

Vol. II

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes | Prof. Dr. Paulo Fortes Neto
ORGANIZADORES

Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

ORGANIZADORES

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Vol. II



Taubaté-SP | 2018

Expediente**Administração Superior**

Reitor: Prof. Dr. José Rui Camargo
Vice-reitor: Prof. Dr. Isnard de Albuquerque Câmara Neto
Pro-reitor de Extensão: Profa. Ma. Angela Popovic Barbare

edUNITAU

Diretor Presidente: Prof. Dr. José Rui Camargo

Conselho Editorial

Presidente: Prof. Dr. Mario Celso Peloggia
Diretor Editorial: Profa. Ma. Ana Beatriz Rodrigues Pelógia
Coordenadora Editorial: Márcia Maria de Moura Ribeiro

Revisão

Profa. Ma. Andreia Alda de Oliveira Ferreira – GELP-UNITAU
Profa. Ma. Adriana Milharezi Abud – GELP-UNITAU
Profa. Ma. Roseli Hilsdorf Dias Rodrigues – GELP-UNITAU
Profa. Ma. Sílvia Regina Ferreira Pompeo Araújo – GELP-UNITAU

Projeto Gráfico

ACOM-NDG
Diagramação: Karina R. Dias
Capa: Rodrigo Abreu

Colaboração

Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi UNITAU
Coordenação: Márcia Maria de Moura Ribeiro

**Ficha catalográfica elaborada por Maria Aparecida Lemos de Souza
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

F738c

Fortes, Nara Lucia Perondi.
Ciências Ambientais / Nara Lucia Perondi Fortes (org.);
Paulo Fortes Neto (org.). - Taubaté Unitau, 2018. V. II.
257p. : il.

ISBN: 9788595610378

1. Ciências Ambientais. 2. Impacto ambiental.
I. Paulo Fortes Neto (org.). I. Título.

CDD - 363.7

Índice para Catálogo Sistemático
1. Ciências Ambientais 363.7
2. Impacto Ambiental 363.714

Copyright © by Editora da UNITAU, 2018

Nenhuma parte desta publicação pode ser gravada, armazenada em sistema eletrônico, fotocopiada, reproduzida por meios mecânicos ou outros quaisquer sem autorização prévia do editor.

COMITÊ EDITORIAL

Eduardo Sonnewend Brondizio

Indiana University Bloomington

Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Universidade de Lisboa

Maria da Graça Ribeiro Campos

Universidade de Coimbra

Nelson Wellausen Dias

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ofélia Maria Serralha dos Anjos

Instituto Politécnico de Castelo Branco

Silvio Jorge Coelho Simões

Universidade Estadual Paulista

**Programas de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPCA) -
Acadêmico e Profissional**

Coordenador Geral

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Coordenadora Adjunta do PPCA - Acadêmico

Profa. Dra. Ana Aparecida da Silva Almeida

Linha de Pesquisa 1:

**Composição e Processos Estruturantes de Bacias
Hidrográficas**

Coordenador Adjunto do PPCA - Profissional

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Linha de Pesquisa 1:

Composição, Estrutura e Processos do Ambiente Natural

Linha de Pesquisa 2:

Transformação e Construção do Ambiente Humano

PREFÁCIO

A segunda edição da série "CIÊNCIAS AMBIENTAIS" apresenta temas relacionados, à fauna edáfica responsável pela ciclagem dos nutrientes no solo das florestas, à distribuição espacial do eucalipto na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, à educação e saúde na sensibilização da comunidade escolar em Belém-PA e o monitoramento da qualidade da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional-TO. Os temas estão abordados de forma objetiva e bem fundamentado para permitir a compreensão do leitor não familiarizado com os termos técnicos.

Esperamos que os temas pelo seu caráter interdisciplinar auxiliem os professores na elaboração dos conteúdos para serem ministrados durante as aulas.

Paulo Fortes Neto
Prof. Dr. Coordenador Adjunto
Programa de Pós-graduação Profissional em Ciências Ambientais
Universidade de Taubaté (UNITAU)

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que o livro seriado "CIÊNCIAS AMBIENTAIS" apresenta para o público em geral o seu segundo volume. Uma publicação resultante da produção científica de professores e alunos do Programa de Ciências Ambientais que trazem resultados e análise de assuntos relacionados às questões ambientais e suas interfaces com o social e econômico.

O livro é composto por quatro capítulos abordando temas diversos, resultantes das dissertações e das atividades realizadas nas disciplinas obrigatórias e eletivas do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (Profissional e Acadêmico) e também de outras Instituições de Ensino Superior.

No primeiro capítulo apresentamos o texto de Luís Carlos Juñes de Oliveira Filho, Dilmar Baretta, Jamil de Moraes Pereira, Carolina Riviera Duarte Maluche-Baretta, Pâmela Niederauer Pompeo e Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso, que apresentam resultados sobre a importância da fauna edáfica do solo nos ecossistemas florestais.

No segundo capítulo elaborado por Lucas Michel de Oliveira Anacleto e Getúlio Teixeira Batista os autores relatam sobre a expansão do reflorestamento de eucalipto na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul entre os anos de 2000 e 2013.

A relação meio ambiente, saúde e comunidade são abordados no terceiro capítulo pelos autores Fabrício Nazareno

Pessoa Lama e Andréa Paula Peneluppi de Medeiros que relatam sobre a educação e a saúde ambiental mediante a atuação dos professores, alunos e os moradores das comunidades do entorno das escolas situadas na região metropolitana de Belém-PA.

No quesito qualidade da água os autores Ângelo Ricardo Balduino, Paulo Fortes Neto, Marcelo dos Santos Targa e Aurean de Paula Carvalho apresentam no capítulo quatro os resultados dos índices de qualidade da água determinados em três pontos do rio São João em Porto Nacional-TO.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
Fauna edáficas em ecossistemas florestais	
Luís Carlos Juñes de Oliveira Filho, Dilmar Baretta, Jamil de Moraes Pereira, Carolina Riviera Duarte Maluche-Baretta, Pâmela Niederauer Pompeo e Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso	
CAPÍTULO 2	49
Eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul - SP	
Lucas Michel de Oliveira Anacleto e Getúlio Teixeira Batista	
CAPÍTULO 3	89
Educação e saúde ambiental: atuação dos profissionais das escolas públicas na sensibilização da comunidade para promoção de atitudes sustentáveis	
Fabício Nazareno Pessoa Lama e Andréa Paula Peneluppi de Medeiros	
CAPÍTULO 4	141
Avaliação preliminar da qualidade da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional-TO	
Ângelo Ricardo Balduino, Paulo Fortes Neto, Marcelo dos Santos Targa e Aurean de Paula Carvalho	
Orientações para elaboração do capítulo	252
Sobre os autores	255

CAPÍTULO 1

Fauna edáfica em ecossistemas florestais

Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho¹, Dilmar Baretta², Jamil de Moraes Pereira³, Carolina Riviera Duarte Maluche-Baretta⁴, Pâmela Niederauer Pompeo¹ e Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso⁵

INTRODUÇÃO

Ecossistemas florestais naturais são escassos e considerados como reservas de biodiversidade sendo urgente sua conservação.

Esses ecossistemas, principalmente nos trópicos, destacam-se pela sua enorme biodiversidade (BURSLEM *et al.*, 2001) e abrigam grande diversidade de espécies vegetais responsáveis pela oferta de alimento, em quantidade e qualidade, para outros organismos que vivem na superfície e abaixo do solo (FRANÇA *et al.*, 2016).

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC - CAV), Av. Luís de Camões, 2090 - Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil. E-mail: junes1981@gmail.com e pamniederauer@gmail.com

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste (UDESC Oeste), Departamento de Zootecnia, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E - Santo Antônio, CEP 89815-630, Chapecó, SC, Brasil. E-mail: dilmar.baretta@udesc.br

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Praça Tiradentes, 416 - Centro, CEP 37576-000, Inconfidentes, MG, Brasil. E-mail: jamilmpereira@gmail.com

⁴Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Avenida Senador Atilio Fontana, 591-E - Efapi, CEP 89809-000, Chapecó, SC, Brasil. E-mail: carolmaluche@unochapeco.edu.br

⁵Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Departamento de Ciência do Solo, Avenida Pádua Dias, 11 - Agronomia, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: ejbncard@usp.br

Dos grupos de organismos que habitam o ambiente solo-serapilheira, os invertebrados edáficos se destacam, principalmente por sua grande variedade morfológica e funcional, participando de importantes processos biológicos, tais como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, necessários a manutenção da fertilidade do solo nos ecossistemas florestais (BARETTA *et al.*, 2011; BARDGETT; VAN DER PUTTEN, 2014).

Dos mais de 20 grupos de invertebrados, comumente encontrados no solo de ecossistemas florestais naturais, muitas espécies ainda são desconhecidas (DECAËNS *et al.*, 2013) e podem ser extintas porque dependem da manutenção da diversidade e conservação do ambiente, o que vai na contramão da expansão agrícola e intensificação do uso do solo. Nesse sentido, a adoção de sistemas mais sustentáveis de produção (alimento, fibras, madeira e combustíveis) que preservem a qualidade do solo, respeitando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, podem ser a saída para a futura conservação dos ecossistemas florestais, bem como da biodiversidade associada a esse ecossistema, especialmente de invertebrados edáficos.

Admitindo-se a relevância dos serviços ambientais prestados pela comunidade de invertebrados edáficos, nos ecossistemas florestais naturais, ainda são incipientes as informações sobre as alterações naturais ou antrópicas nesse ecossistema, bem como a consequente mudança nos atributos

físico-químicos e biológicos do solo e suas implicações na regulação da biodiversidade. Com base no exposto, o presente capítulo apresenta resultados verificados em ecossistemas florestais, no qual a fauna edáfica é o ponto central da discussão.

DESENVOLVIMENTO

Fauna edáfica

De acordo com Lavelle *et al.* (1993), a decomposição é um processo essencialmente biológico. Logo, são os organismos invertebrados e os microrganismos os principais agentes da desestruturação física e da decomposição química que se dá após a senescência ou morte de partes ou até de indivíduos inteiros que, em geral, encontram-se do outro lado da cadeia alimentar.

Esses invertebrados, quando atuantes em ecossistemas terrestres, mais precisamente associados ao compartimento solo-serapilheira (Figura 1), são chamados de fauna do solo. A **Fauna do solo** é o termo utilizado quando se deseja referenciar à comunidade de invertebrados que vivem permanentemente ou que passam uma ou mais fases de desenvolvimento no solo.

Dessa associação resulta uma participação nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, assim como a modificação de propriedades químicas e físicas desse compartimento, devido à movimentação desses organismos no perfil do solo (LAVELLE, 1996).

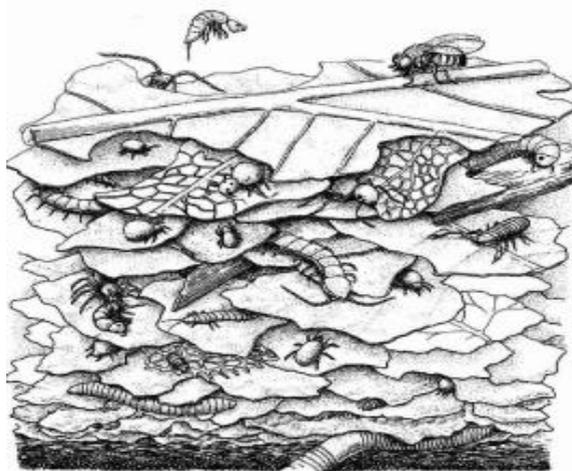


Figura 1. Corte da serapilheira mostrando grupos de organismos do solo (RUPPERT; BARNES, 1996).

Os solos abrigam mais de um quarto de todas as espécies que vivem na terra, e uma colher de chá de solo do jardim de casa pode conter milhares de espécies, milhões de indivíduos, e uma centena de metros de redes de fungos (TURBÉ *et al.*, 2010).

O grau de interação entre os organismos/organismos e organismos/solo, pode ser altamente variável entre táxons, dependendo ainda da parte do ciclo de vida que é passado no solo (JEFFERY *et al.*, 2010) ou das alterações ambientais e uso da terra (CREAMER *et al.*, 2016).

Para reduzir essa complexidade de organismos que vivem no solo (RUIZ *et al.*, 2008), algumas classificações têm sido propostas para subdividir a fauna do solo, de modo a facilitar o estudo da funcionalidade dos diferentes grupos taxonômicos que ela

envolve (SWIFT *et al.*, 1979). Assim, os organismos do solo podem ser classificados pelo tamanho, mobilidade, adaptação, hábitat, ciclo de vida entre outras características.

Uma das classificações mais usuais é em relação ao diâmetro corporal do organismo, que primeiramente foi utilizada por Swift *et al.* (1979) (Figura 2). Nessa classificação, distingue-se três classes de tamanhos da fauna edáfica, que são a micro, a meso, amacro e a megafauna, muitas vezes classificadas em conjunto como macrofauna.

Cada classe apresenta diferentes grupos tróficos que mantêm certa relação com o hábitat ocupado pelo organismo no ambiente solo-serapilheira. Por exemplo, os organismos que compõem a microfauna (diâmetro do corpo entre 4 e 100 μm) estão presentes em filmes de água que se desenvolvem ao redor de superfícies, enquanto os da mesofauna ($100 \mu\text{m} \leq$ diâmetro do corpo $\leq 2 \text{ mm}$) colonizam os espaços porosos do ambiente solo-serapilheira. Já a macrofauna e megafauna incluem os invertebrados visíveis a olho nu (diâmetro do corpo entre 2 e 20 mm e acima de 20 mm, respectivamente) com elevada capacidade de movimentação dentro e na superfície do solo-serapilheira (BARETTA *et al.*, 2011). Embora, muitos autores não façam distinção entre macro e megafauna, incluindo-os em uma única classe de tamanho com diâmetro do corpo acima de 2 mm, nesse trabalho optou-se por utilizar apenas a classe de tamanho que inclui a macrofauna.

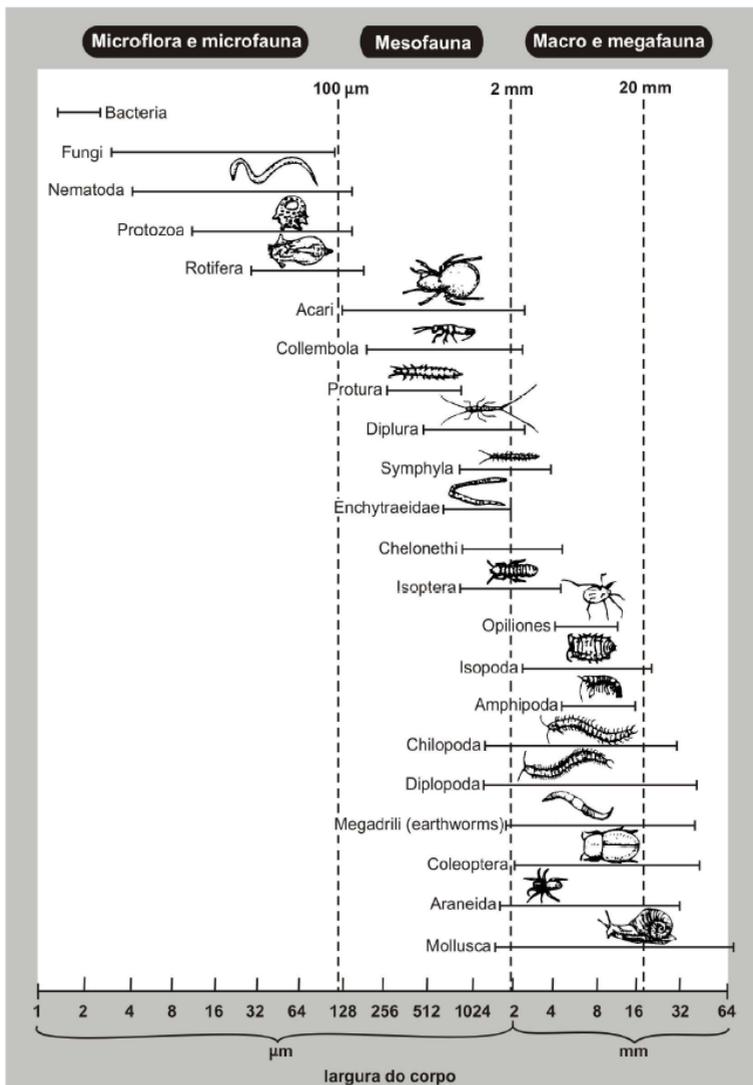


Figura 2. Distribuição dos organismos do solo de acordo com o diâmetro corporal (BEGON *et al.*, 1996 a partir de SWIFT *et al.*, 1979).

A **microfauna** inclui, entre outros, principalmente, os nematoides (Nematoda) e rotíferos (Rotifera) que estão mais relacionados com o fluxo de C e N no solo em razão de sua elevada taxa de “turnover” e, também, pelo alto consumo de microrganismos (LAVELLE & SPAIN, 2001; FILSER *et al.*, 2016).

Na **mesofauna** estão incluídos os ácaros (Acari), colêmbolos (Collembola) e enquitreídeos (Enchytraeidae), entre outros não menos importantes. Está incluída nas atividades tróficas desses organismos a regulação de populações de microrganismos e da microfauna como também uma pequena contribuição na fragmentação da matéria orgânica (SWIFT *et al.*, 1979; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2015).

A **macrofauna** é composta por animais de grande mobilidade que exercem importante papel no transporte de materiais, tanto para construção de ninhos, quanto para galerias que alcançam profundidades variáveis no solo. Suas principais funções são a fragmentação de material orgânico e sua redistribuição, tanto na superfície quanto no perfil do solo, na predação de outros invertebrados, e a contribuição direta na estruturação do solo (SWIFT *et al.*, 1979), influenciando diretamente o funcionamento do ecossistema (LAVELLE *et al.*, 2006; MARICHAL *et al.*, 2014).

Nos diferentes ecossistemas terrestres a macrofauna edáfica inclui grupos tais como: minhocas (Oligochaeta), formigas (Hymenoptera: Formicidae), cupins (Isoptera), milipeias ou piolhos-de-cobra (Diplopoda), besouros (Coleoptera), centopeias ou lacraias

(Chilopoda), aranhas (Araneae), tatuzinhos (Isopoda), grilos (Orthoptera), opiliões (Opiliones), baratas (Blattodea), percevejos (Hemiptera), entre outros não menos importantes (LAVELLE e SPAIN, 2001; MOREIRA *et al.*, 2008; MOREIRA *et al.*, 2010; BARETTA *et al.*, 2011).

As interações da micro, da meso e da macrofauna do solo com microrganismos e plantas são passíveis de modificar funcional e estruturalmente o sistema do solo e têm um potencial importante de induzir efeitos abaixo e acima da superfície. Por uma questão de simplicidade e como forma de estabelecer uma classificação para estas interações dos organismos do solo, Lavelle (1997) propôs três associações de invertebrados, agrupados de acordo com o recurso que exploram e a relação que estabelecem com os microrganismos.

A maior parte das espécies de organismos do solo são microrganismos, tais como bactérias, fungos e protozoários, os quais são os **decompositores químicos do solo**, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica em nutrientes disponíveis para as plantas, animais e seres humanos (TURBÉ *et al.*, 2010). Essa é uma classificação que não faz parte daquela proposta por Lavelle (1997), mas que é de extrema importância para deixar claro quais são os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Dentro da classificação de Lavelle (1997), o grupo classificado como **microfauna alimentar** (ou micropredadores, microrreguladores), compreende uma grande variedade de

pequenos invertebrados, como nematóides, enquitreídeos, colêmbolos e ácaros, que atuam como predadores de plantas, outros invertebrados e microrganismos, regulando sua dinâmica no espaço e no tempo. Seu papel está centrado no controle da biomassa microbiana, garantindo a diversidade pelo controle de grupos dominantes, além de possibilitar a liberação de nutrientes imobilizados nos microrganismos. Os **transformadores de serapilheira** (ou decompositores físicos), são caracterizados pela presença dos seres da mesofauna e macrofauna, como macroartrópodes, pequenas minhocas e cupins xilófagos que se alimentam de serapilheira. Desempenham papel importantíssimo na desestruturação física de material orgânico, facilitando o papel dos decompositores químicos do solo, pelo favorecimento de uma maior área superficial para atuarem. Já os chamados **engenheiros do ecossistema** são formados por invertebrados da macrofauna, notadamente minhocas, formigas e térmitas, modificam ou criam habitats para os organismos do solo menores através da construção de agregados do solo resistentes e poros. Desta forma, eles também regulam a disponibilidade de recursos de outros organismos do solo, através da formação de focos de atividade microbiana, da escavação e/ou ingestão e transporte de material mineral e orgânico do solo, das estruturas construídas como resultado dessas atividades, modificando o ambiente físico e químico do solo (LAVELLE *et al.*, 1997; BROWN *et al.*, 2015).

