ed., p.45-72.

_____; SHEPHERD, G.J. **Fatores condicionantes da Vegetação Ciliar.** 2001, p. 101-107. **apud** RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** São Paulo: EDUSP.

ROUGHGARDEN, J., S. GAINES, AND H. POSSINGHAM. Recruitment dynamics in complex life cycles. **Science** v 241. 1988, p.1460-1466.

RUTHERFURD, I.D., et al. **Research and Development Needs for River Restoration in Australia.** LWRRDC, Canberra, 1998.

SALGADO, F.G.A. et al. **O salvamento de uma espécie em extinção: A conservação da piabanha (Brycon Insignis) na bacia do rio Paraíba do Sul.** Relatório Técnico da CESP-Conpanhia Energética de São Paulo, 1997, 28p.

SALOMÃO, M.S.M.B. et al. Particulate heavy metal transport in the lower Paraíba do Sul River basin, Southeastern, Brazil. **Hydrol. Process**, v.15, 2001, p. 587–593.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? **Ciência & Ambiente**, v. 21, 2000, p. 57-68.

SILVA, A.M.G. **Relações entre paisagens ambientais (mata atlântica e pastagens) e a biogeoquímica de c, n e p em águas superficiais na bacia do rio Imbé, RJ.** Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, 2012.

SILVA, C.F. et al. **Bloom de algas no rio Paraíba do Sul: Um estudo de caso.** In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 2003, Juíz de Fora, Minas Gerais. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Limnologia**, 25 de julho de 2003.

SILVA, W.R. et al. **Biodiversidade de interações entre vertebrados frugívoros e plantas da Mata Atlântica do sudeste do Brasil.** Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/pesquisa/projetos/biota/frugivoria/texto.html>>. Acesso em: 03 agosto 2014.

SILVEIRA, M.P., et al. Aplicação de medidas biológicas para avaliação de integridade de rios no sudeste brasileiro. **Resumo do IX Congresso Brasileiro de Limnologia Juiz de Fora – RJ**, 2003.

SIQUEIRA, R. M. B.; SILVA, G. H. **A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais.** Boletim da Associação Brasileira de Limnologia – v. 39(2), 2011.

SOARES, M.C.S.; HUSZAR, V.; ROLAND, F. **A influência da ação antrópica sobre o fitoplâncton dos rios Paraibuna e Pomba.** IX CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, Juiz de Fora, Minas Gerais. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Limnologia**, 25 de julho de 2003.

SOS Mata Atlântica/INPE/ISA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 1995 - 2000.** Relatório Final. dig. 46p. 2002.

SOUZA, G. **Reprodução Induzida, Ontogenia Inicial, Etologia Larval e Alevinagem da Piabanha (Brycon Insignis, Steindachner, 1877).** Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004.

_____. et al. **Diagnóstico da cadeia produtiva pesqueira e seus Impactos na Fauna Aquática no Domínio das Ilhas Fluviais do curso Médio Inferior do rio Paraíba do Sul.** Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ, v.3, n.2, 2009, p. 51-60.

_____. et al. **Relações Entre Fatores Ambientais e a Distribuição de Ovos e Larvas de Peixes na região do domínio das Ilhas Fluviais.** XIII MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UENF, Rio De Janeiro, Brasil. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, 2013.

SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais.** Parte 1: Manual, FAO, 1997, 404p.

STARKEL I. et al. **Temperature Palaeohydrologic.** John Wiley & Sons, Chisceter. 1991.

STATZNER, R.B.; B. HIGLER. Questions and Coments on the river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.37,1985, p.130 – 137.

STEWART G.S.A.B. **Invivo bioluminescence: New potentioals for microbiology.** Letters in Applied Microbiology. 1990.

SUCMAN, E. et al. Fish – **Useful Bio-Indicators For Evaluation Of Contamination In Water Ecosystems: Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy.** The Berkeley Electronic Press, v. 11, Art. 3, 2006. Disponível em: <<http://scholarworks.umass.edu/soilsproceedings/vol11/iss1/3>>. Acesso 03 agosto 2014.

SVOBODOVÁ et al. Profiles of PCBs in Tissues of Marketable Common Carp And Bottom Sediments of Selected Ponds in South and West Bohemia. **Acta Vet. Brno**, v.73, 2004, p.133-142.