Importância da fauna edáfica

O estudo da fauna edáfica é importante não somente pelos danos causados por determinadas espécies, mas pela soma de benefícios que a mesma presta ao solo, como: (a) processamento da serapilheira através da sua fragmentação, aumentando a área de superfície exposta ao ataque de microrganismos; (b) distribuição da matéria orgânica, nutrientes e microrganismos: através do transporte horizontal e vertical da superfície para as camadas mais profundas (minhocas, besouros); (c) construção de galerias, que podem ser feitas pelas minhocas, larvas de insetos, formigas e cupins, formando verdadeiros canais que servem para facilitar a penetração das raízes, a aeração e a capacidade de infiltração de água; (d) melhoram a estrutura do solo pelo revolvimento e pela deposição dos seus excrementos, como é o caso das oligoquetas que excretam cálcio que é um elemento responsável pela agregação do solo, aumentando a estabilidade de agregados à água e ao vento diminuindo assim o processo erosivo; (e) digerem a celulose, lignina e hemicelulose (colêmbolos, cupins, ácaros); (f) permitem o controle biológico (aranhas); (g) indicadores da qualidade de um solo (mais usualmente a macrofauna) (BARETTA *et al.*, 2011).

Em ambos os sistemas naturais e agrícolas, organismos do solo desempenham funções vitais. As interações entre os organismos melhoram muitas dessas funções, que são frequentemente controladas pela enorme quantidade de organismos no solo. Estas funções variam de efeitos na regulação da estrutura

do solo, regimes hídricos, degradação de poluentes, decomposição, ciclagem de nutrientes, a emissão de gases de efeito estufa, sequestro de carbono, proteção vegetal até o melhoramento do crescimento ou supressão (Quadro 1) (RUIZ *et al.*, 2008).

Fauna edáfica em ecossistemas florestais

Como visto no decorrer do capítulo, a fauna edáfica atua de diversas formas na funcionalidade dos ecossistemas e é bastante sensível às mudanças externas; com isso tem capacidade de fornecer respostas imediatas às alterações que ocorrem no meio onde vivem. Assim, as mudanças nas comunidades de invertebrados edáficos podem indicar a modificação de fatores ambientais, como as mudanças no uso do solo, poluição, desmatamento, queimadas e demonstrar as condições de um solo, seus níveis de equilíbrio ou perturbação, principalmente associados às práticas de manejo (BARETTA *et al.*, 2011; BROWN *et al.*, 2015).

O interesse na qualidade do solo tem sido estimulado pela consciência recente de que o solo é essencial para os serviços ecossistêmicos globais. Durante as últimas décadas um número crescente de estudos vem sendo realizados com organismos do solo como bioindicadores de qualidade ambiental. Estes estudos têm mostrado alta sensibilidade e capacidade dos organismos do solo em refletir o seu estado, bem como, sua adequação para ser usado como bioindicador (HAVLICEK, 2012; VASCONCELOS *et al.*, 2013; FRANCO *et al.*, 2016; WINK *et al.*, 2017).

O monitoramento do solo é uma determinação sistemática de suas variáveis, sejam elas químicas, físicas ou biológicas, de modo a registrar sua mudança temporal e espacial (GARDI *et al.*, 2009), permitindo uma detecção precoce de alterações na qualidade do solo, tanto negativas quanto positivas, como, também, uma melhor compreensão das ações dos processos do solo envolvidos na degradação ou melhoria da sua qualidade (ARROUAYS *et al.*, 2009).

Os indicadores mais utilizados são baseados principalmente em atributos químicos e físicos e, em geral, exigem longos períodos de tempo antes que os efeitos de impactos humanos ou práticas de manejo possam ser detectados (PANKHURST *et al.*, 1997). Bioindicadores utilizados representam uma fração da diversidade viva de solos (HAVLICEK, 2012), que reagem com maior sensibilidade às modificações e, portanto, são adequados para o diagnóstico precoce de processos de degradação (DORAN; ZEISS, 2000).

É conhecido que a diversidade da fauna edáfica é bastante dependente da época em que o levantamento é realizado, método e esforço amostral (REIS *et al.*, 2016), mas principalmente da distribuição desigual da maioria das espécies, decorrente de fatores espaciais e temporais (BERG, 2012).

Quadro 1. Funções essenciais realizadas pelos organismos do solo (modificado de BUNNING e JIMÉNEZ, 2003; RUIZ *et al.*, 2008).

Funções	Organismos envolvidos
Manutenção da estrutura do solo	Bioturbação por parte da fauna do solo (minhocas, formigas e térmitas: principalmente macroestrutura) e raízes (micro e macroestrutura), fungos micorrízicos e outros microrganismos (microestrutura).
Regulação dos processos hidrológicos do solo	Bioturbação por parte da fauna do solo e raízes
Ciclagem de nutrientes (regulação da disponibilidade e absorção)	Principalmente microrganismos como fungos micorrízicos, bactérias fixadoras de nitrogênio (<i>Rhizobia</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp., <i>Frankia</i> , <i>Klebsiella</i>) e bactérias que oxidam amônia para nitrito e nitrato (<i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrosospira</i> , <i>Nitrosococcus</i> , <i>Nitrosolobus</i> , <i>Streptomyces</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Nitrobacter</i>), raízes e alguns organismos da fauna do solo e da serapilheira, como formigas e minhocas.
Decomposição da matéria orgânica	Fungos, bactérias e actinomicetos (decompositores primários), vários saprófitas e detritívoros (fauna da serapilheira), incluindo minhocas (<i>Lumbricus rubellus</i> , <i>Lumbricus terrestris</i> , <i>Eisenia fetida</i>), formigas (<i>Formicidae</i> sp.), colêmbolos (<i>Folsomia candida</i> , <i>Protaphorura fiata</i>) e ácaros (Acari).
Supressão de pragas, parasitas e doenças	Plantas, fungos micorrízicos e outros fungos (<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>), bactérias (<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i>) e vários outros microrganismos, nematóides (<i>Steinernema carpocapse</i>), colêmbolos, decompositores e predadores (aranhas, coleópteros, quilópodes, etc.).
Trocas gasosas e sequestro de carbono (acúmulo no solo)	Principalmente microrganismos e raízes, algum C protegido em grandes agregados biogênicos compactos, formados pela fauna do solo, como minhocas, formigas e térmitas.
Detoxificação do solo	Principalmente microrganismos, bactérias (<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp.) ou fungos (<i>Coniochaeta ligniaria</i>).
Relações simbióticas e assimióticas com plantas e suas raízes	Rizóbios, fungos micorrízicos, actinomicetos, diazotróficos e vários outros microrganismos da rizosfera e formigas.
Controle do crescimento de plantas (positiva e negativamente)	Raízes, rizóbios, micorrizas, actinomicetos, patógenos, nematóides fitoparasitas, insetos rizófagos, microrganismos promotores de crescimento da rizosfera, agentes de biocontrole.
Fontes de alimentos e medicinais	Raízes, vários insetos (grilos, larvas de coleópteros, formigas, térmitas), minhocas, vertebrados, microrganismos e seus subprodutos.

Ainda assim, estudos desenvolvidos em diferentes formações florestais têm demonstrado que ambientes preservados ou melhor conservados apresentam maior riqueza (número de espécies de uma determinada área geográfica, região ou comunidade), diversidade (variedade de espécies de organismos vivos de uma determinada comunidade, habitat ou região), abundância (número de indivíduos em determinada amostra) e densidade (corresponde ao número de indivíduos de uma população em uma determinada área ou volume) de invertebrados do solo do que locais com maior intensidade de utilização ou mais degradados (VASCONCELLOS *et al.*, 2013; FRANÇA *et al.*, 2016, CREAMER *et al.*, 2016; WINK *et al.*, 2017). Os ecossistemas naturais, principalmente as florestas, dispõem de importante equilíbrio dinâmico das condições ligadas aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, como a matéria orgânica, fertilidade, infiltração de água, estruturação e biodiversidade edáfica, que contribuem para a manutenção do funcionamento dos ambientes (CHAUVAT *et al.*, 2011; VASCONCELLOS *et al.*, 2013). Neste sentido, a qualidade e a quantidade da serapilheira é maior em florestas nativas quando comparadas aos sistemas de produção (animal, monocultivos agrícolas e florestais), pois estas mantêm a cobertura vegetal diversificada e a camada de material orgânico proveniente da constante deposição de resíduos de diferentes espécies vegetais e animais. Nessas condições (florestas naturais), há mais atrativos aos invertebrados edáficos que encontram recursos suficientes para

sua sobrevivência, como hábitat, fontes de alimento, temperatura estável e amena e, conseqüentemente, melhores condições para sua reprodução (PEREIRA *et al.*, 2015).

As crescentes mudanças do uso da terra, a dinâmica da paisagem e as alterações na composição da vegetação impactam as comunidades da fauna do solo, que são reconhecidos como importantes *drivers* das funções do solo e, portanto, relacionadas aos serviços do solo (WURST *et al.*, 2012; FRANCO *et al.*, 2016). Mas esse impacto desproporcional pode ser reduzido com a conservação dos fragmentos florestais, corredores ecológicos e matas ciliares nas áreas rurais, pois estes contribuem para a manutenção da funcionalidade dos ecossistemas. Nesse sentido, Marichal *et al.* (2014) em seu estudo realizado em paisagens degradadas na Floresta Amazônica, verificaram que os pontos localizados em áreas degradadas, destinadas a pastagem, com floresta nas proximidades (a cerca de 100 m) apresentaram maiores densidades e diversidade da macrofauna do solo que os pontos de pastagem mais distantes da floresta, demonstrando que a manutenção das florestas na vizinhança das áreas de produção podem ser uma “fonte” de fauna para as áreas mais degradadas, permitindo o fluxo entre os diferentes locais, ou ainda podendo aumentar a adequação das condições ambientais para a fauna, afetando o microclima.

Os solos das florestas naturais fornecem serviços ecossistêmicos imprescindíveis para a vida no planeta, pois filtram

poluentes, regulam o ciclo hidrológico, sequestram o carbono, sustentam uma enorme diversidade biológica que está relacionada de forma direta ou indireta a todos esses processos, com destaque para a ciclagem de nutrientes (BARDGETT e VAN DER PUTTEN, 2014; MARICHAL *et al.*, 2014). A fauna edáfica controla diversos aspectos do *turnover* de matéria orgânica, principalmente por regular a atividade e a composição funcional dos microrganismos do solo e sua conectividade físico-química com a matéria orgânica. Esses aspectos estão relacionados não apenas com minhocas ou outros membros da macrofauna edáfica, mas também com invertebrados menores como é o caso dos colêmbolos (FILSER *et al.* 2016).

No estudo de Marichal *et al.* (2014), na Floresta Amazônica do Brasil e da Colômbia, as densidades da macrofauna do solo foram significativamente correlacionadas com a água do solo disponível para as plantas e a macroporosidade, com destaque para os grupos Formicidae e Isoptera, que são conhecidos pela sua atividade de escavação e construção de galerias. Esses resultados indicam que os serviços ecossistêmicos relacionados a essas propriedades do solo são influenciados por esses táxons.

Ao estudarem o Brasil Central (vegetação nativa do Cerrado, pastagens e cultivos de soja) no Estado do Mato Grosso, Peña-Peña e Irmiler (2016) verificaram que os organismos do solo, o uso da terra, as estações secas e chuvosas e a qualidade da liteira afetam as taxas de decomposição dos resíduos orgânicos, sendo

que a meso e macrofauna do solo contribuem com 13 a 57% para a fragmentação dos resíduos. Neste estudo, foi evidenciado como a taxa de redução da camada de resíduos da superfície do solo é bastante sensível às mudanças no meio ambiente e como pode ser utilizada para avaliar as funções e distúrbios dos ecossistemas. De modo geral, nas estações chuvosa e seca, as taxas de decomposição da liteira das folhas da vegetação do Cerrado foram menores em ambos os tamanhos de malhas quando comparados com resíduos de capim e soja. De acordo com os resultados, os autores puderam concluir que, de forma indireta, a mudança na cobertura vegetal, combinada com as práticas de gestão e mudanças climáticas desencadearam mudanças na atividade e/ou composição da fauna do solo e comunidades microbianas e conseqüentemente nos serviços relacionados à decomposição dos resíduos orgânicos dos ecossistemas.

Em áreas florestais submetidas à queima a redução da fauna do solo varia, dependendo do ecossistema, do tipo de fogo e da espécie de organismo envolvido (AHLGREN, 1974; ZAITSEV *et al*, 2016) e seus efeitos são mais intensos nas populações da fauna do solo, principalmente logo após a queima (ARAÚJO e RIBEIRO, 2005). Wikars e Schimmel (2001), em estudo sobre a influência da severidade do fogo e do grau de desmatamento sobre a fauna do solo, constataram que logo após a queima ocorre redução no número de táxons. A maioria dos 17 táxons avaliados foi reduzida pelo fogo, por exemplo, Collembola, Hemiptera e Hymenoptera

foram reduzidos a baixos níveis após o fogo, comparativamente àqueles existentes antes da queima.

Em estudo realizado no Brasil, Azevedo *et al.* (2008) avaliaram o efeito da queima em áreas de floresta secundária com aproximadamente 40 anos, na Floresta Nacional Mário Xavier, Seropédica – RJ, sendo uma estabelecida numa área não alterada e a outra em área recém incendiada naturalmente, denominadas, respectivamente de área não queimada e queimada. Os autores observaram uma menor densidade total de indivíduos na área queimada (2.424 ind. m⁻²) em comparação com a área não queimada (2.690 ind. m⁻²), demonstrando o efeito da queima na redução do número de organismos. O efeito da queimada também foi avaliado em relação aos compartimentos serapilheira e solo e verificou-se menor número de indivíduos na área queimada da serapilheira, enquanto havia um maior número de indivíduos na área queimada do solo. Tal comportamento demonstra o efeito do fogo na redução da densidade dos organismos na serapilheira do solo, evidenciando a vulnerabilidade dos organismos da fauna nesse compartimento.

Rosa *et al.* (2015), ao avaliarem a macrofauna do solo em sistemas agrícolas (plantio direto, integração lavoura-pecuária e pastagem) e florestais (floresta nativa e reflorestamento de eucalipto), na Floresta Ombrófila Mista de Santa Catarina, no inverno e verão, verificaram que a ausência de manejo ou o manejo reduzido, principalmente na floresta nativa (FN), favoreceu a

biodiversidade edáfica quando comparadas às áreas de cultivos agrícolas. Pompeo *et al.* (2016) ao considerarem os coleópteros a nível de famílias neste mesmo levantamento no Planalto Catarinense, encontraram maior abundância total na FN, sendo que Staphylinidae foi a família mais representativa dentre todas as identificadas. Este grupo taxonômico obteve maior associação com FN e com os valores mais elevados do atributo matéria orgânica, em ambos os métodos de coleta (armadilhas de queda e monólitos de solo) e épocas de amostragem, indicando a elevada frequência dessa família em solos com maior aporte de resíduos orgânicos e seu potencial como bioindicadora das propriedades do solo.

Cantarelli *et al.* (2015), verificaram as espécies de formigas de serapilheira encontradas no bioma Mata Atlântica, onde predominam as formações do tipo Floresta Estacional Decidual, na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, a fim de avaliar o impacto da ação antrópica realizada no meio rural. A floresta nativa possui a maior riqueza observada com 90 espécies coletadas, seguida por plantio de eucalipto com 65 espécies, agricultura com presença de milho (*Zea mays*) e pastagem exótica de gramíneas (*Eragrostis plana*, *Cynodon dactylon*, *Andropogon bicornis*, *Setaria perviflora*, *Axonopus compressus* e *Paspalum distichum*), com 20 espécies cada. Esse fato ressalta a importância dos ecossistemas de florestas nativas como um reservatório da fauna de formigas e de outros invertebrados (LUTINSKI *et al.*, 2008). Em estudo realizado na região de Dourados, Mato Grosso do Sul, Crepaldi *et al.* (2014)

chegaram à mesma conclusão da importância da manutenção dos fragmentos florestais (bioma Cerrado e Floresta Semidecídua) e implementação de sistemas integrados, tais como lavoura-pecuária, que são menos impactantes para a mesofauna de solo e contribuem para a conservação da diversidade de formigas e manutenção da qualidade do solo.

Em estudo desenvolvido em florestas ripárias nativas e reflorestadas na formação da floresta estacional semidecidual do bioma Mata Atlântica, Vasconcellos *et al.* (2013) avaliaram a fauna edáfica como indicadora da qualidade do solo e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, no inverno e verão, utilizando os métodos de armadilhas de queda (*Pitfall traps*) e monólitos de solo (25x25x20 cm). Estes autores verificaram que os grupos Hymenoptera, Diplopoda, Coleoptera e predadores como Araneae e Opiliones foram os que mais contribuíram para separar as áreas, os métodos de amostragem e as estações. O teor de nitrogênio da serapilheira e do solo, a macroporosidade, a umidade da liteira, a biomassa e a atividade microbiológica, foram relacionados mais fortemente com os grupos saprofíticos e com os locais mais preservados. Além disso, observou-se que os indicadores químicos, físicos e biológicos (nitrogênio total do solo, macroporosidade, atividade enzimática, liberação do CO₂ e biomassa) foram os mais fortemente relacionados com a distribuição da macrofauna.

Em estudo realizado por Winck *et al.* (2017), em três diferentes tipos de uso da terra (floresta, pastagem e plantio de

eucalipto) nos principais biomas da região Sul do Brasil, o Pampa e a Floresta Atlântica, observaram que a floresta apresentou os maiores valores de indicadores tanto taxonômicos quanto funcionais de grupos de colêmbolos e que isso se deve à menor influência antrópica nesse sistema. Os parâmetros medidos (umidade, massa da liteira e funções microbianas) se relacionaram aos diferentes usos e foram os mecanismos responsáveis pelo comportamento das comunidades de organismos. Esses resultados reforçam as evidências que já vêm sendo mostradas em outros trabalhos, de que as mudanças do uso da terra são a principal causa da perda de biodiversidade. Esses autores utilizaram duas diferentes metodologias de avaliação dos grupos de colêmbolos epiedáficos, a identificação taxonômica e uma abordagem baseada em aspectos morfológicos e sensoriais desses invertebrados e verificaram que essas duas ferramentas associadas fornecem uma melhor compreensão da estruturação da comunidade em resposta às mudanças bióticas e abióticas no ambiente.

Pompeo *et al.* (2017) ao estudarem os coleópteros do solo em usos de solos florestais e agrícolas em Santa Catarina, em áreas de Floresta Ombrófila Mista (Mata Atlântica), tiveram como objetivo avaliar a diversidade desse grupo e sua relação com os sistemas de uso do solo e os atributos edáficos no inverno e verão. Nesse estudo, avaliaram-se os invertebrados de acordo com *traits* eco-morfológicos (por exemplo, características ligadas ao comportamento e relação dos coleópteros com o ambiente) para

verificar seu nível de adaptação à vida no solo: edáficos (que mantém contato direto com o solo por toda a vida); epígeos (que vivem na superfície do solo, mais próximos à serapilheira); hemiedáficos (que correspondem aos intermediários). Além do intuito de superar as dificuldades das análises taxonômicas. Seguiu-se metodologia do *Eco-morphological index* (EMI), com obtenção do índice de Qualidade Biológica do Solo (QBS) modificado (PARISI *et al.*, 2005). Como resultados a floresta nativa (FN) apresentou maior riqueza e abundância das formas biológicas dos coleópteros (morfotipos), também maior diversidade no verão, demonstrando ser o mais estável entre os usos do solo estudados. Esse uso ficou mais associado com maior quantidade de morfotipos, sendo que os atributos ligados à dinâmica do carbono no solo contribuíram para explicar essa distribuição. Adicionalmente, a qualidade biológica do solo foi mais elevada em FN nas duas épocas do ano, ficando da seguinte forma: no inverno FN > ILP (Integração Lavoura-Pecuária) > PA (Pastagem) > RE (Reflorestamento de Eucalipto) > PD (Plantio Direto) e no verão FN>ILP>PD>PA>RE. A análise das características eco-morfológicas para a avaliação dos morfotipos de coleópteros e separação de grupos, de acordo com suas características de adaptação à vida no solo, demonstrou potencial para discriminar os usos do solo.

Todos esses trabalhos demonstram que a utilização da fauna edáfica para verificar a qualidade do solo e do ecossistema, seja pela determinação de grandes grupos taxonômicas ou a nível

mais refinado de classificação, junto a outros atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo pode ajudar a demonstrar o funcionamento do solo e os níveis de perturbação (GARDI *et al.*, 2009). Esses atributos medidos, são propriedades mensuráveis do solo, da biota ou do ambiente acerca de um processo ou atividade que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema (VIDAL LEGAZ *et al.*, 2017). Dessa forma, os estudos têm prosseguido para além das abordagens taxonômicas, indo em direção das técnicas moleculares, grupos funcionais, *traits* de efeito ou reposta, desbravando novas possibilidades para a ecologia do solo (DECÄENS *et al.*, 2013; PEY *et al.*, 2014).

Talvez um dos ecossistemas mais estudados em termos de fauna edáfica no Brasil sejam as Florestas de Araucárias, entre eles destacam-se alguns trabalhos de Pós-Graduação como um levantamento de grupos funcionais da macrofauna do solo (MERLIM, 2005) e levantamento de grupos da meso (colêmbolos) e macrofauna (minhocas e aranhas) (BARETTA, 2007), ambos em ecossistemas de araucária no município de Campos do Jordão, SP; a diversidade de minhocas no Estado do Paraná (LIMA, 2011); e abundância e diversidade de grupos da fauna do solo em florestas de araucária em diferentes estádios de conservação em três regiões do Estado de São Paulo (PEREIRA, 2012).

Um dos primeiros estudos mais completos em termos de atributos biológicos, químicos e físicos do solo avaliados em

Florestas de Araucária no Parque Estadual de Campos de Jordão, SP, foi o estudo de Merlim (2005). Nesse estudo, a autora avaliou grupos da macrofauna do solo e atributos químicos e físicos como variáveis ambientais explicativas da presença desses organismos, além de identificar larvas de coleóptera em nível de família. Foram encontrados 21 grupos da macrofauna, sendo que Chilopoda, Diplura, Coleoptera, Formicidae e Isoptera apresentaram as maiores densidades nas três áreas avaliadas, que foram mata de araucária nativa, mata de araucária introduzida e mata de araucária introduzida e impactada pelo fogo. A autora conclui que o uso da macrofauna como bioindicadora da qualidade do ambiente demonstrou ser uma excelente estratégia para o monitoramento dos ecossistemas de araucária, já que mudanças na abundância relativa e diversidade dos grupos indicam mudanças no sistema. Merlim *et al.* (2006) chegaram a mesma conclusão utilizando famílias de larvas de coleópteros para identificar diferenças entre os ecossistemas. Foram encontradas larvas de 15 famílias de coleópteros, sendo as principais Chrysomelidae, Nemonychidae, Tenebrionidae, Elateridae, Scarabaeidae e Curculionidae. O maior número de famílias foi encontrado na mata de araucária nativa (12 famílias). Já na mata de araucária introduzida e introduzida e impactada pelo fogo foram encontradas 9 e 8 famílias, respectivamente. De modo geral, observa-se que na floresta de araucária nativa, onde a estrutura da vegetação está mais preservada, ocorre um maior aporte de serapilheira ao solo,

favorecendo a abundância e diversidade dos organismos da comunidade da macrofauna edáfica, tornando ainda mais importante a conservação desses ecossistemas, tanto para as espécies vegetais, como a araucária, quanto para a biodiversidade da macrofauna.

Um outro levantamento no Parque Estadual de Campos de Jordão-SP foi realizado por Baretta (2007). Nesse trabalho, além de avaliar grandes grupos da macrofauna e minhocas em nível de espécie, o autor avaliou grupos da mesofauna em nível de família para colêmbolos e família/gênero para aranhas. Nesse mesmo trabalho, foram avaliados diversos atributos químicos, físicos e microbiológicos como variáveis explicativas ambientais da presença desses grupos, que incluiu floresta com araucária nativa (NF), floresta introduzida (R), floresta introduzida impactada pela queima acidental (RF) e área de pastagem natural com araucária impactada pela queima acidental (NPF), com três épocas de amostragem. Dentre os principais grupos da macrofauna encontrados destacaram-se Oligochaeta, Formicidae, Isoptera, Coleoptera, Enchytraeidae, Araneae, Chilopoda e Diplopoda, entre outros.

Nestas mesmas áreas, épocas e condições, Baretta *et al.* (2007a) realizaram um estudo com aranhas utilizando o método de armadilhas de queda e monólitos de solo (TSBF) até 20 cm de profundidade. Considerando ambos os métodos de coleta, foram identificadas 20 famílias de aranhas associadas às áreas. A abundância de aranhas (espécimes armadilha⁻¹) e riqueza de

famílias encontrados foram de 65 e 11 em R, 41 e 9 em NF, 23 e 5 em NPF e 19 e 10 em RF, respectivamente. Os resultados indicam que nas áreas de florestas mais preservadas, como NF, encontram-se os maiores valores de abundância, riqueza e diversidade, provavelmente devido à maior oferta de alimento para as aranhas. Ainda, os autores sugerem que as modificações na abundância de famílias de aranhas de solo sejam provocadas principalmente pelas intervenções antrópicas que as florestas de araucária vêm sofrendo nos últimos anos.

Em estudos envolvendo diversidade de espécies de minhocas é importante destacar a necessidade de utilização de mais de um método de coleta, além da caracterização do estado de conservação dos ecossistemas estudados (Baretta *et al.*, 2007b; Bartz *et al.*, 2014). Um dos estudos mais completos de diversidade de minhocas foi realizado por Baretta *et al.* (2007b), pois os autores usaram três métodos de coleta, TSBF (25×25 cm), monólitos de (40×40 cm) e aplicação de formol diluído (0,5%), para avaliar ecossistemas de araucária nas mesmas áreas já relatadas acima. Comprovou-se que a combinação de métodos pode dar resultados mais realistas, visto que numa mesma área é comum ocorrerem diferentes categorias ecológicas de minhocas (as epigeicas habitam as superfícies do solo, enquanto as endogeicas e as anécicas habitam lugares mais profundos) e a aplicação de apenas um método não favorece todas as categorias. Foram encontradas cinco espécies de minhocas, as nativas *Glossoscolex* sp.1, *Glossoscolex*

sp.2, *Glossoscolex bondari* e *Urobenus brasiliensis* (Glossoscolecidae) e a exótica *Amyntas corticis* (Megascolecidae). A mais abundante foi a espécie exótica *A. corticis* encontrada na floresta nativa, favorecida pela maior fertilidade do solo, especialmente matéria orgânica. Foi observada uma forte associação da espécie *Glossoscolex* sp.1 com as áreas impactadas pelo fogo acidental, mostrando uma possível resistência desta espécie a esse distúrbio.

No Brasil, poucos estudos envolvem taxonomia de colêmbolos e propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo como variáveis ambientais explicativas das modificações como indicadores da qualidade do solo e/ou ambiental. Nesse sentido, Baretta *et al.* (2008) encontraram, nessas quatro áreas com araucária já mencionadas, oito famílias de colêmbolos. De maneira geral, a floresta de araucária introduzida apresentou uma maior abundância de colêmbolos da família Sminthuridae. Já a floresta nativa de araucária apresentou a maior diversidade de famílias de colêmbolos e as famílias Paronellidae, Katiannidae e Tomoceridae apresentaram maior associação com essa área, enquanto as famílias Brachystomellidae, Isotomidae e Entomobryidae apresentaram associação com a área de pastagem natural com araucária impactada pela queima acidental. As áreas com os maiores valores de matéria orgânica, P, Ca, Mg, respiração basal e carbono da biomassa microbiana favoreceram a maior diversidade de famílias de colêmbolos na floresta nativa de araucária. A área de

pastagem natural com araucárias nativas impactadas pelo fogo mostrou maior associação com pH e qCO_2 , este último indicando que há maiores perdas de C. O valor do pH do solo tem sido reportado como atributo químico que modifica a comunidade de colêmbolos (LORANGER *et al.*, 2001). De acordo com os autores, nas florestas mais preservadas, como é o caso em floresta com araucária nativa, há maior heterogeneidade de hábitat e, conseqüentemente, capacidade de sustentar maior diversidade de famílias de colêmbolos, em comparação com as áreas sujeitas a intervenções antrópicas, evidenciando a sensibilidade dessas famílias em detectar distúrbios ambientais nas florestas de araucária.

O potencial indicador da macrofauna do solo e de variáveis ambientais (químicas e microbiológicas do solo) na separação de áreas com araucárias nativas e reflorestadas, impactadas ou não pela queima acidental foi avaliado por Baretta *et al.* (2010). Observou-se um impacto importante da intervenção antrópica sobre os atributos biológicos e químicos do solo e que a área com araucárias nativas ficou separada das demais áreas, nas três épocas de coleta. Os grupos Diplopoda, Chilopoda, Isoptera e Araneae, e biomassa da macrofauna, índice de diversidade de Shannon (H), matéria seca total da serapilheira, fósforo e carbono da biomassa microbiana e respiração basal foram os responsáveis por praticamente toda a separação entre as áreas, sendo bons indicadores das modificações que ocorreram nos ecossistemas.

Em um levantamento de diversidade de espécie de minhocas na Estação de Pesquisas da Embrapa Florestas, no município de Colombo-PR, Lima (2011) utilizou os métodos TSBF (40x40x20 cm) e formol. Foram encontradas cinco espécies de minhocas associadas aos plantios florestais de *Pinus elliotti*, *A. angustifolia* e Floresta Ombrófila Mista, sendo elas: *U. brasiliensis* e *Andiorrhinus* sp. (nativas), *P. corethrurus* (peregrina) e as exóticas *A. gracilis* e *Metaphire schmardae*. Este estudo de populações de minhocas nesses três ecossistemas não encontrou diferenças na média de diversidade de espécies de minhoca e riqueza entre os tipos de vegetação e métodos de amostragem. Além disso, destacou a predominância de duas espécies de minhocas nestes ecossistemas: *A. gracilis* e *P. corethrurus*, sendo essa última associada ao uso agrícola no passado.

Em Florestas de Araucária, a permanente cobertura vegetal do solo é um importante fator na conservação dos invertebrados edáficos. Pereira (2012) estudou o potencial dos invertebrados edáficos, coletados por monólitos de solo, TSBF (25 x 25 cm), na separação de florestas com araucária nativa e reflorestada. Avaliaram-se florestas de araucárias nativa e reflorestada em três regiões distintas no estado de São Paulo. A floresta de araucária nativa, detentora de maior diversidade florística permitiu maior diversidade de grupos da macrofauna, com maior expressividade no verão. Os atributos mais promissores na separação das florestas com araucárias foram: Oligochaeta,

Chilopoda, Mollusca, riqueza de grupos, umidade do solo, porosidade total, respiração basal do solo e H+Al. Pereira (2012), também estudou a diversidade de minhocas utilizando TSBF (25x25 cm), nesses mesmos locais. Esse autor encontrou, maiores densidades de espécies exóticas *A. gracilis*, *A. corticis* e *P. corethrurus* associadas à área de reflorestamento com araucária. As minhocas nativas, tais como *Fimoscolex* sp.1, *Glossoscolex* sp.1, *Andiorrhinus* sp., *Meridrilus* sp. e *U. brasiliensis*, estiveram associadas à floresta com araucárias nativas. É importante destacar que a diferença na composição de espécies de minhocas exóticas e nativas está ligada aos distúrbios antropogênicos sofridos, que permitiram que tais espécies exóticas pudessem tornar-se mais abundantes nessas áreas que as nativas.

A abundância de microartrópodes do solo e serapilheira em fragmentos de floresta de araucária com diferentes tamanhos no Rio Grande do Sul foi avaliada por Duarte (2004). A abundância de microartrópodes nos seis centímetros superiores (solo + serapilheira) variou entre 63.209 e 102.704 ind. m⁻², sendo os ácaros oribatídeos (Acari, Cryptostigmata) dominantes em todos os fragmentos. A maioria dos grupos de microartrópodes apresentou uma diminuição da abundância nos fragmentos menores e mais alterados. Os resultados sugerem que o processo de fragmentação crescente das florestas de araucária no sul do Brasil, associado a uma redução do tamanho desses fragmentos, pode afetar a abundância de microartrópodes do solo (principalmente os ácaros

oribatídeos, enquanto os coleópteros e os pseudoescorpiões, paralelamente, podem ter um aumento da abundância entre os grupos mais tolerantes aos efeitos da fragmentação e pastoreio) afetando a qualidade e a saúde desse ecossistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Infelizmente muitos dos estudos sobre fauna e outros atributos edáficos em florestas de araucária foram desenvolvidos no estado de São Paulo, onde a floresta sofreu intensa fragmentação e as áreas remanescentes de florestas nativas são encontradas em porções menores e descontínuas. Assim, há necessidade de um maior esforço de pesquisa sobre esse tema em ecossistemas nativos, visando o conhecimento mais detalhado e aprofundado dos organismos edáficos associados a esses ecossistemas.

A manutenção de uma diversificada comunidade ativa de invertebrados edáficos em ecossistemas florestais, principalmente de transformadores de serapilheira, engenheiros do ecossistema e predadores, contribui para a melhoria da fertilidade do solo e produtividade vegetal, além de serem úteis como indicadores de qualidade de solo e/ou de distúrbios ambientais nesse ecossistema.

Contudo, há uma estreita relação entre diversidade de grupos da fauna edáfica em floresta e a manutenção da cobertura florestal que, por sua vez, também depende dos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo. Nesse contexto, já há conscientização de que o monitoramento da qualidade do solo nas

áreas de florestas deve ser feito com avaliações envolvendo indicadores físicos, químicos e biológicos (fauna do solo), gerando dados mais robustos para uma conclusão mais holística para dar suporte às políticas públicas de conservação da biodiversidade da fauna edáfica associada a ecossistemas florestais.

Ainda, percebe-se que a maioria dos estudos realizados no Brasil classificam a fauna edáfica apenas em grandes grupos, fato esse decorrente da carência de especialistas em taxonomia, visto que a diversidade de organismos do solo é bastante elevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHLGREN, I. F. The effects of fire on soil organisms. In: KOZLOWSKI, T. T.; AHLGREN, C. E. (Eds.). **Fire and ecosystems**. New York: Academic Press, 1974. p. 47-69.

ARAÚJO, E. A.; RIBEIRO, G. A impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, p. 75-85, 2005.

ARROUAYS, D.; BELLAMY, P. H.; PAUSTIAN, K. Soil inventory and monitoring. **European Journal of Soil Science**, v. 60, p. 721-722, 2009.

AZEVEDO, V. F; PEREIRA, M. G.; CORRÊA NETO, T. A.; SCHERMACK, V.; MACHADO, D. L. Alterações na comunidade da fauna edáfica em função da queima em floresta secundária na Flona Mário Xavier Seropédica RJ. **Revista de Ciência da Vida**, v. 28, p. 09-17, 2008.

BARDGETT, R. D.; VAN DER PUTTEN, W. H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. **Nature**, v. 515, p. 505-511, 2014.

BARETTA, D. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo. 2007. 158 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas),

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2007.

BARETTA, D., BROWN, G. G., CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da Macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, p. 135-150, 2010.

BARETTA, D.; BRESCOVIT, A. D.; KNYSAK, I.; CARDOSO, E. J. B. N. Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (Aracnida:Araneae) in *Araucaria angustifolia* forest. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 384-392, 2007a.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forest with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 384-392, 2007b.

BARETTA, D.; FERREIRA, C. S.; SOUSA, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2693-2699, 2008.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, p. 141-192

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; KLAUBERG FILHO, O.; JAMES, S. W.; DECAËNS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59-70, 2014.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology**: individuals, populations and communities. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068 p.

BERG, P. M. Patterns of Biodiversity at Fine and Small Spatial Scales. In: WALL, D. H.; BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; HERRICK, J. E.; JONES, T. H.; RITZ, K.; SIX, J.; STRONG, D. R.; VAN DER PUTTEN, W. H. (Eds.). **Soil Ecology and Ecosystem Services**. Oxford: Oxford University Press, 2012. p. 136-152.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S.; NADOLNY, H.; CARDOSO, G.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECÃENS, T.; LAVELLE, P.; CARVALHO, J. P. S. F. Biodiversidade da Fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Eds.). **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 113-154.

BUNNING, S.; JIMÉNEZ, J. **Indicators and Assessment of Soil Biodiversity / Soil Ecosystem Functioning for Farmers and Governments**. Paper presented at the OECD Expert Meeting on indicators of Soil Erosion and Soil Biodiversity, Rome, 2003.

BURSLEM, D. R. R. P.; GARWOOD, N. C.; THOMAS, S. C. Tropical forest diversity: the plot thickens. **Science**, v. 291, p. 306-607, 2001.

CANTARELLI, E. B.; FLECK, M. D.; GRANZOTTO, F.; CORASSA, J. N.; D'AVILA, M. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 607-616, 2015.

CHAUVAT, M.; TITSCH, D.; ZAYTSEV, A. S.; WOLTERS, V. Changes in soil faunal assemblages during conversion from pure to mixed forest stands. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 317-324, 2011.

CREAMER, R. E.; HANNULA, S. E.; VAN LEEUWEN, J. P.; STONE, D.; RUTGERS, M.; SCHMELZ, R. M.; RUITER, P. C.; HENDRIKSEN, N. B.; BOLGER, T.; BOUFFAUD, M. L.; BUEE, M.; CARVALHO, F.; COSTA, D.; DIRILGEN, T.; FRANCISCO, R.; GRIFFITHS, B. S.; GRIFFITHS, R.; MARTIN, F.; SILVA, P. M.; MENDES, S.; MORAIS, P. V.; PEREIRA, C.; PHILIPPOT, L.; PLASSART, P.; REDECKER, D.; RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P.; WOUTERSE, M.; LEMANCEAU, P. Ecological network analysis reveals the inter-connection between soil biodiversity and ecosystem function as affected by land use across Europe. **Applied Soil Ecology**, v. 97, p. 112-124, 2016.

CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 44, p. 781-787, 2014.

DECAËNS, T.; PORCOA, D.; ROUGERIEA, R.; BROWN, G. G.; JAMES S. W. Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. **Applied Soil Ecology**, v. 65, p. 35-42, 2013.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 3-11, 2000.

DUARTE, M. M. Abundância de microartrópodes do solo em fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil. **Iheringia**, Série Zoológica, v. 94, p. 163-169, 2004.

FILSER, J.; FABER, J. H.; TIUNOV, A. V.; BRUSSAARD, L.; FROUZ, J.; DEYN, G.; UVAROV, A. V.; BERG, M. P.; LAVELLE, P.; LOREAU, M.; WALL, D. H.; QUERNER, P.; EIJSACKERS, H.; JIMÉNEZ, J. J. Soil fauna: key to new carbon models. **SOIL**, v. 2, p. 565-582, 2016.

FRANÇA, F.; LOUZADA, J.; KORASAKI, V.; GRIFFITHS, H.; SILVEIRA, J. M.; BARLOW, J. Do space-for-time assessments underestimate the impacts of logging on tropical biodiversity? An Amazonian case study using dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 1098-1105, 2016.

FRANCO, A. L. C.; BARTZ, M. L. C.; CHERUBIN, M. R.; BARETTA, D.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; WALL, D. H.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. **Science of the Total Environment**, v. 563-564, p. 160-168, 2016.

GARDI, C.; MONTANARELLA, L.; ARROUAYS, D.; BISPO, A.; LEMANCEAU, P.; JOLIVET, C.; MULDER, C.; RANJARD, L.; RÖMBKE, J.; RUTGERS, M.; MENTA, C. Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges. **European Journal of Soil Science**, v. 60, p. 807-819, 2009.

HAVLICEK, E. Soil biodiversity and bioindication: From complex thinking to simple acting. **European Journal of Soil Biology**, v. 49, p. 80-84, 2012.

JEFFERY, S.; GARDI, C.; JONES, A.; MONTANARELLA, L.; MARMO, L.; MIKO, L.; RITZ, K.; PERES, G.; RÖMBKE, J.; VAN DER PUTTEN, W. H. **European Atlas of Soil Biodiversity**. Luxembourg: European Commission, Publications Office of the European Union, 2010. 128 p.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil process: strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v. 37, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V. ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; GHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, O.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystem: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, p. 130-150, 1993.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. **Soil Ecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific. 2001. 678 p.

LIMA, O. G. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e floresta Ombrófila Mista na Embrapa florestas, Colombo-PR**. 2011. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LORANGER, G.; BANDYOPADHYAYA, L.; RAZAKA, B.; PONGE, J. F. Does soil acidity explain altitudinal sequences in Collembolan communities? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 381-393, 2001.

LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, C. L.; IOP, S. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. **Ciência rural**, v. 38, p. 1810-1816, 2008.

MARICHAL, R.; GRIMALDI, M.; FEIJOO, A. M.; OSZWALD, J.; PRAXEDES, C.; RUIZ COBO, D. H.; HURTADO, M. P.; DESJARDINS, T.; SILVA JUNIOR, M. L.; COSTA, L. G. S.; MIRANDA, I. S.; OLIVEIRA, M. N. D.;

BROWN, G. G.; TSÉLOUIKO, S.; MARTINS, M. B.; DECAËNS, T.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 177-185, 2014.

MERLIM, A. O. Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados no Parque Estadual de Campos de Jordão, SP. 2005. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2005.

MERLIM, A. O.; AQUINO, A. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Larvas de Coleoptera em ecossistemas de araucária no Parque Estadual de Campos de Jordão, SP. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1303-1306, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. 368 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 768 p.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; VIAPIANA, C. M.; SANTOS, J. C. P. Mesofauna de solo construído em área de mineração de carvão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, p. 55-64, 2015.

PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, W. S. R. **Biological Indicators of Soil Health**. Wallingford: CAB International, 1997. 464 p.

PARISI, V.; MENTA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C.; MOZZANICA, E. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 105, p. 323-333, 2005.

PEÑA-PEÑA, K.; IRMLER, U. Moisture seasonality, soil fauna, litter quality and land use as drivers of decomposition in Cerrado soils in SE- Mato Grosso, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 107, p. 124-133, 2016.

PEREIRA, J. M., BARETTA, D., CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em florestas de Araucária. In. CARDOSO E. J. B. N.; VASCONCELLOS R. L. F.

(Eds.). **Floresta com Araucária, composição florística e biota do solo**. Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 153-180.

PEREIRA, J.M. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo**. 2012. 137 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2012.