SWEETING, R.A.. River pollution: **The Rivers Handbook. Hydrological And Ecologycal Principles.** Peter Callow and Geoffrey E. Petts editors, v.2, 1994.

TARLÉ, J.P.N. (Ed.) **Cambuci.** Coleção Perfis Municipais. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação, Rio de Janeiro, 1988.

TAVARES, L.H.S.; ROCHA, O. **Produção de plancton, zooplancton e fitoplancton para alimentação de organismos aquáticos.** São Carlos: RIMA, 2001.

THORP, J.H.; CASPER, A.F. Importance of biotic interactions in large rivers: an experiment with planktivorous fish, dreissenid mussels, and zooplankton in the St. Lawrence. **River Research and Applications** 19: 2003, p. 265–279.

_____.; DELONG, M.D. Dominance of autochthonous autotrophic carbon in food webs of heterotrophic rivers? **Oikos** 96: 2002, p.543-550.

_____.; DELONG, M.D..The riverine productivity model: an heuristic view of carbon sources and organic processing in large river ecosystems. **Oikos** 70: 1994, p.305-308.

_____.; THOMS, M.C.; DELONG, M.D. The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time. **River Research & Applications**, v. 22, 2006, p.123-147.

THOMS, M.C.; PARSONS, M. **Eco-geomorphology: an interdisciplinary approach to river science**. International Association of Hydrological Sciences 276. 2002, p. 113–120.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (UNEP). **World conservation monitoring center: Conservation dashboard for United Kingdom**. , 2014. Disponível em: <<http://www.unep-wcmc.org/>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

US FISH & WILDLIFE SERVICE. **National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation**. 2011. Disponível em: <<http://www.census.gov/prod/2012pubs/fhw11-nat.pdf>>. Acesso em: 03 agosto 2014.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF. **Relatório técnico sobre o derramamento do efluente da indústria de papéis Cataguazes nos rios Pomba e Paraíba do Sul**. 50p, 2003.

UPGREN, A. **The Development of an Integrated Ecological Assessment of the Headwaters of the Araguaia River**, Goiás, Brazil. Dissertação de Mestrado – University of Duke, 2004.

US FISH & WILDLIFE SERVICE. **National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation**. 2011. Disponível em: <<http://www.census.gov/prod/2012pubs/fhw11-nat.pdf>>. Acesso em: 03 agosto 2014.

VANNI, M. J. Nutrient cycling by animals in freshwater ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.33, 2002, p.341–370.

VANNOTE R. L. et al. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of fish and Aquatic Science**, v.37, 1980, p.130-136.

VAZZOLER, A.E.A.M.; LIZAMA, M.A.P.; INADA, P. **Influências ambientais sobre a sazonalidade reprodutiva**. 1997, p.267-280. **apud** VAZZOLER, A.E.A.M. et al. Geomorphology and fish assemblages in Piedmont river basin, USA. **Freshwatwer Biology**, v.48,2003, p.1950 – 1970.

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A.. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, IBGE, 124p. **Instituto Agrônômico do Norte** 24,1991, p. 1-44.

VILLA U. J; CARAMASCHI E. P. Indices De Integridade Biotica Usando Peixes De Agua Doce: Uso Nas Regioes Tropical E Subtropical. **Oecol. Bras.**, v.12 (3), 2008, p.442-462.

WALTERS, D.M.; LEIGH, D.S.; FREEMAN, M.C.; FREEMAN, B.G. and PRINGLE, C.M. Geomorphology and fish assemblages in Piedmont river basin, USA. **Freshwatwer Biology**, 48, 2003, p. 1950-1970.

WARD, J.V. Riverine Landscapes: Biodiversity Patterns, Disturbance Regimes, and Aquatic Conservation. **Biological Conservation**, v.83, n3, 1998,p 269-278.

_____.; MONTGOMERY, D.R. Process domains and the river continuum. **Journal of the American Water Resources Association**, v.36,1999, p.397-410.

_____.; STANFORD, J.A.. **Ecology of regulated streams: past accomplishments and directions for future research**. 1987, p. 391-409. J.F.