PEY, B.; NAHMANI, J.; AUCLERC, A.; CAPOWIEZ, Y.; CLUZEAU, D.; CORTET, J.; DECAËNS, T.; DEHARVENG, L.; DUBS, F.; JOIMEL, S.; BRIARD, C.; GRUMIAUX, F.; LAPORTE, M. A.; PASQUET, A.; PELOSI, C.; PERNIN, C.; PONGE, J. F.; SALMON, S.; SANTORUFO, L.; HEDDE, M. Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, p. 194-206, 2014.

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; MALUCHE -BARETTA, C. R. D.; BARETTA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Scientia Agraria**, v. 17, p. 16-28, 2016.

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, M.A. B.; MAFRA, Á. L.; KLAUBERG FILHO, O.; BARETTA, D. Morphological Diversity of Coleoptera (Arthropoda: Insecta) in Agriculture and Forest Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. e0160433, 2017.

REIS, F.; CARVALHO, F.; SILVA, P. M.; MENDES, S.; SANTOS, S. A. P.; SOUSA, J. P. The use of a functional approach as surrogate of Collembola species richness in European perennial crops and forests. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 676-682, 2016.

ROSA, M. G.; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; MAFRA, Á. L.; SOUSA, J. P. F. A. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

RUIZ, N.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. **Soil Macrofauna: field manual**. Rome: FAO, 2008. 113 p.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Ed. Roca. 1996. 1028 p.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell Scientific, 1979. 372 p.

TURBÉ, A.; TONI, A.; BENITO, P.; LAVELLE, P.; LAVELLE, P.; RUIZ, N.; VAN DER PUTTEN, W. H.; LABOUZE, E.; MUDGAL, S. **Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers**. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission (DG Environment), 2010.

VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BON, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105-112, 2013.

VIDAL LEGAZ, B.; SOUZA, D. M.; TEIXEIRA, R. F. M.; ANTÓN, A.; PUTMAN, B.; SALA, S. Soil quality, properties, and functions in life cycle assessment: an evaluation of models. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 502-515, 2017.

WIKARS, L.; SCHIMMEL, J. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. **Forest Ecology and Management**, v. 141, p. 189-200, 2001.

WINCK, B. R.; SÁ, E. L. S.; RIGOTTI, V. M.; CHAUVAT, M. Relationship between land-use types and functional diversity of epigeic Collembola in Southern Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 109, p. 49-59, 2017.

WURST, S.; DEYN, G. B.; ORWIN, K. Soil Biodiversity and Functions. In: WALL, D. H.; BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; HERRICK, J. E.; JONES, T. H.; RITZ, K.; SIX, J.; STRONG, D. R.; VAN DER PUTTEN, W. H. (Eds.). **Soil Ecology and Ecosystem Services**. Oxford: Oxford University Press, 2012. p. 136-152.

ZAITSEV, A. S.; GONGALSKY, K. B.; MALMSTRÖM, A.; PERSSON, T.; BENGTTSSON, J. Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review. **Applied Soil Ecology**, v. 98, p. 261-271, 2016.

CAPÍTULO 2

Eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul - SP¹

Lucas Michel de Oliveira Anacleto², Getúlio Teixeira Batista²

INTRODUÇÃO

O Vale do Paraíba teve seus solos degradados pela cafeicultura intensiva e, atualmente, pelo uso predominante de pastagens para criação de rebanhos bovinos, além de outras atividades agrícolas como o cultivo de arroz (SATO *et al.*, 2007). Recentemente, com a introdução do eucalipto, questionamentos têm sido levantados sobre os possíveis impactos dessa cultura na região, tais como erosão, distúrbios do balanço hídrico, substituição das pequenas propriedades por grandes latifúndios, êxodo rural e desemprego.

A prática de cultivo do eucalipto tem se estabelecido em extensas áreas rurais desde meados do século passado, trazendo novas oportunidades econômicas às áreas já consideradas ambientalmente prejudicadas. A partir do início do século XXI, uma nova mudança vem se instalando nas áreas rurais, até então degradadas sob o ponto de vista socioeconômico e ambiental, com

¹ Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor defendida no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

² Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luís Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, e-mail:gtbatista@gmail.com

o início de um novo ciclo econômico associado à implementação de plantios de eucalipto em vastas áreas (VIANNA *et al.*, 2007).

Na região do Vale do Paraíba, a expansão da eucaliptocultura nas duas últimas décadas tem causado polêmica e manifestações contrárias de setores da sociedade preocupados com seus impactos ambientais e sociais (ARGUELLO *et al.*, 2010; SATO *et al.*, 2005).

O cultivo do eucalipto requer a participação de três setores: o setor empresarial, a comunidade local e a comunidade científica, cujos interesses diferenciam-se muito uns dos outros e provocam questionamentos sobre o uso do solo na região, especialmente voltados para o desenvolvimento sustentável e questões sociais.

As áreas ocupadas por eucalipto podem ser encontradas em quase todos os municípios do Vale do Paraíba paulista, principalmente nos mares de morros, na serra do Mar, serra da Mantiqueira e até em unidades de proteção ambiental. Nessas áreas, há extensas terras com baixo preço e características climáticas que favorecem o cultivo de eucalipto em larga escala.

De acordo com Batista *et al.* (2007), o setor empresarial apresenta a silvicultura de eucalipto como possibilidade para o avanço econômico da região, considerando o aumento na demanda pelos produtos florestais no mundo. O Estado de São Paulo tem uma das maiores áreas de plantio de eucalipto do Brasil, e o Vale do Paraíba paulista, uma das áreas mais promissoras para expansão

dessa cultura devido ao clima e ao solo degradado pelas atividades previamente exercidas.

A análise e a crítica sobre a evolução dos plantios na região deve ir além da discussão acadêmica e do senso comum e considerar o envolvimento dos diversos atores sociais e ambientais, desenvolver políticas públicas que possam conciliar o interesse da população da Unidade de Gerenciamento Hídrico 2 (UGRHI 2), conforme definida no plano de gestão de recursos hídricos do Estado de São Paulo e a real condição das áreas plantadas com eucalipto.

O monitoramento por meio de sensores remotos constitui importante ferramenta para a gestão ambiental. Porém, a inexistência de mapas de estrutura fundiária dos municípios dificulta esse monitoramento. A atual obrigatoriedade de se apresentar o levantamento georreferenciado das propriedades para o registro de imóveis e o Cadastro Ambiental Rural (CAR) contribuirão para que esta limitação seja minimizada. Tendo em vista os problemas de regularização fundiária que ainda existem no país, investimentos direcionados para essa finalidade acelerariam o processo (FARINACI *et al.*, 2013).

As informações devem ser direcionadas para atender à demandas para o estabelecimento de políticas públicas que favoreçam as questões ambientais e a geração de emprego, renda e recursos econômicos para as Prefeituras dos municípios da UGRHI 2 e diminuir a discrepância social entre a população urbana e rural.

Compreender esses elementos e suas funções é importante para compreensão da dinâmica da região, para toda e qualquer intervenção do planejamento regional.

À medida que os processos industriais e urbanos se intensificam, alterações nas forças socioeconômicas favorecem o abandono de terras de produção agrícolas. Algumas dessas áreas alteram o uso do solo para o plantio de eucalipto e, em algum momento, há o aumento da cobertura florestal. Sendo assim, áreas com plantios de eucaliptos não devem ser vistas apenas do ponto de vista negativo, pois, anteriormente eram ocupadas por pastagens degradadas. Portanto, os impactos ambientais variam conforme o manejo do eucalipto, e elas podem ter funções ecológicas que favorecem mais a recuperação por sucessão secundária do que pastagens.

Mesmo com tanta polêmica, a pressão social na área de reflorestamento vem crescendo ao longo dos anos. É notável a expansão da cultura em alguns municípios, por exemplo, São Luiz do Paraitinga-SP, que apresentou crescimento em todos os anos analisados.

Durante o mês de novembro de 2007, a Defensoria Pública do Estado de São Paulo propôs ação civil pública contra a Votorantim Celulose e Papel e Suzano Papel e Celulose, empresas que exploram o eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga. A ação baseou-se na alegação de que a expansão dessa monocultura promovia o êxodo rural e causava prejuízo ao meio ambiente. "Cada

árvore de eucalipto adulta consome de 25 a 30 litros de água por dia. Quem vai pagar pelo esgotamento dos rios e mananciais daquela região?", questionava a defensoria pública (FARIAS, 2008). Com a preocupação dos impactos que o eucalipto vem causando, o município de São Luiz do Paraitinga-SP decide em seu Plano Diretor³ restringir a área utilizada em plantios florestais de espécies exóticas, a no máximo, 18% do município e promover em parceria com os órgãos estaduais fiscalizadores, as ações necessárias à substituição imediata das florestas exóticas (eucaliptos e *pinus*).

O uso da água na silvicultura instiga esforços de pesquisa para compreensão dos possíveis efeitos desse tipo de atividade. Ainda persiste uma lacuna no conhecimento dos possíveis sistemas de manejo adequados para a conservação da água e do solo nas áreas cultivadas com eucalipto (ALMEIDA *et al.*, 2007).

A falta de água na região ocorre pelo uso inadequado do solo e não pela escassez de chuvas (RAMOS e DIAS, 2007). A manutenção das condições adequadas para o sistema produtivo equilibrado de uma bacia hidrográfica deve observar a conservação dos recursos naturais, o manejo do solo, o monitoramento da

³O Plano Diretor foi aprovado pelo Poder Legislativo em 15 de dezembro de 2009, 16 dias antes da catástrofe e, foi sancionado em 07 de janeiro de 2010, na Praça Dr.Oswaldo Cruz, em meio aos escombros deixados pela grande inundação. Em 2011, após elaboração do laudo das áreas de risco, indicando espaços territoriais com alta vulnerabilidade, o projeto de alteração da Lei do Plano Diretor, após discussão perante o Conselho de Planejamento e em audiência pública foi alterado, pela Lei Municipal 1458/2011.

infiltração e retenção das águas pluviais na bacia. Segundo Fardin *et al.* (2015), a seleção da localização de um novo projeto florestal é uma decisão que envolve uma série de fatores, sendo necessária a utilização de ferramentas que permitam a análise destes fatores em conjunto. Sua pesquisa foi identificar as áreas adequadas ao plantio de eucalipto na bacia hidrográfica do Rio Piranga, Estado de Minas Gerais, utilizando a ferramenta de análise multicritério⁴.

Em meio aos problemas ambientais que podem ser caracterizados, as ferramentas da geotecnologia servem de suporte para análise e tomada de decisões. Sendo assim, neste capítulo, descreve-se a quantificação da área de eucaliptocultura da UGRHI 2 até 2013. A análise foi baseada em dados dos anos 2000, 2007, e 2010, utilizando trabalhos previamente realizados e comparados com a informação inédita sobre a distribuição geográfica da cultura de eucalipto no ano 2013 obtida na pesquisa aqui reportada que usou novos sensores e metodologias. Dessa forma, avaliou-se a evolução da área plantada em cada município nos anos 2000, 2007, 2010 e 2013.

Sensoriamento Remoto e Vegetação

⁴Esta ferramenta tem sido utilizada para gerar mapas de susceptibilidade à erosão (VALLADARES *et al.*, 2012), seleção de culturas agrícolas para cultivo (VIEIRA e CURI, 2015) e mapeamento de áreas prioritárias para adequação do uso da terra (SARTORI *et al.*, 2011). Assim, considera-se a necessidade de implantação de reflorestamentos e o potencial de utilização de ferramentas de sistemas de informação geográfica para a tomada de decisão quanto aos empreendimentos florestais.

O início do Sensoriamento Remoto (SR) no Mundo é ligado ao desenvolvimento fotográfico junto às pesquisas espaciais. No Brasil, o SR foi introduzido no final da década de 60. Na década de 70, foi realizado o projeto RADAM envolvendo diversos órgãos públicos e universidades. Nesse projeto, foi feito o mapeamento por radar utilizando-se o sistema *Goodyear Eletronic Mapping System* da região Amazônica e, posteriormente estendido para o restante do país. Após anos de pesquisas e desenvolvimento em aplicações desta tecnologia, o Brasil, principalmente pelos esforços do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), inicia investimentos que incluem o lançamento de satélites de Sensoriamento Remoto e em 1999, em parceria com a China, foi lançado o primeiro satélite, munido de três sensores e denominado *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS).

O Sensoriamento Remoto é um termo referente a um conjunto de técnicas que é destinado a obter informações sobre os objetos sem contato físico entre o sensor e os objetos, envolvendo a detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante (AVERY e BERLIN, 1992). Desta forma, o sensoriamento remoto oferece uma ferramenta para subsidiar estudos ambientais fundamentais para a proteção de ecossistemas, bem como para o planejamento de uso do solo (BLASCHKE e KUX, 2005).

Quatro tipos de resolução são associados a uma imagem de satélite: espacial, radiométrica, espectral e temporal. A resolução espacial é a capacidade de observar detalhes na imagem, a

resolução radiométrica é a sensibilidade que o sensor tem de diferenciar os valores de radiância ou faixa de valores numéricos associados aos *pixels*, a resolução espectral relaciona-se com o número de bandas que o sensor possui e com o intervalo do comprimento de onda de cada banda, e a resolução temporal é o tempo que um satélite leva para 'imagear' novamente a mesma área (MOREIRA, 2001).

O sensoriamento remoto com base em fotografias aéreas já vem auxiliando no mapeamento do uso do solo do Estado de São Paulo desde início de 1960, quando foi realizado o primeiro levantamento fotogramétrico completo do Estado. Nessa época foram elaborados os primeiros estudos da evolução natural da silvicultura do Estado de São Paulo. (KRONKA *et al.*, 2005). Atualmente é disponibilizada uma variedade de imagens captadas por diversos sensores de qualidade e de alta resolução, para diferenciadas aplicações do mapeamento do uso da terra para estudos em várias escalas.

SPRING e TERRAVIEW

O Geoprocessamento no Brasil, segundo Camara *et al.* (1996), iniciou-se na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) na década de 80 no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia daquela Universidade, onde foi desenvolvido o Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA, com capacidade de análise geográfica como veículo de estudo e pesquisa. Após anos de estudos e desenvolvimentos, surge o

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Geográficas, em 1991, criado por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponibilizado gratuitamente pela internet a partir de 1997.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou GIS, em inglês) estão cada vez mais desenvolvidos e complexos. Percebe-se uma tendência na busca de uma solução abrangente que vai desde o processo de aquisição de dados até a produção final de mapas e informações derivadas (TEIXEIRA, 2001). Os SIG's permitem analisar e integrar dados em um Banco de Dados Georreferenciados e oferecem uma maneira ampla de integrar dados, estruturas e algoritmos que representam a diversidade do espaço em diversas escalas com ferramentas computacionais.

Para o processamento e análise espacial de dados, tem-se o TerraView que é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib, tendo como principais objetivos: apresentar à comunidade um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados. O TerraView permite manipular dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens), ambos armazenados em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) relacionais ou georrelacionais de mercado, incluindo ACCESS, PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQLServer e Firebird (DRUK *et al.*, 2004).

De acordo com Camara *et al.* (1996), pode-se utilizar o SIG sob diversas maneiras, como tratamento de informação geográfica, ferramenta de produção de mapas, análise espacial de diferentes fenômenos, armazenamento de informação espacial. A tendência do uso de Sistemas de Informações Geográficas é aumentar, considerando que economicamente o uso de imagens orbitais tem se tornado viável e a tecnologia (software livre) acessível. Dessa forma, na presente pesquisa usou-se amplamente imagens de satélites e aplicativos de geoprocessamento.

DESENVOLVIMENTO

Caracterização da área de estudo

O gerenciamento de recursos hídricos no Estado de São Paulo passou a ser feito por meio de (UGRHI's) com a Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, que dividiu o Estado em 22 unidades. A UGRHI 2 é definida pela bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul; seus limites são: ao norte, com a UGRHI 01 (Serra da Mantiqueira), além do Estado de Minas Gerais; a oeste com a UGRHI 05 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí) e com a UGRHI 06 (Alto Tietê), sendo que esta última também faz o limite sudoeste; ao sul, com a UGRHI 03 (Litoral Norte) e a leste e nordeste, com os Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais (Figura 1).

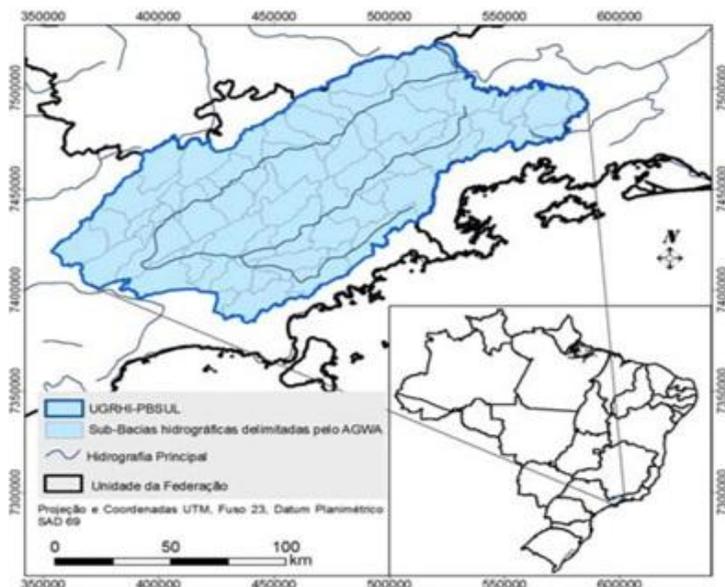


Figura 1. Localização da UGRHI 2 – Paraíba do Sul no Brasil

Fonte: Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos-SP, 2010

O Vale do Paraíba paulista apresenta uma população de pouco mais de dois milhões de habitantes e localiza-se a leste do Estado de São Paulo, servindo de ligação entre São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Encontra-se entre as serras do Mar e da Mantiqueira e é cortada pela rodovia Presidente Dutra.

Na UGRHI 2, situam-se 34 municípios: Aparecida, Arapeí, Areias, Bananal, Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Cruzeiro, Cunha, Guararema, Guaratinguetá, Igaratá, Jacareí, Jambeiro, Lagoinha, Lavrinhas, Lorena, Monteiro Lobato, Natividade da Serra,

Paraibuna, Pindamonhangaba, Piquete, Potim, Queluz, Redenção da Serra, Roseira, Santa Branca, Santa Isabel, São José do Barreiro, São José dos Campos, São Luiz do Paraitinga, Silveiras, Taubaté e Tremembé.

O cultivo do eucalipto

Os seguintes fatores são levados em consideração para a escolha da espécie mais adequada a ser cultivada: as características geológicas e climáticas: temperatura e ocorrência de chuvas da área de interesse, a destinação da produção (setor produtivo envolvido) e as próprias características da espécie (variedade ou híbrido).

Segundo Freitas Junior *et al.* (2012), devido à sua grande capacidade de adaptação a diferentes condições geoecológicas, principalmente em áreas tropicais, e às numerosas possibilidades de uso, com destaque como matéria-prima da indústria de papel e celulose, os plantios de eucaliptos para fins produtivos têm sido implantados no Brasil e, mais especificamente, na região do Vale do Paraíba paulista.

De acordo com Lima (1996), um motivo para o eucalipto dominar o setor de papel e celulose estava vinculado ao fato de que os países tropicais não mais possuem áreas para o fornecimento adequado de madeira para a geração de energia, devido à diminuição das florestas nativas e à crescente demanda proporcionada pelo aumento populacional. No caso da região do

Vale do Paraíba paulista, a inserção e a expansão dos cultivos de eucalipto devem-se a uma conjunção de fatores de ordem natural e a fatores históricos, econômicos, tecnológicos, políticos e outros, nos últimos vinte anos, com diversos impactos socioambientais positivos (FREITAS JUNIOR, 2011).

Visto que os estudos históricos sobre os eucaliptos têm sido realizados pelos profissionais das ciências agrárias e biológicas, considera-se importante também, que sejam desenvolvidos mais trabalhos envolvendo os eucaliptos nas áreas de ciências humanas.

Base cartográfica

Os mapas são representações espaciais da informação e, quando esta informação pode ser caracterizada por sua locação em um mapa, este se torna um padrão espacial e, sendo os padrões espaciais apenas outras formas de informação, estas podem ser analisadas por diferentes técnicas estatísticas (SANTOS *et al.*, 2012). Este trabalho envolveu a identificação e o mapeamento de talhões de eucalipto em 2013, com base na análise e interpretação das imagens Landsat-8 adquiridas em 2013, seguindo a metodologia do trabalho de Arguello *et al.* (2010).

Usou-se como referência inicial o mapeamento realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo (IF) relativo ao ano base de 2000 (KRONKA, 2002). Dessa forma, foi realizada a classificação digital das imagens para obtenção das áreas de ocorrência dos

plantios em 2013, na região da UGRHI 2. Foram utilizadas para o georreferenciamento as cartas topográficas 1:50.000 do IBGE.

Com base na análise e classificação digital das imagens Landsat-8 de 2013, foi feito o mapeamento das áreas de eucalipto utilizando-se o aplicativo SPRING (CAMARA *et al.*, 1996), e comparado com a base digitalizada do Instituto Florestal de São Paulo (KRONKA, 2002) (Figura 2).

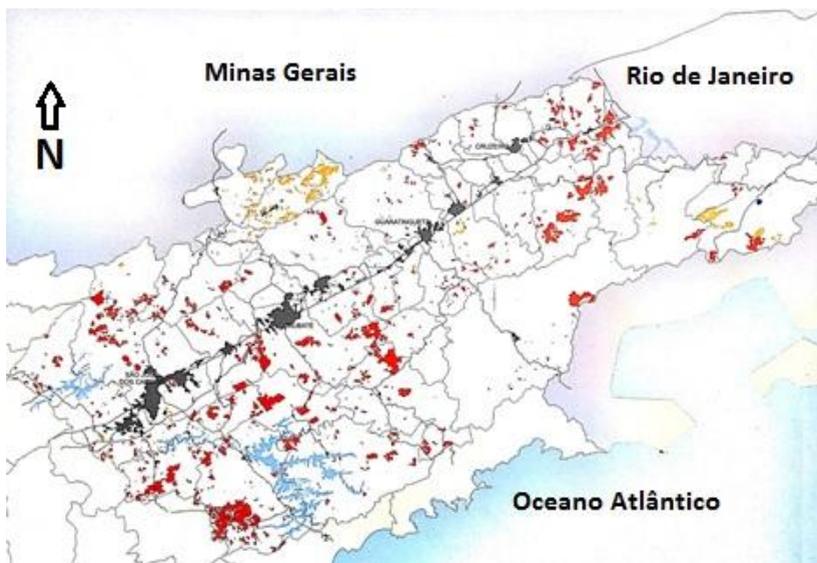


Figura 2. Mapa resultante do Inventário Florestal de São Paulo ano 2000 contendo áreas plantadas com eucalipto em vermelho e pinus em amarelo

Fonte: Kronka (2002).

Processamento e classificação de imagem de satélite

O satélite Landsat-8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, com 30m de resolução espacial, dois sensores: o sensor *Operational Land Imager* (OLI) e o sensor infravermelho termal (TIRS), mais de 500 imagens por dia são captadas e arquivadas com dados Landsat no Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), centro de Ciência e Observação de Recursos Terrestres (EROS), Dakota do Sul, EUA e disponibilizadas gratuitamente via Internet em: earthexplorer.usgs.gov/, dados Landsat têm sido utilizados para mapeamento e monitoramento da cobertura do solo e das propriedades biofísicas e geofísicas da superfície terrestre (ROY *et al.*, 2014).

A Tabela 1 apresenta as características do sensor OLI do Landsat-8, que consiste de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9).

A banda 8, do instrumento OLI, é pancromática e possui resolução espacial de 15 metros. A banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos costeiros e aerossol. A banda 9 (cirrus) é útil para a detecção de nuvens. As faixas térmicas 10 e 11 pertencem ao instrumento imageador TIRS. As faixas térmicas do instrumento TIRS são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície da terra, os dados coletados são representados em *pixels* de 100 metros de resolução espacial. O tamanho aproximado da cena Landsat-8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste (USGS, 2014)⁵.

Tabela 1. Características espectrais dos instrumentos imageadores OLI e TIRS a bordo do Landsat-8.

Landsat-8 Característica das Bandas	Comprimento de onda (micrômetros)	Resolução (metros)
	Operacional Land Imager (OLI) Bandas 1 a 9 e Thermal infrared Sensor (TIRS) Bandas 10 e 11	
Largura de Faixa	170 x 185 km	
Band 1 – Aerosol Costeiro	0,43 – 0,45	30
Band 2 – Azul	0,45 – 0,51	30
Band 3 – Verde	0,53 – 0,59	30
Band 4 – Vermelho	0,64 – 0,67	30
Band 5 – Infra Vermelho próximo (NIR)	0,85 – 0,88	30
Band 6 – Ondas curtas IR (SWIR 1)	1,57 – 1,65	30
Band 7 – Ondas curtas IR (SWIR 2)	2,11 – 2,29	30
Band 8 – Pancromática	0,50 – 0,68	15
Band 9 – Nuvens	1,36 – 1,38	30
Band 10 – Infra VermelhoTernal (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100
Band 11 – Infra VermelhoTernal(TIRS) 2	11,50 – 12,51	100
Resolução Radiométrica	16 Bits	
Projeção	Projeção UTM, Datum WGS 1984	
Revisita	16 dias	
Órbita	Heliossíncrona (altitude de 705 km)	

Fonte: United States Geological Survey (USGS, 2014).

Classificação da imagem

O primeiro passo para a classificação foi identificar plantios homogêneos de eucalipto. Para alcançar o objetivo, a composição RGB-654 do Landsat-8 foi utilizada com ajuste no contraste, por apresentar visualmente menor confusão entre as classes de eucalipto e de floresta nativas. Foram obtidas amostras de treinamento do algoritmo de classificação e amostras para teste distribuídas na imagem. O limiar de aceitação utilizado que forneceu melhor resultado foi de 82,67%. Esse limiar engloba 82,67% dos *pixels*, sendo que 17,33% de menor probabilidade serão ignorados, compensando a possibilidade de alguns *pixels* terem sido

introduzidos no treinamento por engano, nesta classe, ou estarem no limite entre duas classes diferentes. Um resultado de classificação ideal deve apresentar os valores próximos a 100%, se não houver confusão entre as classes analisadas. Porém, esta é uma situação pouco provável em imagens com alvos de características espectrais semelhantes.

Para aquisição das amostras, este método de classificação parte do pressuposto que o usuário conheça previamente a área analisada, bem como a distribuição das classes para que, desta forma, quando da aplicação da classificação, a seleção de amostras de treinamento possa ser o mais eficiente possível (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007).

Fator importante para a sua eficácia é a obtenção de uma precisão razoável da estimativa do vetor médio e da matriz de covariância de toda a classe espectral. Fato este dependente da quantidade de *pixels* incluídos nas amostras de treinamento (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007).

Com base em Kronka (2002), analisou-se a distribuição das áreas ocupadas por reflorestamentos de eucalipto no ano 2000, o que facilitou a classificação das áreas ocupadas por eucalipto no ano 2013 pela sobreposição da imagem digitalizada do IF. Desta forma, foi possível a correção de eventuais áreas classificadas erroneamente.

A correção nos mapas produzidos exigiria trabalho de campo intenso, edição manual de fotografias de melhor resolução

ou comparações entre imagens do período de um ciclo do eucalipto (variável entre as espécies e finalidades), além de informações cartográficas adicionais de empresas do setor.

Principais etapas da metodologia

Com objetivo de analisar a distribuição espacial do reflorestamento, foi construído um banco de dados contendo as áreas de eucalipto de cada município estudado. A planilha foi criada no Excel, salva no formato CSV e importada pelo programa TerraView 4.2.2 de acesso público e desenvolvido pelo INPE (<http://www.dpi.inpe.br/>) e a base digital da região do Vale do Paraíba Paulista do IBGE, escala 1:50.000.

A malha municipal de todos os municípios que compõem a bacia, com base em dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é disponibilizada pelo banco de dados do projeto SPRING (CAMARA *et al.*, 1996). Os dados analisados foram: limites e áreas dos municípios do Vale do Paraíba Paulista na UGRHI 2; reflorestamento em 2013; reflorestamento em 2010; reflorestamento em 2007; reflorestamento em 2000 (Tabela2).

Para uma visão geral da intensidade do reflorestamento na área de estudo gerou-se os mapas Kernel com os dados dos plantios de eucalipto de cada município da UGRHI 2. O Mapa de Kernel é uma ferramenta que permite analisar o comportamento de padrões de pontos. Basicamente o Mapa de Kernel fornece, por meio de interpolação, a intensidade pontual do processo em toda a

região de estudo (DRUK *et al.*, 2004). O Kernel possibilita a estimação da intensidade das ocorrências em toda a área, mesmo nas regiões onde o processo não tenha gerado nenhuma ocorrência real.

Análise das ocorrências das áreas de eucalipto e mapas kernel em 2000, 2007, 2010 e 2013

Estimativa de 2000

O projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Instituto Florestal (IF) do Estado de São Paulo envolveu uma pesquisa quantitativa sobre os dados do ano 2000, obtidos a partir das imagens de satélite datadas de 1999 e 2000, quantificando todas as áreas de reflorestamento com as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* plantadas no Estado de São Paulo por meio do uso de ferramentas do Geoprocessamento (KRONKA, 2002). Resultados deste inventário revelaram uma área de 76.200 ha para a região correspondente à UGRHI 2.

Estimativa de 2007

Os dados da estimativa das áreas plantadas foram obtidos de Arguello *et al.* (2010) e comparados com os dados referentes ao ano de 2000 do IF. Houve um aumento de 32,2% na área plantada com eucalipto na região até 2007.

O resultado da estimativa de 2007 foi comparado com dados do Projeto LUPA da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, referente a 2007 e apenas uma diferença de 1,4% foi encontrada, considerando o conjunto de todos os municípios (ARGUELLO *et al.*, 2010). Esta pesquisa usou metodologia baseada na análise e interpretação das imagens TM/Landsat-5 (2006/2007) usando como referência o mapeamento realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo (IF) (KRONKA, 2002).

Estimativa de 2010

Análise das Áreas Reflorestadas na UGRHI 2 sobre imagens do satélite Landsat do ano 2010 é reportada por Batista *et al.* (2010). Eles revelaram que a estimativa total de reflorestamento considerando os municípios da UGRHI 2 para o ano 2010, com base no geoprocessamento das imagens foi de aproximadamente 115.939 ha. Apresentou um aumento de 15% em relação ao ano de 2007, correspondente a aproximadamente 15.000 ha.

Estimativa de 2013

Na quantificação das áreas de eucalipto em 2013 foram apresentados os valores em hectares, para todos os municípios situados da UGRHI 2. Os resultados da análise do ano 2013 foram comparados aos dados dos anos 2000, 2007 e 2010.

Segundo Kronka (2002), não havia plantações significativas de eucaliptocultura no Vale do Paraíba até 1971, contudo, com incentivos governamentais, em 1991 já havia 70.700

ha plantados, equivalente a 9,8% das áreas plantadas no Estado de São Paulo. Os dados analisados foram: limites e áreas dos municípios do Vale do Paraíba Paulista na UGRHI 2; reflorestamento em 2000; reflorestamento em 2007; reflorestamento 2010; reflorestamento em 2013; foram utilizados para o cruzamento dos dados, como mostrado na Tabela 2.

Analisando a Figura 3 e a Tabela 2, constata-se o crescimento das áreas plantadas com eucalipto ao longo dos últimos anos na Região do Vale do Paraíba do Sul.

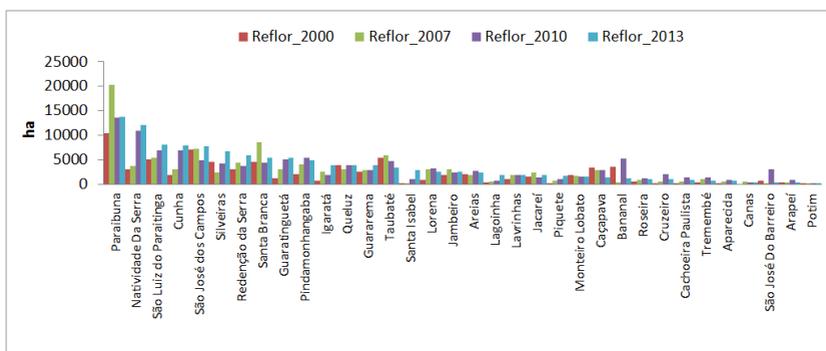


Figura 3. Área ocupada com eucaliptocultura nos anos 2000¹, 2007², 2010³ e 2013 nos 34 municípios que compõem a UGRHI 2 ordenados em ordem decrescente de área do ano de 2010.

Fonte: Kronka (2002)¹; Arguello (2010)²; Batista et al. (2010)³.

A extensão territorial da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul foi estimada neste trabalho em 1.418.964 ha.

Tabela 2. Áreas plantadas (ha) com eucalipto referente aos anos 2000, 2007, 2010 e 2013 com os municípios ordenados em ordem decrescente, com base em 2013.

Municípios ¹	Área (ha)	Reflorestamento (ano/ha)			
		2000 ²	2007 ³	2010 ⁴	2013
Paraibuna	80979	10471	20283	13683	13854
Natividade Da Serra	83261	3130	3726	10968	12134
São Luiz do Paraitinga	61715	5065	5482	6963	8108
Cunha	140717	1847	3017	6952	7956
São José dos Campos	109961	7029	7237	4907	7812
Silveiras	41470	4557	2417	4278	6761
Redenção da Serra	30911	3151	4065	3681	5862
Santa Branca	27500	4577	8603	4468	5395
Guaratinguetá	75144	1281	3047	5076	5383
Pindamonhangaba	73017	2059	4112	5482	4869
Igaratá	29332	741	2630	1918	3972
Queluz	24941	3927	3055	3876	3881
Guararema	27050	2563	2961	2889	3872
Taubaté	62592	5362	6011	4685	3432
Santa Isabel	36149	254	271	1106	2872
Lorena	41378	940	3014	3191	2608
Jambeiro	18376	1915	3097	2459	2593
Areias	30657	2027	1962	2816	2377
Continuação da Tabela 2..					
Lagoinha	25592	477	657	692	1901
Lavrinhas	16686	1139	1841	1898	1897
Jacareí	46007	1658	2350	1416	1847

Piquete	17588	179	772	1029	1812
Monteiro Lobato	33274	1921	1725	1521	1584
Caçapava	36991	3372	2896	2854	1460
Bananal	61632	3559	414	5327	1296
Roseira	13019	563	976	1314	1048
Cruzeiro	30457	183	564	2048	1002
Cachoeira Paulista	28784	267	513	1346	940
Tremembé	19242	439	1037	1478	818
Aparecida	12094	269	597	842	701
Canas	5349	0	596	449	442
São José Do Barreiro	57063	817	73	3131	412
Arapeí	15571	401	338	988	389
Potim	4465	27	54	208	31
Total	1418964	76200	100742	115939	121321

Fonte: Municípios da UGRHI 2¹; Kronka (2002)²; Arguello (2010)³; Batista *et al.* (2010)⁴.

Essa pesquisa revelou que em 2013, 121.123 ha estavam ocupados por reflorestamento com eucalipto, o que corresponde a 8,5% da bacia e, em relação ao ano 2000, a proporção do cultivo de eucalipto na bacia hidrográfica aumentou em 59,2%. Muito provavelmente que esse aumento se intensificou pelas ofertas aos proprietários pelas empresas do ramo de papel e celulose que incentivaram o plantio de eucalipto, garantindo a compra das áreas produzidas.

De acordo com Arguello (2010), essa estratégia empresarial desencadeou um processo de uso da terra preocupante na UGRHI 2, pois pequenos e médios proprietários de terras teriam aderido a essa proposta, plantando os eucaliptais em áreas que

deveriam ser preservadas ou recuperadas para abrigar espécies da flora e fauna da região.

A eucaliptocultura mostra-se como tendência atual de expansão no Vale do Paraíba, mostrando um novo ciclo, depois da cana de açúcar e do café, verifica-se a presença forte da iniciativa privada e do Estado, com Plano de Manejo e Desenvolvimento Sustentável (SANTOS e SANTOS, 2010).

O setor de florestas plantadas tem forte participação na economia nacional. Dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2011) indicam que, em 2012, o valor bruto da produção obtido pelo setor totalizou R\$ 56,3 bilhões.

Já os tributos arrecadados corresponderam a R\$ 7,6 bilhões 0,5% da arrecadação nacional (EMBRAPA, 2014). Levantamentos de informações realizados pelo IBGE mostraram que o Produto Interno Bruto (PIB) obteve crescimento, em 2013, de 2,3%, atingindo o patamar, em valor absoluto, de R\$ 4,8 trilhões.

Com aumento das áreas plantadas com eucalipto, aumenta a necessidade de circulação de pessoas, produtos (estradas, pontes, silos, terras para cultivo, etc.) e dos bens nas empresas (o maquinário, veículos, sementes selecionadas, fertilizantes, pesticidas, etc.).

O papel desta, na transformação da produção e do espaço, torna-se fundamental para o planejamento. Isso depende também da regulação do Estado na organização dessa atividade.

Tabela 3. Diferença em (%) porcentagem da área plantada com eucalipto entre 2000 e 2013.

Municípios ¹	Área (ha)	Reflorestamento (ano/ha)		Diferença %
		2000 ²	2013	
Santa Isabel	36149	254	2872	1030,7
Piquete	17588	179	1812	912,3
Cruzeiro	30457	183	1002	447,5
Igaratá	29332	741	3972	436,0
Cunha	140717	1847	7956	330,8
Guaratinguetá	75144	1281	5383	320,2
Lagoinha	25592	477	1901	298,5
Natividade Da Serra	83261	3130	12134	287,7
Cachoeira Paulista	2874	267	940	252,1
Lorena	41378	940	2608	177,5
Aparecida	12094	269	701	160,6
Pindamonhangaba	73017	2059	4869	136,5
Tremembé	19242	439	818	86,3
Roseira	13019	563	1048	862
Redenção da Serra	30911	3151	5862	86,0
Lavrinhas	16686	1139	1897	66,6
São Luiz do Paraitinga	61715	5065	8108	60,1
Continuação da Tabela 3...				
Guararema	27050	2563	3872	51,1
Silveiras	41470	4557	6761	48,4
Jambeiro	18376	1915	2593	35,4
Paraibuna	80979	10471	13854	32,3

Santa Branca	27500	4577	5395	17,9
Areias	30657	2027	2377	17,3
Potim	4465	27	31	14,8
Jacareí	46007	1658	1847	11,4
São José dos Campos	109961	7029	7812	11,1
Canas	5349	0	442	0,0
Queluz	24941	3927	3881	-1,2
Arapeí	15571	401	389	-3,0
Monteiro Lobato	33274	1921	1584	-17,5
Taubaté	62592	5362	3432	-36,0
São José Do Barreiro	57063	817	412	-49,6
Caçapava	36991	3372	1460	-56,7
Bananal	61632	3559	1296	-63,6
Total	1418964	76200	121321	59,2

Fonte: Municípios da UGRHI 2¹; Kronka (2002)²; Arguello (2010)³; Batista *et al.* (2010)⁴.

A Tabela 3 e Figura 4 apresenta uma visão geral da evolução das áreas plantadas com eucalipto na UGRHI 2 no período de 13 anos de estudo. Em 2013, os municípios de Santa Branca, Redenção da Serra, Paraibuna, Silveiras e Queluz tiveram mais de 15% de suas áreas territoriais ocupadas com eucalipto. São 35.754 ha de eucalipto plantados, equivalentes a 29,3% da área plantada em cinco cidades do Vale do Paraíba Paulista. São Luiz do Paraitinga-SP, é alvo de tantos questionamentos, em seu Plano Diretor aprovado em 2010, restringiu a área utilizada em plantios florestais de espécies exóticas (eucaliptos e *pinus*) a no máximo 18% do município.

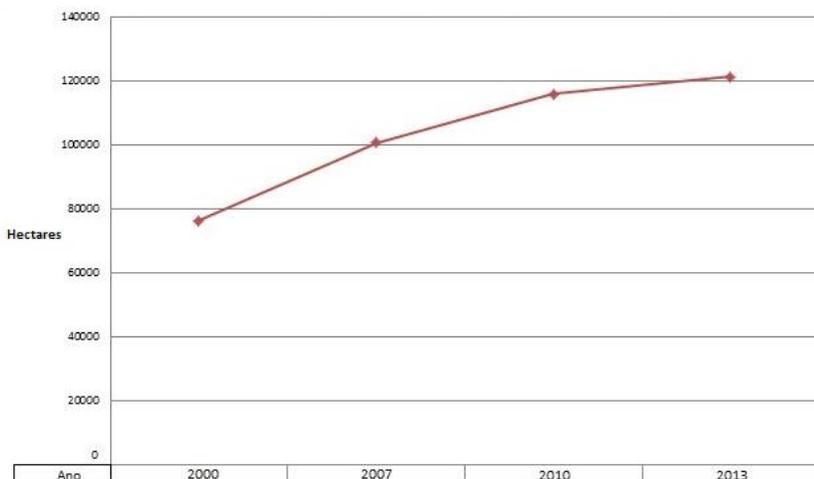


Figura 4. Áreas ocupadas com plantios de eucalipto nos anos 2000¹, 2007², 2010³ e 2013.

Fonte: Kronka (2002)¹; ARGUELLO (2010)²; Batista et al. (2010)³.

Em 2013, atingiu 13,1% ocupados por eucalipto, no ano 2010, quando a lei foi aprovada, o valor era de 11,2%.

A lei restringe a atividade de silvicultura em São Luiz do Paraitinga. Entretanto, a lei não restringe o plantio de braquiária. O ideal é diversificação do uso do solo. Quando o Cadastro Ambiental Rural (CAR) for divulgado, muito provavelmente São Luiz do Paraitinga terá área considerável de seu município coberto por pastagens. O grande desafio é integrar esses diferentes usos do solo: a integração lavoura, pecuária e floresta pode ser muito utilizada.