Craig and J.B. Kemper. (Eds.). *Regulated Streams: advances in ecology*. New York, Plenum Press.

WEBSTER, J.R.; WAIDE, J.B.; PATTEN, B.C. **Nutrient cycling and the stability of ecosystems**. p 1-27, 1975. **apud** HOWELL, F.G; GENTRY, J.B.; SMITH, M.H. (Eds). Disponível em: <http://www.faculty.biol.vt.edu/webster/publications_update_2013.html>. Acesso em: 05 agosto 2014.

WELCOMME, R. L. **River fisheries**. FAO Fisheries Technical Paper, n262, 1985.

WELLBORN, G. A.; SKELLY, D. K.; WERNER, E. E. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.27, 1996, p.337-363.

WHO (World Health Organization). **Report of the WHO informal consultation on schistosomiasis control**. 1998. Disponível em: <http://www.who.int/ctd/schisto/99_2en.pdf>. Acesso em: 05 agosto 2014.

_____; (2006a). **Guidelines for Safe Recreational Water Environments**. Vol.2 Chapter 3. Retrieved December 9, 2009. Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/bathing2/en/. Acesso agosto 2014

WIPFLI, M. S. et al. Marine subsidies in freshwater: salmon carcasses increase the growth rates of stream-resident salmonids. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.132, 2003, p.371–381.

_____; HUDSON, J. P; CAQUETTE, J. P. Influence of salmon carcasses on stream productivity: response of biofilm and benthic macroinvertebrates in southeastern Alaska, U.S.A. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.55,1998, p.1503–1511.

WRIGHT, J.F. Development and use of a system for predicting the macro-invertebrate fauna of flowing waters. **Australian Journal Ecology**, v.20(1), 1995, p.181–197.

_____. et al. Prediction of invertebrate communities using stream measurements. **Regulated Rivers Research and Management**, v.4, 1989, p.147–155.

ZAMORA-MUNOZ C.; SANCHEZ-ORTEGA, A.; ALBA-TERCEDOR. Physico-chemicals factors that determine the distribution of mayflies and stoneflies in a high-mountains stream in Southern Europe. **Aquatic insects**, v.15 (1), 1993, p.11-20.

ZUNTINI, D.; VICENTIN, W. ; COSTA F. E. S.; MARQUES, S. P ; BARBOZA, E. G. **Alimentação natural da Piraputanga, Brycon hilarii (Teleostei- Characidae) no Rio Miranda, Município de Jardim, MS - Projeto Piracema**. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/aspects/pdf/bioticos/601RB-ZUNTINI_1_OK31Visto.pdf>. Acesso 10 de Agosto de 2014.

16

Anexo

Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental

Departamento de Engenharia Civil

Programa de Pós-Graduação de Engenharia Urbana e Ambiental

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Pesquisa de Campo – Entrevista

Dissertação: “Domínio das Ilhas Fluviais: um segmento relativamente conservado no degradado Rio Paraíba do Sul.”

Pesquisador: Luiz Felipe Daudt de Oliveira

Orientador: Felipe Guanaes Rego

Observação: as perguntas foram respondidas sem um limite de tempo determinado, para que o entrevistado se sentisse à vontade.

Entrevistado: Winer Vieira Alves, vulgo Nino (ex-pescador artesanal e atual dono de peixaria e restaurante).

Como a fauna de peixes e crustáceos se apresenta atualmente, considerando todas as formas de impactos ambientais que observamos no Paraíba do Sul e aqui na região do Domínio das Ilhas Fluviais?

- O peixe está voltando, devagar, o camarão também, mas nunca mais voltou ao estado em que comecei a pescar profissionalmente com meu pai e irmãos.

Quando o peixe começou a escassear? Desde quando você pesca e como era a pescaria na época do seu pai e dos pescadores mais velhos? Fale em datas, como as décadas de 50, 60, 70, 80.

- A pescaria piorou depois dos dois últimos desastres, o da Cataguazes e o da Servatis, aquela do endosulfan. Pesco desde menino, tem mais de 30 anos. Quando comecei, tinha muito mais peixe e camarão. Escutei alguns pescadores antigos e alguns já faleceram. Até 1970, eles diziam que era fartura e, quanto mais para trás, mais peixe tinha. Minha experiência no Paraíba pode-se dizer que começou no final da década de 70, mas tinha bastante peixe.