As estimativas realizadas para UGRHI 2 indicam que o eucalipto, para exploração de celulose, parece ser atrativo do ponto de vista econômico e viável do ponto de vista ecológico. Atualmente fala-se muito no zoneamento ecológico econômico, que parece ser uma ferramenta poderosa no planejamento das paisagens. A mão de obra é dependente da área plantada e do sistema fundiário: fazendas próprias, arrendamentos ou fomento florestal (SANTOS e SANTOS 2010).

Kernel ano 2013

Técnicas de análise espacial de dados de área incluindo o Mapa Kernel, foram utilizadas para ilustrar a distribuição da eucaliptocultura na UGRHI 2. As áreas com eucalipto ocorrem principalmente nos limites dos municípios, acompanhando as linhas de cumeadas(cristas de serras), em áreas de difícil acesso e de forma linear. Ocorre uma grande mancha na porção Sudoeste da região de estudo, nos municípios de Paraibuna, Natividade da Serra, São Luiz do Paraitinga, Jacareí e municípios em seu entorno (Figura 5) e também alta ocorrência próxima à represa de Paraibuna.

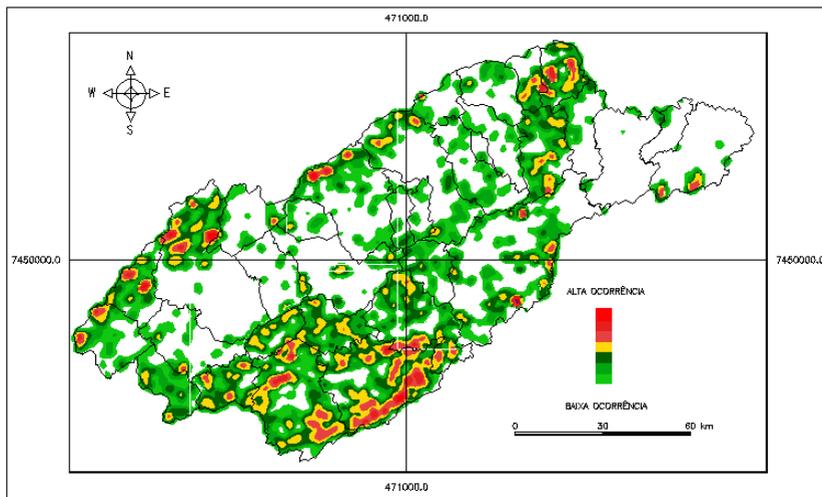


Figura 5. Concentração da plantação de eucalipto nos municípios da UGRHI 2 no ano de 2013 obtida pelo método Kernel, processado no programa TerraView com base nos dados da imagem do Landsat-8 2013.

Os plantios de eucaliptos ocorrem em toda região, ora mais esparsos, ora mais adensados. O mapa Kernel mostra ocorrência média nos municípios entre Pindamonhangaba e Areias. Municípios próximos à rodovia Presidente Dutra têm facilitada a logística de transporte do eucalipto até a Fibria Celulose e Papel, em Jacareí.

Os municípios Potim e Arapeí ainda continuavam em 2013 com baixa ocorrência de reflorestamento de eucalipto. Em 2013, Queluz 3.881 ha, Lavrinhas 1.897 ha e Silveiras 6.671 ha, esses três municípios juntos somam o total de 12.539 ha de eucalipto, diferença de 24,7% em comparação aos 10.052 ha no ano 2010. No

município de Cunha ocorreu aumento de 14,4% nas áreas plantadas com eucalipto no período de 2010 a 2013. Taubaté teve diminuída a área plantada com eucalipto, no ano 2000 havia 5.362 ha. Em 2007, 6.011 ha e diminui para 3.432 ha em 2013. Com os resultados obtidos, observou-se na região um incremento das áreas ocupadas com eucalipto. Alguns lugares tendem a se tornar mais propícios, tanto próximo ou distante, e isso, atribui-se este crescimento à melhoria do nível tecnológico, à demanda crescente por produtos do eucalipto, aos aspectos econômicos, retorno financeiro do investimento e à falta de estímulo para produção agrícola de outras *commodities*.

O eucalipto pode ser encontrado nos diversos relevos, tanto planos quanto acidentados. A presença da fábrica de celulose no município de Jacareí, naturalmente condiciona as maiores concentrações da cultura. Porém, com o grande aumento das áreas plantadas (45.121 ha) nos treze anos estudados, surgiram novas áreas de plantio que não existiam no ano 2.000. Mesmo com o conhecimento superficial do fenômeno e poucas evidências ou dados sobre o comportamento, a análise visual da distribuição pode ser o primeiro passo a ser explorado. A avaliação da análise do mapa pode ser útil para informações iniciais do evento. Para facilitar a compreensão do surgimento das novas áreas ocupadas pelo plantio, a UGRHI 2 foi dividida em duas partes e agrupada em municípios da porção Oeste e municípios da porção Leste. Observa-se na Tabela 4 que proporcionalmente maior parte desse aumento

foi nos municípios da UGRHI 2 da porção Leste (Figura 6). Com avanço dos anos, a porção Leste teve aumento gradativo no plantio de eucalipto até o ano de 2010, em 2013 houve queda de 1% no plantio em relação a 2010.

Tabela 4. Área de reflorestamento (ha e porcentagem) dos municípios referentes à porção Leste da UGRHI 2 nos anos 2000, 2007, 2010 e 2013.

Municípios	Reflorestamento (ano)			
	2000	2007	2010	2013
Total de área (ha)	24042	27362	50251	43805
Porcentagem da área (%)	3,5	4,0	7,3	6,3

Os 19 municípios marcados na cor verde, juntos somam 690.003 ha de eucalipto equivalentes a 48,5% do total da área da UGRHI 2 na porção Leste (Figura 6). Considerando o resultado da Tabela 4, no ano 2000, a ocupação do eucalipto era de 3,5%, com pico no ano 2010 de 7,3%, praticamente dobra as proporções das áreas ocupadas com plantio na porção Leste. Esse resultado reforça a ideia da estratégia da indústria de celulose e papel que tem a preferência por áreas mais próximas, mas quando a demanda aumenta, elas ampliam o raio de atuação.

Na porção Oeste, as ocorrências com plantios ocupavam 7,1%, em 2000. Nos anos 2007, 2010 e 2013 verifica-se certa estabilidade com pequena variação, manteve-se a média de 10% de ocupação pelo plantio de eucalipto (Tabela 5).

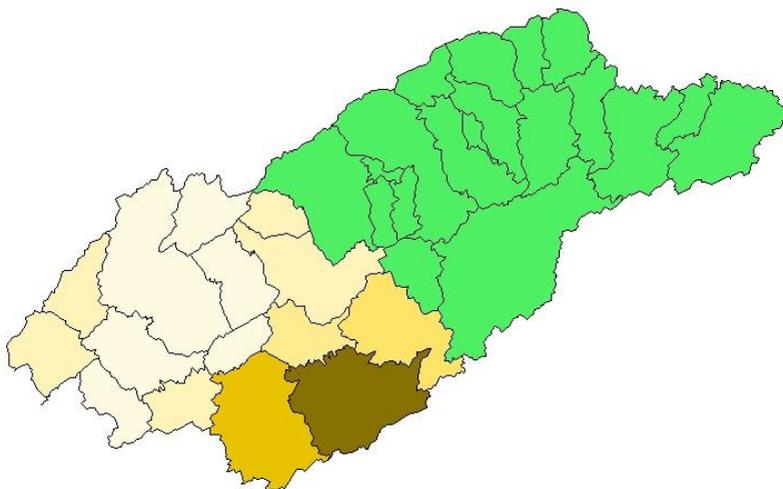


Figura 6. Municípios da UGRHI 2, porção Leste, com os polígonos na cor verde representado os limites municipais.

Tabela 5. Área de reflorestamento (ha e porcentagem) dos municípios referentes à porção Oeste da UGRHI 2, nos anos 2000, 2007, 2010 e 2013.

Municípios	Reflorestamento (ano)			
	2000	2007	2010	2013
Total de área (ha)	52125	73031	65688	77516
Porcentagem da área (%)	7,1	10	9,0	10,6

Os quinze municípios da porção Oeste somam um total de 728.932 ha o que representa aproximadamente 51,4% da área total da UGRHI 2 (Figura 7).

Mesmo com aumento das áreas ocupadas com eucalipto na porção Leste, a porção Oeste continua com área plantada maior

em 2013. Verificou-se que em 2013, a UGRHI 2 estava ocupada com 8,5% do total da bacia hidrográfica (121.123 ha) por reflorestamento de eucalipto. Em 2013, a porção Oeste representava 5,4% (77.516 ha) do plantio da área da UGRHI 2 contra 3,1% (43805 ha) da porção Leste.



Figura 7. Municípios da UGRHI 2, porção Oeste, com os polígonos na cor verde representado os municípios.

Do ponto de vista da distância as fábricas têm a desvantagem da porção Leste do Vale do Paraíba paulista. Alguns lugares tornam-se preferenciais, tanto próximo ou distante, e essa distância se dá às variadas condições de técnicas de produção e logística mais que aos recursos naturais. Esse resultado justifica o vetor do crescimento das áreas com eucalipto.

Como nos períodos anteriores, essas novas ocorrências com eucalipto na porção Leste da UGRHI 2 distribuem-se de forma desigual entre os municípios. Em certos casos, como nos municípios de Bananal, São José do Barreiro e Areias, em todos os anos continuam com baixa ocorrência e, até o momento desta pesquisa, estão longe da área de interesse da fábrica de celulose e papel na região. A maior parte da ocorrência do eucalipto é nos municípios de Paraibuna, Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga, por facilitarem a logística para fábrica de Jacareí.

As análises espaciais utilizando os índices Moran Global e Local são um tanto complexas, uma vez que a manipulação dos dados deve estar relacionada ao tipo de informação que se deseja extrair das variáveis. Os indicadores Global e Local, em conjunto, refinam o conhecimento sobre a pesquisa e permitem se analisar a dependência espacial. Foram realizados ambos aplicativos, o Kernel e o Índice Moran. Os resultados apresentaram padrões coerentes à realidade da UGRHI 2. Os indicadores, quando usados em conjunto, propiciam uma visão mais abrangente da área de estudo. Entretanto, a descrição destas análises foge ao escopo deste trabalho, mas pode ser vista em Anacleto e Freitas Júnior (2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que em 2013, a UGRHI 2 estava ocupada com 8,5% (121.123 ha) por reflorestamento de eucalipto, a proporção do

cultivo de eucalipto na bacia hidrográfica aumentou em 59,2%, em relação ao ano 2000.

Essa pesquisa revelou com base na análise do Índice de Moran Global e indicadores de associação espacial que há padrões espaciais e auto correlação espacial positiva na distribuição geográfica das áreas ocupadas com plantios de eucalipto na UGRHI 2.

Existe dependência espacial dos plantios, com maior prevalência em zonas de concentração da cultura de eucalipto na porção Sudoeste da UGRHI 2 e aumento gradativo na porção Leste em todos os anos analisados (2000, 2007, 2010 e 2013).

No período referente à pesquisa, é evidente a expansão das áreas ocupadas com plantio do eucalipto na UGRHI 2, embora menos acelerado em anos mais recentes.

Nesse contexto, fica evidente que a distribuição espacial da eucaliptocultura no período analisado é maior na porção Sudoeste em função da localização da indústria Fibria Celulose S/A (Jacareí) que é a maior consumidora da madeira do eucalipto para a produção de celulose, mas houve o surgimento de novas áreas na porção Leste da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. DC. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; ROJAS, J. S. D. Índice de área foliar de *Eucalyptus grandis* em resposta à adubação com potássio e sódio. In: Anais I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO

HIDROLÓGICO, 7-9 Nov.2007. Taubaté. **Anais eletrônicos...** Taubaté: IPABHi, 2007. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/82/1-7.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2013.

ANACLETO L. M. O.; FREITAS JUNIOR, G. Diagnóstico de Cobertura da Terra no Município de Redenção da Serra-SP: anos de 2000 e 2010. **Revista GeoPantanal**, v.10, n.18, p.219-235, 2015.

ARGUELLO, F. V. P.; BATISTA, G. T.; PONZONI, F. J.; DIAS, N. W. Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Revista Ambiente Água**, v. 5, n. 3, p. 133-146, 2010.

ARGÜELLO, F.V.P. **Expansão do eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul**. 2010, 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Taubaté, SP. 2010. Disponível em: <http://www.bdtd.unitau.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=153> Acesso em 15 de abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTADAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011**. Brasília: ABRAF, 2011. 145p.

BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.; CASTRO, R. M.; MOREIRA, R. C. Análise espectral comparativa entre coberturas florestais de essências nativas e exóticas utilizando o sensor aerotransportado hiperespectral HSS (do visível ao infravermelho termal). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE. 2007. p. 6423-6430, CD-ROM, On-line. ISBN 97885-1700031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.16.08>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

BATISTA, G. T.; SOUZA, C. F.; TARGA, M. S.; DIAS, N. W.; PAULA, G. R.; SANTOS, L.; MIRANDA, A. Relatório Técnico Final: **Projeto Comportamento da Água no Solo sob Cobertura Vegetal de Eucalipto e de Essências Florestais Nativas**. CNPq – Processo 480990/2007-7 - Edital MCT/CNPq 15/2007 - Universal Seleção Pública de Projetos de Pesquisa Científica, Tecnológica e Inovação. 72p, 2010.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados** – novos sistemas sensores, métodos inovadores. Oficina de Textos Ltda., São Paulo, SP, 2005. 286p.

CÂMARA, G.; FREITAS, U.M.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v. 15, n.6, July 1996.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, **EMBRAPA**, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>> Acesso em: 7 de maio de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Encontro Brasileiro de Silvicultura reúne setor responsável por 4,5% do PIB nacional** - Portal Embrapa. (2016). [online] Embrapa.br. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1713635/encontro-brasileiro-de-silvicultura-reune-setor-responsavel-por-45-do-pib-nacional>> Acessado em 5 Mar. 2016.

FARDIN, L. P.; DUARTE, D. C. O. ; ARAÚJO JÚNIOR, C. A. Determinação de áreas potenciais para plantios de eucalipto utilizando técnicas de análise multicritério. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE EUCALIPTO, 2-4 Set. 2015, Vitória, **Anais eletrônicos...** Vitória: Centro de Treinamento Dom João Batista – Vitória, ES. Disponível em: <http://www.congressoeucalipto.com.br/trabalhos_a/Fardin_Leonardo_P.pdf> Acesso em 25 fev. 2016.

FARIAS, C. **Justiça barra cultivo de eucalipto em São Luiz do Paraitinga** (SP). Folha online. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u380546.shtml>>. Acesso em 17 mar. 2013.

FARINACI, J.S; FERREIRA, L.C; BATISTELLA, M. Transição florestal e modernização ecológica: a eucaliptocultura para além do bem e do mal. **Ambiente e Sociedade**, v. 16, n. 2, p. 25-46. 2013.

FREITAS JUNIOR, G.; MARSON, A. A.; SOLERA, D. A. G. Os eucaliptos no Vale do Paraíba paulista: aspectos geográficos e históricos. **Revista Geonorte**, v.1, n.4, 2012.

FREITAS JUNIOR, G. **O eucalipto no Vale do Paraíba paulista: aspectos geográficos e históricos**. 2011, 70f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-26062012-140626/pt-br.php>> Acesso em 17 de Jun. 2013

KRONKA, F. J. N. (org.). **Inventário florestal das áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente-Instituto Florestal, 2002. p 76.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BARRADAS, A. M. F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L. A.; BORGIO, S. C. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1569-1576. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.10.06/doc/1569.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 301p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

RAMOS, J. G. A.; DIAS, H. C. T. Escoamento superficial de água de chuva no cultivo do eucalipto. In: I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 7-9 Nov, 2007. Taubaté. **Anais eletrônicos...** Taubaté: IPABHi, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/121>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

RIBEIRO, R. J. C.; BAPTISTA, G. M. M.; BIAS, E. S. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5471-5478. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.10.06/doc/1569.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

ROY, D. P. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**, v. 145, p. 154-172, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442571400042X>> <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse> Acessado em: 13 de maio. 2014.

SANTOS B. S.; SANTOS R. L.; S. M. SANTO. Análise espacial aplicada à expansão de condomínios fechados na cidade de feira de Santana (BA). IN: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 6-9 Mai. 2012, Recife, **Anais eletrônicos...** Recife-PE, Disponível em: <https://www.ufpe.br/cggt/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/149_5.pdf> Acesso em: 12 de jun. de 2015.

SANTOS, V. P; SANTOS, J. C. RELAÇÕES DE MERCADO DE TRABALHO RURAL NA PRODUÇÃO DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE SANTA BRANCA – SP. In: XIV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E X ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba – 2010. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/trabalhos_humanas.html> Acesso em: 04 de mar. de 2016.

SATO, A. M.; AVELAR, A. S.; NETTO, A. L. C. Hidrologia de encosta numa cabeceira de drenagem com cobertura de eucalipto na bacia do rio Sesmarias: médio vale do rio Paraíba do Sul. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 Nov. 2007, Taubaté. **Anais eletrônicos...** Taubaté: IPABHi, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/93>>. Acesso em: 26 de jun. 2015.

SEADE. **Fundação de Sistema Estadual de Análise de Dados** (2012). Disponível em: <www.seade.gov.br> acesso: 7 de fev. de 2016.

TEIXEIRA, A. **O Perfil do Profissional de GIS**, 2001. 2p. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br/colunas/amandio/2000_04_04.htm>. Acesso em: agosto de 2014.

TERRAVIEW 4.1.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: www.dpi.inpe.br/terraview. Acesso em: 05 de nov. 2015.

USGS; U. S. **Geological Survey U.S. Department** of the Interior. Disponível em:< <http://Landsat.usgs.gov>> Acesso em: 12 de jun. de 2015.

VIANNA, L. G. G.; SATO, A. M.; FERNANDES, M. C.; NETTO, A. L. C. Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geoecossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). In: I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO. Taubaté, 07-09 Nov. 2007, Taubaté. **Anais eletrônicos...** Taubaté: IPABHi, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/122>>. Acesso em: 9 mar. De 2008.

CAPÍTULO 3

Educação e saúde ambiental: atuação dos profissionais das escolas públicas na sensibilização da comunidade para promoção de atitudes sustentáveis¹.

Fabício Nazareno Pessoa Lama², Andréa Paula Peneluppi de Medeiros³

INTRODUÇÃO

A cada ano morrem no mundo mais de 3 milhões de crianças menores de 5 anos em decorrência de causas relacionadas à degradação do meio ambiente. Quarenta por cento dessas mortes são devidas à falta de água potável para beber (OMS, 2006; VALENZUELA *et al*, 2011). Diante desse cenário, convive-se com um problema social degradante que nos empobrece como sociedade, além de ocasionar impactos ao meio ambiente e riscos para a saúde humana. No Brasil, pesquisas recentes apontam uma triste realidade evidenciando os impactos ambientais causados pela ausência do saneamento como causador de mortes e internações hospitalares nas regiões periféricas do país.

¹ Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

² Professor da rede pública da Secretaria Executiva de Educação SEDUC, Professor da Secretaria Municipal de Educação de Barcarena-SEMED e Professor Formador do Plano Nacional de Formação de Professores do Estado do Pará - PARFOR PRESENCIAL/CAPES (UFRA).

³ Universidade de Taubaté, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luís Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, e-mail: andrea.apeneluppi@uol.com.br

De acordo com Brasil (2008), das 81 maiores cidades do Brasil, com população acima de 300 mil habitantes, cerca de 5,9 bilhões de litros de esgoto semtratamento são despejados diariamente no meio ambiente, contaminando solos, rios, mananciais e praias do país, ocasionando impactos diretos à saúde da população.

No Estado do Pará não é diferente, de acordo com o *Ranking* do Saneamento das cem maiores cidades do Brasil, publicada em agosto de 2012 pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), mostrou-se que as três maiores cidades paraenses como Belém, Santarém e Ananindeua ocuparam as posições de 95º, 96º e 97º respectivamente. Estudo realizado por Kronemberger (2013) aponta que o município de Ananindeua (PA), de 2008 a 2011, foi considerado um caso crítico na área da saúde, uma vez que ocupou o primeiro lugar das cidades brasileiras em relação ao número elevado de internações hospitalares por diarreias causadas por esgotamento inadequado.

Essa incômoda e desfavorável posição sinaliza a ausência de políticas públicas voltadas aos interesses da população, bem como as severas consequências na saúde pública.

Nesse sentido faz-se necessário modificar esta realidade. Percebe-se que cresce o número de instituições e pessoas preocupadas com a urgência da mudança. São cientistas, institutos de pesquisas, organizações sociais, empresas, instituições de ensino, população em geral, enfim, grande parte da sociedade está

sensível aos problemas sociais gerados pela falta de saneamento básico na maioria das cidades brasileiras.

A escola como ferramenta principal de transformação de uma sociedade não poderia ficar alheia a essa discussão. Pois é na escola que se desenvolvem os processos educativos, é nessa instituição que os indivíduos são sensibilizados quanto às questões coletivas de conhecimento, construção de valores, habilidades, atitudes e competências voltadas para o surgimento de uma sociedade justa e comprometida com as questões globais. Como se observa, uma das funções mais importantes da escola é o seu poder de transformação e influência da comunidade na qual está inserida. Trajber e Mendonça (2007) ressaltam que é na temática ambiental que a escola poderia apresentar um impacto significativo na sociedade, por meio da criação de canais de comunicação com a população, nos quais seja possível a discussão e reflexão sobre o papel dos cidadãos nas condições socioambientais.

É necessário estabelecer conexões reais entre os saberes, provocar mudanças de comportamentos para juntos elaborar ações dinâmicas e objetivos alcançáveis que nos permitam desenvolver uma nova maneira de lidar com o meio ambiente e evitar problemas de saúde da população. Sendo assim, Penteadó (2007) recomenda que é preciso investir para que haja mudanças significativas e que esta seja pautada em forma de trabalhos escolares por uma lógica ambiental, a fim de que passemos da escola informativa para a escola formativa. Logo, torna-se necessário que a escola contribua

com a formação de pessoas capazes de criar e ampliar espaço de participação nas tomadas de decisões de nossos problemas socioambientais.

Diante dessa perspectiva, cada escola precisa tornar-se um espaço educador sustentável, no qual nela se possa viver e realizar experiências cotidianas de hábitos e ações saudáveis para o planeta e para a qualidade de vida. A escola não deve atuar só, é preciso trazer a comunidade para o seu lado para que juntos possam discutir e apresentar propostas para a sociedade acerca dos problemas ambientais enfrentados nos bairros nos quais estão inseridas e, com isso, melhorar seu espaço e garantir a saúde ambiental.

No entanto, como a escola se comporta diante dos problemas ambientais em que está inserida? Como as escolas da rede estadual trabalham a educação ambiental?

Buscando repostas para estas perguntas e diante da relevância do tema, surge a motivação para o desenvolvimento do presente estudo "Educação e saúde ambientais: atuação dos profissionais das escolas públicas na sensibilização da comunidade para a promoção de atitudes sustentáveis".

Dessa forma, este trabalho propõe-se a analisar a educação e a saúde ambiental mediante atuação dos profissionais de ensino das escolas públicas estaduais de ensino fundamental e médio, a partir da percepção dos moradores da comunidade/responsáveis pelos alunos onde as escolas

pesquisadas estão inseridas e, posteriormente, sugerir ações direcionadas à melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida, oportunizando o envolvimento entre escola e comunidade.

DESENVOLVIMENTO

Histórico sobre a educação ambiental

Inicialmente, é importante conceituar a Educação Ambiental como os "processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltados à conservação do meio ambiente, bem de uso comum, essencial à sadia qualidade de vida e sustentabilidade. (BRASIL, 1999).

As questões ambientais ganharam ênfase no cenário internacional em 1972, em Estocolmo na Suécia. Neste momento ocorreu a primeira Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, em que se reuniram vários países, inclusive o Brasil, num total de 113 nações, para determinar um conjunto de princípios referentes ao manejo ecologicamente racional do meio ambiente, elaborando assim a Declaração de Estocolmo. Neste contexto, a educação ambiental começa a ser objeto de discussão das políticas públicas, pois as ações antrópicas como o crescimento desordenado de cidades, a poluição das águas, solos e do ar passaram a interferir diretamente na qualidade de vida da população.

“O Plano de Ação da Conferência de Estocolmo” recomendou a capacitação de professores e o desenvolvimento de novos métodos e recursos instrucionais para o desenvolvimento da Educação Ambiental. (CARVALHO 2006).

A UNESCO e PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) promoveram três conferências internacionais voltadas especificamente para a educação ambiental. A primeira, realizada em 1975, diz respeito à Conferência de Belgrado, na Sérvia reuniu especialistas de 65 países com o objetivo de estabelecer uma nova ética planetária para a erradicação da pobreza, analfabetismo, fome, poluição, exploração e dominação humana. Neste evento foi escrito um importante documento denominado “Carta de Belgrado”, considerado um dos documentos mais importantes sobre Educação Ambiental gerado na década de 70, a qual sugeriu também a criação de um Programa Mundial de Educação Ambiental.

O segundo evento foi a Conferência de Tbilisi, uma conferência intergovernamental sobre educação ambiental, realizada em 1977, caracterizada por tornar-se um dos mais marcantes encontros da história sobre Educação Ambiental endossada por mais de 150 países, dentre os quais o Brasil não participou em caráter oficial. A Conferência de Tbilisi foi fundamental para o desenvolvimento da primeira fase do Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA), que foi inicialmente sugerido na Conferência de Estocolmo e realmente iniciado somente na

Conferência de Belgrado. Nesta Conferência, foram organizadas 41 recomendações sobre a educação ambiental em nível mundial, consideradas um grande marco na educação ambiental.

As recomendações organizadas na Conferência de Tbilisi sugerem que a educação ambiental deve ser trabalhada com enfoque global e com base interdisciplinar, além disso, preconiza que o processo educativo deve ser renovado e reformulado nas bases da educação ambiental, no ensino formal e informal, para todas as classes e faixas etárias de forma permanente. Para Dias (2000), este documento deixa claro que a educação ambiental deve considerar não somente a fauna e a flora, mas incluir também os aspectos sociais, econômicos, científicos, tecnológicos, culturais, ecológicos e éticos.

A terceira Conferência Internacional sobre Educação Ambiental, organizada pela UNESCO e PNUMA, aconteceu em 1987, em Moscou, reunindo educadores ambientais de cerca de 100 países vinculados às organizações não governamentais. Esse encontro reforçou os princípios e objetivos traçados em Tbilisi, segundo os quais a educação ambiental deveria formar os indivíduos, desenvolver habilidade e disseminar valores e princípios que permitissem à sociedade elaborar propostas para solução dos problemas ambientais. Para tanto, acordou-se que deveria haver uma reorientação da política de educação ambiental a partir de um plano de ação, com base nas seguintes diretrizes: a) implantação de um modelo curricular constituído a partir da troca de experiências

mundiais; b) capacitação educadora que atuasse com projetos de educação ambiental; c) utilização das áreas de conservação ambiental como polos de pesquisas e formação docente; d) intensificação e melhoria da qualidade das informações ambientais veiculadas na mídia internacional (DIAS, 2000).

Carvalho (2006) relata que principalmente nas décadas de 80 e 90, com o desenvolvimento industrial ocorrido nos países subdesenvolvidos provenientes de um sistema capitalista impositivo, este movimento contribuiu de forma acelerada para a degradação do meio ambiente, assim como ocorreu o avanço da não consciência ambiental. Por isso, conciliar este desenvolvimento industrial com a preservação do meio ambiente passou a ser um desafio do mundo globalizado.

Contudo, foi assim que vinte anos após Estocolmo, quinze depois de Tbilisi e cinco depois de Moscou, chegou-se à Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92, no Brasil, evento este que se transformou num momento especial também para a evolução da Educação Ambiental. Segundo Dias (2000), a Rio-92 reafirmou a tese da Conferência de Tbilisi, principalmente aquela que dizia respeito à interdisciplinaridade da Educação Ambiental, priorizando três metas: a) reorientar a educação ambiental para o desenvolvimento sustentável; b) proporcionar informações sobre o meio ambiente, formar e conscientizar a população sobre os

problemas que estavam ocorrendo no planeta; c) promover a formação de professores na área de educação ambiental.

Jacobi (2003) relata que o desafio é colocar a educação ambiental de maneira crítica e inovadora em dois níveis: formal e não formal, para que assim ela possa tornar-se um ato político voltado para a transformação social. A relação entre meio ambiente e educação para um mundo melhor assume um papel cada vez mais desafiador, demandando a emergência de novos saberes e novas práticas educacionais. Por sua vez, Tamaio (2000) afirma que educação ambiental é condição necessária para modificar um quadro de crescente degradação socioambiental, mas ela ainda não é suficiente, esta modalidade de ensino converte-se em “mais uma ferramenta de mediação necessária entre culturas, comportamentos diferenciados e interesses de grupos sociais para a construção das transformações desejadas”. Portanto, a educação ambiental deve ser vista como um processo permanente de aprendizagem que valoriza as diversas formas de conhecimento na formação de cidadãos com consciência ambiental global.

No Brasil, os temas de Educação Ambiental ganharam ênfase nas escolas em 1997 quando foram criados pelo Ministério da Educação e do Desporto (MEC) os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS), subsidiando as escolas a trabalharem com temas transversais. A Lei nº 9.795, de 1999, estabelece a Política Nacional de Educação Ambiental e em seu Artigo 2º afirma que “a Educação Ambiental é um componente essencial e permanente na

Educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal,” segundo Lopes *et al* (2009). Já o Artigo 3º, inciso II, complementa a ideia ao prescrever que cabe às “instituições educativas promover a Educação Ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem”. Sob esta ótica, a escola é uma das Instituições que devem trabalhar com as questões e problemas ambientais.

O censo escolar no período de 2001 a 2004 procurou responder a uma pergunta, sobre a presença da Educação Ambiental nas escolas de ensino fundamental no Brasil. O resultado desta pesquisa mostrou que a educação ambiental no Brasil é aplicada por intermédio de três modalidades principais: projetos, disciplinas especiais e inserção da temática ambiental nas disciplinas. Verificou-se que o desempenho das diferentes modalidades de educação ambiental não foi uniforme no período de 2001 a 2004. As taxas de crescimento para este período alcançaram aproximadamente 90% para as modalidades projetos e disciplinas especiais, enquanto a taxa de crescimento para a Inserção da temática ambiental nas disciplinas foi de apenas 17%, conforme Trajber e Mendonça (2007).

Contribuindo com esta temática, Penteado (2007) fez um levantamento a respeito da formação de professores com relação à questão do meio ambiente enquanto o MEC (2007) elaborou material didático com uma coletânea de artigos envolvendo

educação e políticas públicas nas questões ambientais, escola e comunidade. Já Lopes *et al* (2009) realizaram um apanhado dos problemas ambientais no mundo e examinaram os métodos de ensino da Educação Ambiental no Brasil, mostrando a evolução da educação ambiental nos últimos 40 anos. Veiga *et al* (2005) fizeram uma análise da presença da educação ambiental nas escolas das cinco regiões do Brasil no período de 2001 a 2004. Outra instituição que contribui com essa temática foi o Ministério do Meio Ambiente que abordou assuntos relacionados ao meio ambiente com ênfase nas diretrizes, decretos e leis que iriam nortear as responsabilidades da sociedade brasileira.

O saneamento básico com enfoque na saúde

A Organização Mundial da Saúde publicou que muitas crianças do nosso planeta morrem por problemas relacionados à degradação do meio ambiente; a água é um dos elementos que contribui acentuadamente para esta estatística. Também encontramos apoio na Organização Panamericana da Saúde (OPAS, 2001) ao relacionar os tipos de doenças associadas à água e quando afirma que “as águas contaminadas podem causar inúmeras doenças”. O Instituto Trata Brasil/FGV apresentou, em 2008, um estudo que aponta o impacto da falta de saneamento como fator vital para o desenvolvimento do Brasil. Acerca dessa temática, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010) fornece informações valiosas de estudos em relação ao

saneamento básico. A taxa de mortalidade por doença diarreica aguda em menores de cinco anos de idade no Brasil em decorrência da falta ou do inadequado saneamento vem declinando progressivamente ao longo de décadas. Contudo, nas regiões Norte e Nordeste, os valores permanecem em patamares elevados, mesmo apresentando grande redução nas demais regiões brasileiras. A redução deste índice negativo nas regiões do Brasil deu-se em função da melhoria das condições de vida, de saneamento, bem como de atenção básica à saúde da criança ao relacionar possíveis doenças à total falta de condições do meio ambiente.

No que diz respeito mais especificamente aos agravos à saúde de notificação compulsória (exemplo: dengue), tem-se o Sistema Nacional de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2011) que fornece informações sobre a saúde da população nas regiões e nas unidades da federação. Com ênfase nesta temática, Vásquez *et al* (2011) mostraram matéria explicando os riscos de doenças associado às condições sanitárias dos sistemas de abastecimento de água. Por outro lado, Valenzuela *et al*, (2011) revisaram publicações sobre a pediatria ambiental, seus efeitos potenciais para a saúde e, especialmente, seus avanços na prevenção. Para isso, fizeram um levantamento dos artigos mais importantes publicados de 1990 a 2010, além de capítulos de livros relacionados à pediatria ambiental e afirmou que “aproximadamente 30-40% das doenças pediátricas estão relacionadas a fatores ambientais”. Além disso,

citaram também que “as crianças estão constantemente expostas a vários riscos ambientais para a saúde, dentre os quais se destacam: água contaminada, falta de condições adequadas de saneamento, poluição do ar, vetores de doenças, perigos químicos, injúrias e acidentes”.

No Brasil, estudos vêm mostrando ao longo dos anos que é preciso investir em saneamento básico no sentido de minimizar as desigualdades e a pobreza, garantindo melhores condições de saúde e de vida para nossa população. Desta forma, Carneiro *et al* (2012), analisando indicadores sociais, econômicos, ambientais e de saúde para exemplificar esse problema relatou que o Brasil, mesmo com os avanços nos indicadores socioeconômicos, ainda se apresenta desigual, situação fruto de um desenvolvimento historicamente excludente. Também Zombinie e Pelicioni (2013) fazem um alerta a essa situação ao dizerem que o nível de saúde da população depende muito das condições socioambientais em que ela vive. Os ecossistemas degradados e a baixa cobertura do saneamento básico são fatores de risco importantes para o adoecimento, particularmente das crianças, enquanto que Kronemberger, (2013), analisou os impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde resultante do esgotamento sanitário inadequado nos 100 maiores municípios brasileiros em população. Recentemente, obteve-se a contribuição dos Indicadores de desenvolvimento sustentável – Brasil (2012) que realizou o mapeamento da situação do saneamento e da saúde ambiental nas

regiões e estados da federação. A respeito do saneamento, vários indicadores foram avaliados como, por exemplo, o acesso ao esgotamento sanitário, a qualidade das águas, o tratamento de esgoto, a esperança de vida ao nascer, a taxa de mortalidade infantil, as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, entre outras. Neste estudo, percebeu-se que dentre as grandes regiões da federação, a região Norte apresenta os piores índices.

A região Norte apresenta apenas um pouco mais de 60% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, a esperança de vida ao nascer é a menor do país, com aproximadamente 71%, assim como o número de internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado também é a maior entre todas as cinco grandes regiões.

É preciso mudar esse quadro para que nossos índices de risco com relação à saúde ambiental possam diminuir. Precisamos saber como lidar com nosso meio e nossos gestores devem investir em políticas públicas para equacionar gastos na saúde com relação ao binômio saneamento x comunidade, e com isso, garantir o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, “o abastecimento de água de boa qualidade é um indicador universal de desenvolvimento sustentável, importante para a caracterização da qualidade de vida da população. Possibilita o acompanhamento das políticas públicas de saneamento básico e ambiental” IBGE (2010).

A água

A água é um bem necessário e pode ser utilizada para vários fins. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS), este tema vem sendo trabalhado nos projetos de Educação Ambiental, via PPP, e é relevante na medida em que traz a realidade de mundo e as sérias consequências geradas pelas ações antrópicas ao meio ambiente. Com ênfase nas questões atuais, a água destaca-se, uma vez que o assunto é fonte enriquecedora dos debates dentro e fora de sala de aula. Zombini e Pelicioni (2013) relatam que a água como elemento essencial à vida dos seres vivos, propicia a escola estabelecer várias perspectivas de trabalhar esta temática, haja vista a sua grande utilidade nos vários segmentos da sociedade, como um recurso natural renovável, necessária para o consumo humano, ao preparo de alimentos, a higiene pessoal, a limpeza no ambiente doméstico, para os mais variados manejos referentes à agricultura, para a produção de energia e destinada também para o lançamento de dejetos previamente tratados, de origem doméstica e industrial dos centros urbanos.

Além disso, o desperdício de água e a escassez em seus reservatórios são fatores importantes a serem discutidos pela sociedade. Há tempos vem se adotando um ritmo acelerado de consumo e uso da água, desta forma, o uso desenfreado é superior à capacidade de renovação e reposição. O homem e suas ações inadequadas promovem e contribuem direta e indiretamente para o esgotamento da água em nosso planeta, fato este que gera

consequências gravíssimas quanto ao desperdício, desaparecimento e à diminuição dos rios e represas.

Os resíduos sólidos

A questão acerca dos resíduos sólidos pode ser explorada, tanto na produção de lixo gerado pela população, quanto pela atividade da reciclagem, portanto, este assunto torna-se interessante e de boa aceitação nas discussões das escolas, sobretudo pelo tema lixo ser um enfrentamento constante no cotidiano de todos. Ainda sob a ótica do lixo, diversos aspectos podem ser abordados a respeito deste problema ambiental como o consumo desenfreado de produtos descartáveis e não descartáveis, coleta de lixo, limpeza pública, resíduos sólidos que têm como destino final os cursos d'água, a relação da comunidade com o lixo doméstico, a produção de lixo, a reciclagem, entre outros.

Atualmente o consumo desenfreado de produtos em que na sua quase totalidade oferecem o descarte de embalagens e a inexistência de uma gestão integrada dos serviços de manejo dos resíduos sólidos, exerce um forte impacto negativo na limpeza pública, na coleta e na destinação final desses resíduos. Por isso, o lixo é apontado como um dos grandes problemas ambientais do mundo, os resíduos não coletados acumulam-se no solo, permanecendo por certo período de tempo, em que se deterioram conforme seu material garantindo assim a contaminação da água de superfície e subterrânea, do ar e colocando em risco a saúde de

todos os seres vivos. Ainda com o foco nos resíduos sólidos, cabe ressaltar a importância de se trabalhar com os alunos e comunidade o volume de lixo doméstico gerado nas casas assim como esclarecer que há uma relação bastante clara e direta com nível de saúde da população e o acondicionamento e destinação correta dos resíduos. Portanto, todo cuidado com lixo é fundamental devido a esse material trazer sérios problemas de saúde ao homem.

O acúmulo do lixo acondicionado em local inadequado faz com que ele seja um transmissor de doenças por facilitar a proliferação de agentes infecciosos e animais peçonhentos. De acordo com a Defensoria da Água (2009), vetores como moscas, mosquitos, baratas e roedores podem provocar doenças e se reproduzir por encontrar no lixo, alimentos e condições adequadas para isso.

O trabalho voltado para a reciclagem do lixo traz um avanço, tanto no quesito ambiental, quanto no socioeconômico na reutilização dos materiais recicláveis como fonte de renda. A separação e a coleta correta do lixo levam à geração de menos resíduos, preservam os recursos naturais e promovem saúde, proporcionando assim maior qualidade de vida à população. Para Sema (2009), a diminuição de resíduos no interior e no entorno das moradias, bem como nos lixões e aterros, faz-se por meio do incentivo à redução do consumo, reutilização de objetos e a reciclagem, mas, principalmente, por meio da coleta seletiva daquele material que faz parte do consumo diário. Estas medidas

geram economia de matérias-primas, água e energia, poluem menos o ambiente e aliviam os aterros sanitários, preservando terrenos que podem ser destinados à construção de moradias e espaços de lazer.

A reciclagem e a coleta seletiva apresentam-se como alternativas, não somente ambientais, como também econômicas na geração de renda à população que vive em condições desfavoráveis nas periferias.

A implementação de projetos desenvolvidos na escola envolvendo a comunidade no sentido de reduzir os resíduos sólidos surge como alternativa para o enfrentamento desse problema. Desta forma, as instituições de ensino devem oportunizar o conhecimento das técnicas de sustentabilidade como, por exemplo, a compostagem, a coleta seletiva e a reciclagem com o intuito de promover a destinação correta do lixo. Dentre essas possibilidades, a coleta seletiva apresenta-se como proposta viável, econômica e acessível para todas as escolas pesquisadas.

O esgotamento sanitário

Considerando o tema poluição e saneamento, a escola tem muito a explorar. As desigualdades, por exemplo, nas regiões da federação são acentuadas com relação a essa temática. Nesta abordagem, contamos com o apoio do Instituto de Desenvolvimento Sustentável - Brasil (IBGE, 2012), quando relata que a proporção de moradores em domicílios urbanos com esgotamento sanitário

adequado na Região Norte é aproximadamente 63%, enquanto a Região Sudeste encontra-se em torno de 94%. Em se tratando de abastecimento de água, a Região Norte possui em torno de 70% de moradores em domicílios urbanos por rede geral, já a Região Sudeste está acima de 95%.

Outra abordagem que merece destaque nas escolas são as doenças de veiculação hídrica, pois o despejo do esgoto não tratado transmite para o meio aquático organismos patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos) que irão limitar os múltiplos usos da água e causar sérios prejuízos à saúde (CUTOLO e ROCHA, 2002).

Interação escola e comunidade

A relação escola e comunidade torna-se relevante na medida em que estes dois segmentos da sociedade necessitam juntos buscar estratégias para equacionar os problemas ambientais existentes em sua região, quer seja através de projetos de Educação Ambiental dentro da escola ou simplesmente propostas alternativas viáveis que possibilitem a melhoria na qualidade de vida da população. Integrar escola e comunidade torna-se imprescindível para o bom andamento da escola e qualidade de seu processo educacional, uma vez, que estabelecida esta relação de reciprocidade entre os interesses da escola, e da comunidade firma-se uma parceria com um único objetivo, o de melhorar a qualidade

da educação e a qualidade de vida das pessoas que residem nas adjacências da instituição.