Quais os peixes mais comerciais e quando e porque começaram a rarear?

- A carpa, que, na realidade é o curimbatá. Mas todos chamam de carpa. Tem a piabanha, o dourado, o caximbau (cascudo), o piau, o robalo, a tainha... começaram a rarear por causa da degradação, da poluição, do aumento do número de pescadores comerciais e esportivos. Muitos vêm de fora e não respeitam o rio, fazem pesca predatória e não existe fiscalização nem repressão.

Como você percebe o pescador artesanal, amador e esportivo diante da conservação de espécies nativas?

- Existem os sérios e os abusados, né? Como o ser humano, em todas as áreas. Mas conservação aqui é uma palavra que entrou na cabeça deles faz pouco tempo. Falta ser assimilada e exercida.

Qual a sua percepção em relação aos impactos de empreendimentos hidrelétricos? Você considera que eles trazem prosperidade para os municípios afetados?

- Acho um problema sério. A vazão do rio mudou e o peixe sente. Mas talvez lá para cima seja muito pior, porque próximo daqui só existe a hidrelétrica de Pombos e o peixe tem mais espaço, além de entrar nos afluentes como os rios Pomba, Grande, Muriaé. Mas já estão construindo hidrelétricas novas e sei que muitas outras vão sair do papel. A de Itaocara já ganhou a licença do IBAMA. Essa história de prosperidade para os municípios afetados é conversa fiada.

O fluxo de água do Rio Paraíba do Sul era maior?

- Com certeza era maior. As hidrelétricas seguram a água.

Existe alguma ação de recuperação das espécies nativas de peixe na Bacia do Rio Paraíba do Sul?

- Conheço o trabalho do Projeto Piabanha e também procurei ajudar da melhor maneira possível. Cheguei a ser vice-diretor. É um trabalho sério, com pesquisa científica, universidades, mobiliza colégios, pessoas como crianças, jovens e adultos também. Conservam espécies ameaçadas e trabalham com repovoamento. Amanhã, se acontecer alguma coisa muito séria e acabar o peixe, eles têm lá no banco.

Qual foi o vazamento de contaminantes mais significativo, na sua opinião?

- O da Cataguazes Papel, que veio do Pomba, foi uma coisa terrível. O endosulfan da Servatis matou tudo e conseguiu ser muito pior.

O peixe reapareceu depois dos vazamentos?

- Estão aparecendo, aos pouquinhos. Já dá pra ter alguma esperança.

Em que ano você montou a peixaria? Naquela época era muito melhor?

- Montei a peixaria tem uns 20 anos, talvez. Naquela época tinha muito mais peixe.

Como dono de um restaurante numa ilha linda, que aos poucos se transforma em pousada, você acha que o turismo tem lugar aqui?

- É claro que sim! Aqui tenho muitos clientes que não pescam e gostam da beira-rio, contemplar a natureza, almoçar num lugar rústico e bonito. O aumento de clientes de ano para ano é significativo. O turismo é mais promissor economicamente que a pesca profissional e amadora.

Você comprava tudo dos pescadores locais? Existe respeito em relação à piracema, a tamanho mínimo, à proteção dos grandes exemplares e ao pesque e solte, como fazem os pescadores esportivos? Como é a revenda no mercado de Campos?

- Costumo comprar dos pescadores locais. Mas também vou a Campos. A piracema é mais ou menos respeitada, mas ninguém liga para tamanho mínimo. E com peixe grande o sujeito vende e consegue mais dinheiro. Os pescadores amadores não soltam peixe grande, querem mostrar para os parentes e amigos. Em Campos, tem gente que respeita e gente que vende filhote de peixe nas bancadas.

DECLARAÇÃO

Eu, Winer Vieira Alves, portador da identidade nº 090 22243-1, DETRAN Itaocara, autorizo a publicidade do conteúdo da entrevista realizada pelo pesquisador Luiz Felipe Daudt de Oliveira, portador da identidade nº 2 050 748

(IFP), para fins da conclusão da Tese de Dissertação do Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil; do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Urbana e Ambiental da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Itaocara, 23 de Fevereiro de 2014.

Assinatura do entrevistado.