Dentro do contexto escolar, encontram-se ferramentas capazes de auxiliar neste estreitamento entre ambos os segmentos. O principal instrumento de aproximação chama-se Projeto Político Pedagógico (PPP), que se caracteriza como um documento capaz de promover a identidade de uma escola, haja vista que aponta todas as particulares, problemáticas e ações que cada escola pode utilizar para melhorar o processo ensino aprendizagem. Este documento envolve todos os segmentos da comunidade escolar em busca de melhorias e benfeitorias para o bem estar dos indivíduos envolvidos neste processo. O PPP, de acordo com Lück (2009), é o marco referencial da escola, o ponto norteador de todas as ações educacionais, constituindo-se em um instrumento teórico-metodológico que deseja promover a qualidade dos atos educacionais e por consequência, a formação do cidadão.

A comunidade deve fazer parte de ações elaboradas pelas escolas. É interessante também que ocorra o envolvimento de todos os segmentos da comunidade escolar na participação de atividades como, por exemplo, eventos culturais, esportivos, sociais, feiras científicas e o Projeto Político Pedagógico (PPP). Conforme Veiga (2001), o Projeto Político Pedagógico da escola é elaborado de forma participativa e colaborativa englobando toda a coletividade docente, alunos, pais e/ou responsáveis e funcionários, ocorrendo, desta forma, um dos princípios básicos do PPP, que deve ser

construído mediante a realidade, explicitando seus desafios e problemas.

Metodologia e procedimentos

O estudo foi realizado em quatro escolas públicas de ensino fundamental e médio do Estado do Pará, situadas na Região Metropolitana de Belém no Distrito de Icoaraci, Ilha de Caratateuta e na cidade de Belém. Nestas escolas, foram quantificados 116 professores e 2.230 alunos.

Inicialmente realizou-se um levantamento *in loco* para verificar quais bairros apresentavam problemas ambientais e quais escolas ali estavam inseridas. Através de visitas, identificaram-se problemas ambientais no entorno das seguintes escolas: E.E.E.F.M “Brasília”; E.E.E.F.M “Nossa Senhora de Fátima II”; E.E.E.F. “XV de Novembro” e E.E.E.F. “Oito de Maio”, nas quais registram-se um total de 2.240 alunos matriculados e 140 professores, no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015. Este estudo constou de um diagnóstico da realidade socioambiental, com observações visuais registradas por meio de fotografias no primeiro momento e entrevistas no segundo momento.

Primeiramente, houve uma reunião com o corpo técnico gestor e demais docentes de cada escola a respeito da importância desse estudo e quais os benefícios a escola e comunidade poderiam ter com a implementação das ações previstas de acordo

com o objetivo deste trabalho, uma vez que a escola poderia implementar as sugestões a respeito das atitudes sustentáveis.

Do total de 140 profissionais de ensino, oitenta e sete aceitaram participar da pesquisa, uma vez que vinte e três estavam de licença, oito afastados de suas funções, quatro cedidos a outros órgãos e dezoito não quiseram participar.

Posteriormente, mobilizou-se a comunidade escolar na representação dos discentes, pais e/ou responsáveis dos alunos em caráter de reunião para que eles tomassem conhecimento do referido instrumento de pesquisa. Neste momento, foi explicado aos pais e responsáveis os benefícios do estudo, assim como sobre o preenchimento do questionário, além de ressaltar também a importância de todos na participação neste processo.

O total de alunos/moradores nas quatro escolas pesquisadas é de 2.240, porém apenas 1.153 participaram das reuniões e receberam os questionários. Destes, um número de quinhentos e noventa e cinco aceitaram participar do referido estudo, ou seja, retornaram os questionários devidamente respondidos. Cientes das ações que seriam estabelecidas quanto à execução dos procedimentos de pesquisa para o preenchimento dos questionários, profissionais de ensino, pais e responsáveis receberam os questionários para respondê-los, além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido autorizando a realização deste procedimento.

Os questionários respondidos pelos profissionais de ensinos foram entregues diretamente ao pesquisador juntamente com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado, dando o consentimento da liberação de divulgação dos resultados. Contudo, os materiais respondidos (questionário e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) pelos pais e responsáveis foram entregues aos seus respectivos filhos e posteriormente entregues também diretamente ao pesquisador. Esta situação só foi possível porque o pesquisador é professor das respectivas instituições de ensino, e com isso, tem a oportunidade de estar presente na comunidade escolar. Para os profissionais de ensino foi direcionado um questionário com 20 perguntas fechadas, distribuídas em blocos de assuntos como dados pessoais, cargo ocupado, disciplina lecionada e nível de escolaridade. Além disso, foram abordadas questões acerca dos projetos de Educação Ambiental, tais como: principais temas trabalhados; tempo em que a escola desenvolve os projetos e o objetivo da EA na escola. Também, abordaram-se perguntas quanto à formação dos professores, a interação escola e comunidade, a percepção de mudanças na escola e na comunidade durante a execução dos projetos, e por fim, questões a respeito da ocorrência de animais no âmbito escolar, os casos de doenças identificadas na escola e as ações para prevenção que a instituição executa para combater o surgimento de doenças.

Aos moradores, aplicou-se um questionário com 22 perguntas distribuídas da seguinte maneira: dados

socioeconômicos, renda familiar, número de moradores no domicílio, escolaridade, relação escola e comunidade, meio ambiente, uso da água, lixo, esgoto sanitário e saúde ambiental.

Sobre o desenvolvimento da educação ambiental

Quanto à forma de como se desenvolve a disciplina educação ambiental nas escolas, observa-se na Tabela 1 que a modalidade projetos apresenta a maioria das indicações com um total de 41%, seguidas pelas atividades de datas e eventos e temas transversais, com 32,2 e 31,0%, respectivamente. Também cabe ressaltar dois indicadores preocupantes neste contexto, o primeiro está relacionado à disciplina especial que foi abordada por apenas 1,1% dos entrevistados e, a informação mais agravante é que 24,1% dos entrevistados não desenvolvem atividades de educação ambiental nas escolas.

Tabela 1. A forma de como se desenvolve a disciplina educação ambiental no ensino fundamental das quatro escolas de Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Atividade de Educação Ambiental	Número	%
Projetos	36	41,4
Inserção da temática nas disciplinas específicas	10	11,5
Disciplinas especiais	1	1,1
Datas e eventos significativos	28	32,2
Tema transversal	27	31,0
Outros (Programa mais Educação)	5	5,7
Não desenvolve atividades de educação ambiental	21	24,1
Total	87	100

Percebe-se que existe uma parcela significativa de profissionais que relatou que a escola não desenvolve atividades de educação ambiental. Esse fato pode ter sido ocasionado devido à escola não incluir em seu calendário educacional, por alguns anos, iniciativas relacionadas à educação ambiental.

Realização dos projetos de educação ambiental

Quanto à motivação inicial para a realização de projetos de educação ambiental na escola, verifica-se na Tabela 2 que 58,3% partem da iniciativa da equipe de direção e coordenação, 27,8% de grupo de professores, 2,8% de alunos e 2,7% de empresas.

Observa-se também que a comunidade não tem participação nenhuma em projetos, fato preocupante, tendo em vista a existência de problemas ambientais nas adjacências das escolas estudadas.

A equipe técnica educacional contribuiu nas iniciativas de implementar o projeto de educação ambiental nas escolas por meio de alternativas metodológicas que incluíram os temas transversais do projeto nos conteúdos das disciplinas curriculares oportunizando a interdisciplinaridade.

O objetivo do projeto foi fortalecer sua característica de interdisciplinaridade, para que possa continuar perpassando e avançando nas modalidades educativas para manter um vínculo comum e verdadeiramente conexo com as escolas, respeitando-se

sempre a liberdade da comunidade escolar para construir o conteúdo pedagógico a ser desenvolvido.

Tabela 2. Informações da questão sobre iniciativas de projetos ambientais, destinadas aos alunos de escolas públicas do ensino fundamental no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Participação nos Projetos	Número	%
Apenas um professor	1	2,8
Grupos de professores	10	27,8
Equipe da direção	21	58,3
Alunos	1	2,8
Empresas	1	2,7
Comunidades	0	0,0
Outros	2	5,6
Total	36	100

Os grupos de professores também participaram contribuindo na elaboração de projetos ambientais envolvendo suas disciplinas nos temas abordados. Neste sentido, foram utilizadas práticas e metodologias diferenciadas das do seu cotidiano, haja vista que as atividades envolvendo projetos podem ocorrer em um ambiente diferente do da sala de aula.

O objetivo deste trabalho foi despertar interesse nos alunos em prol das questões ambientais. Segundo Dias (2004), a educação ambiental pode ser aplicada de diversas formas, mas com única finalidade, construir valores sociais, conhecimentos,

habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente.

As escolas, de um modo, geral trabalham de forma coerente com a realidade escolar, contudo, os projetos não se estendem para fora dos muros das instituições de ensino.

Saber quais são os desejos, os problemas e as expectativas que acometem as pessoas que vivem nas proximidades da escola fará com que ela tenha a dimensão para instaurar um processo de reflexão crítica e diagnóstica mediante o que aponta a realidade, cabendo também à escola buscar as devidas intervenções necessárias à solução destas demandas. Dentre as intervenções, ressaltam-se ações voltadas para estimular a participação de agentes transformadores nas questões ambientais que atingem a comunidade.

Para se fazer educação ambiental, é necessário, antes de tudo, sujeitos interessados e sensibilizados para a causa, o que implica a constituição de uma vontade coletiva, vista como pressuposto para o desenvolvimento de ações.

Execução dos projetos de educação ambiental

Os resultados da pesquisa demonstram que a execução do projeto de educação ambiental nas escolas pesquisadas ocorre predominantemente com enfoque voltado à solução de problemas na comunidade (83%), os temas estão inseridos e integrados ao Projeto Político Pedagógico das instituições de ensino (80,6%), os

temas também são utilizados na integração entre as diversas disciplinas (72%) e a ação conjunta de professores e alunos com a comunidade (52,8%) (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição das respostas afirmativas referente à maneira como ocorre a execução dos projetos de educação ambiental nas quatro escolas do ensino fundamental em Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Atividades	Números	%
Realização do projeto		
Integração de disciplinas	26	72,2
Integração do Projeto Político Pedagógico	29	80,6
Foco na solução de problemas	30	83,3
Ação conjunta professores, alunos e comunidade	19	52,8
Outros	8	22,2
Atores nos projetos de educação ambiental		
Grupo de professores	32	88,9
Equipe da direção	34	94,4
Alunos	35	97,2
Comunidade	10	27,8
Outros	3	8,3

Em relação aos autores do projeto, foi constatado que a participação dos alunos foi de 97,2%, seguido depois pela equipe da direção com 94,4% e grupos de professores com 88,9% e a menor participação com 27,8% ficou com a comunidade.

Tempo e motivação para a realização dos projetos de educação ambiental

Quanto às informações sobre o tempo em que as escolas desenvolvem os projetos ambientais, a maioria das instituições

pesquisadas relata que a educação ambiental é um tema considerado novo, portanto, atual no contexto destas instituições, haja vista que a maioria desenvolve os temas ambientais entre um a três anos (36,4%) e uma minoria de sete a nove e nove a dez (1,5%) (Tabela 4).

Estudos realizados por Trajber e Mendonça (2007) também constataram que, no Estado do Pará, a maioria das escolas também apresentou experiências de educação ambiental entre um e três anos.

Tabela 4. Informações das respostas relacionadas ao tempo em que a escola desenvolve os projetos ambientais e o que motivou a escola a realizar para os alunos do ensino fundamental de quatro escolas em Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Tempo e Motivação	Números	%
Tempo em que desenvolve educação ambiental (anos)		
Menos de um	16	24,2
De um a três	24	36,4
De três a sete	10	15,2
De sete a nove	1	1,5
De nove a dez	1	1,5
Mais de dez	14	21,2
Total	66	100
Motivos pelos quais a escola começou a trabalhar educação ambiental		
Diretriz da secretaria de educação	1	1,5
Iniciativa de um professor ou grupo de professores	27	40,9
Interesse dos alunos	0	0,0
Notícias na mídia	1	1,5
Parâmetros curriculares nacionais	4	6,1
Política nacional e estadual de educação ambiental	6	9,1
Problema ambiental na comunidade	25	37,9
Projeto de empresa	1	1,5
Projeto de organização não governamental	0	0,0
Outros (técnicos em Educação)	1	1,5
Total	66	100

O período de um a três anos de educação ambiental observado no presente estudo indica, segundo Palmeri e Cavali (2013), que este projeto de educação ambiental ainda está imaturo e não teve tempo para ser enraizado nas escolas, pois o tempo de experiência está abaixo de sete anos.

Quanto à motivação verifica-se na Tabela 4 que mais de um terço das escolas começaram a trabalhar os temas sobre meio ambiente através da iniciativa de um professor ou grupo de professores (40,9%), assim como no interesse da comunidade em solucionar os problemas ambientais existentes na região.

Nota-se que os programas de política nacional e estadual apresentaram um valor de 9,1% e o parâmetro curricular nacional foi de 6,1% na motivação para a escola começar a trabalhar com educação ambiental.

Sobre a interação escola e comunidade nos projetos de educação ambiental

Em relação à interação escola e comunidade, constata-se que 48,5% dos entrevistados afirmaram que não existe relação entre ambos os segmentos da sociedade, fato este que se torna preocupante para eventuais possibilidades de mudanças na região do entorno das escolas (Tabela 5).

Os elevados valores para as atividades de horta comunitária, oficinas e cursos de capacitação refletem a ação interna realizada com os alunos durante o horário das aulas. Os

professores perceberam que a horta comunitária e as oficinas, bem como os cursos de capacitação, não vêm atraindo a atenção da comunidade externa, fazendo com que a participação dos moradores e pais de alunos seja insignificante nas escolas. Talvez a baixa participação da comunidade esteja relacionada à falta de palestras com o objetivo de sensibilizar a comunidade.

Tabela 5. Frequências das respostas sobre a interação escola e comunidade nos projetos de educação ambiental nas quatro Instituições de ensino fundamental em Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Atividades de interação	Números	%
Horta comunitária	52	78,8
Oficinas e/ou cursos de capacitação	38	57,6
Não existe interação	32	48,5
Outros	20	30,3
Total	66	100

Fatores que contribuem para a inserção da educação ambiental

Ao analisar a porcentagem dos fatores que contribuem para a inserção da educação ambiental nas escolas, verifica-se que a opção uso da internet possui o maior percentual entre os entrevistados, com mais de 74,2%, seguida da opção professores qualificados e especializados, com aproximadamente 72,7%, ainda neste contexto, registra-se que a formação continuada de

professores apresenta um grande número das indicações, com 69,7% dos registros da pesquisa (Tabela 6).

Os resultados revelam que, além de professores qualificados, a utilização de novas tecnologias como, por exemplo, o uso de computador por professores aparecem como alternativas metodológicas que favorecem o processo ensino aprendizagem.

Tabela 6. Distribuição dos fatores que contribuem para a inserção da educação ambiental nas quatro escolas em Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015, segundo os profissionais de ensino

Inserção na escola	Números	%
Professores qualificados e especializados	48	72,7
Formação continuada de professores	46	69,7
Livros, jornais e revistas específicos	46	69,7
Uso da internet	49	74,2
Outros	16	24,2
Total	66	100

A este respeito, Morin (2002) afirma que as novas tecnologias nas práticas pedagógicas podem ser entendidas como instrumentos ou ferramentas de auxílio e complementação ao trabalho do professor promovendo, assim, a melhoria do processo ensino aprendizagem. Além disso, as mídias de comunicação e linguagem (rádio, tv, jornal, revistas, computador, internet) podem ser utilizadas para mediar as relações entre escola e seus membros, alunos, professores, diretores, coordenadores, funcionários e pais

e/ou responsáveis. Desta forma, pode-se estabelecer um contato efetivo e estreito entre os interessados na formação da cidadania e responsabilidade social e ambiental.

Mudanças comportamentais no cotidiano da escola e da comunidade

Quando o assunto está relacionado à percepção de mudanças comportamentais no cotidiano dos alunos dentro do âmbito escolar em decorrência da inserção da educação ambiental, 83% afirmaram que há menos lixo na escola e mais de dois terços dos participantes afirmaram que ocorreu melhoria na relação aluno/aluno, aluno/professor e aluno/funcionário.

Neste mesmo quantitativo temos alunos mais sensíveis e com um pouco menos de dois terços temos a opção melhora do ambiente físico (Tabela 7).

Tabela 7. Percepção de mudanças comportamentais no cotidiano dos alunos dentro do âmbito escolar nas quatro escolas em Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Mudanças na escola	Números	%
Melhora do ambiente físico	43	65,2
Alunos mais sensíveis	46	69,7
Diminuição de lixo na escola	55	83,3
Melhoria na relação aluno/professor/funcionário	51	77,3
Outros	15	22,7

Em termos de percepção de mudanças comportamentais no cotidiano da comunidade nos arredores das escolas, percebe-se que mais de 48% dos participantes afirmam que ocorreram melhorias no entorno da escola, quase 44% apontam a redução do volume de resíduos sólidos e mais de 39 % indicam que há uma maior sensibilização dos moradores quanto às questões ambientais (Tabela 8).

Tabela 8. Percepção de mudanças comportamentais no cotidiano da comunidade nos arredores das quatro escolas em Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Mudanças na comunidade	Números	%
Melhorias no entorno da escola	32	48,5
Redução do volume de resíduos sólidos	29	43,9
Maior sensibilização dos moradores	26	39,4
Outros	8	12,1
Total	66	100

Com foco na comunidade, a pesquisa revela que houve melhoria no entorno das escolas, maior sensibilização dos moradores e redução do volume de resíduos sólidos. Por outro lado, a maioria das pessoas que residem na comunidade disse que não há formação de associações e organizações ambientalistas ao redor das escolas e que existe carência de diálogo entre comunidade e poder público para a implantação de melhorias socioambientais e, por último, relata que existe uma pequena parcela de grupos de educadores ambientais.

Relação escola, comunidade e meio ambiente

Sob a ótica da relação escola, comunidade e meio ambiente e os trabalhos realizados pelas instituições pesquisadas para tratar de assuntos relacionados aos problemas de meio ambiente na comunidade, observou-se que 57,1% dos entrevistados responderam negativamente quanto à existência de ações e/ou propostas sugeridas pelas escolas, fato este que comprova a pouca interação entre escola e comunidade.

Contudo, quando questionados a respeito do interesse na participação da comunidade em cursos de reciclagem do lixo houve um percentual elevado (77,7%) de aceitabilidade para esta iniciativa (Tabela 9).

A pesquisa revelou que a escola tem pouca participação quando o assunto é interação com a comunidade e precisa imediatamente reverter esse quadro para ter ao seu lado um grande aliado nos problemas relacionados ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde.

Para isso, os profissionais da educação devem conhecer os problemas ambientais que atingem a comunidade na qual a escola está inserida e, desta forma, propor soluções em conjunto com os moradores através de projetos que possam nortear suas ideias como, por exemplo, cursos de capacitação de reciclagem do lixo, que apresentou boa aceitabilidade dos moradores que vivem nas adjacências das escolas pesquisadas.

Tabela 9. Frequência das respostas sob a ótica da relação escola, comunidade e meio ambiente no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Relação Escola/Comunidade/Meio Ambiente	Números	%
A escola faz reunião para tratar de problemas ambientais		
Sim	91	15,3
Não	340	57,1
Às vezes	87	14,7
Não sabe	77	12,9
Total	595	100
A escola tem disciplina ou projetos de meio ambiente		
Sim	159	26,7
Não	243	40,8
Às vezes	134	22,6
Não sabe	59	9,9
Total	595	100
Se a escola promovesse curso de reciclagem do lixo você participaria		
Sim	462	77,7
Não	50	8,4
Talvez	83	13,9
Total	595	100

A escola precisa trazer a comunidade para tratar assuntos de interesses coletivos no intuito de provocar mudanças de comportamento nas pessoas envolvidas. Uma das vertentes para envolver a população nos problemas existentes na comunidade é a educação ambiental. Para isso, diretores, técnicos em educação, professores precisam atuar juntos para discutir com os moradores que vivem ao redor da escola as questões existentes de saneamento básico inadequado e propor alternativas que venham evitar agravos à saúde ambiental.

Principais problemas ambientais encontrados na comunidade

Quando questionados acerca da existência de problemas ambientais existentes nas comunidades próximas às escolas pesquisadas, as respostas afirmativas apresentaram quase a totalidade das indicações com um pouco mais de 81%. Outro dado importante avaliado diz respeito ao principal problema ambiental detectado pela população nos bairros domiciliados.

Neste contexto, o lixo, com aproximadamente 73% das indicações, foi identificado como o problema ambiental mais grave. Não menos importante, porém com uma porcentagem menor de 45,2% dos respondentes considerou o esgotamento sanitário um fator preocupante para a comunidade, assim como a água para o consumo com 44% das indicações como os fatores que mais geram risco à saúde ambiental e à saúde da comunidade (Tabela 10).

Os dados destinados a coletar informações sobre a participação em ações voltadas à preservação do meio ambiente e sobre o convite à comunidade para sugerir propostas a fim de solucionar problemas ambientais, estes resultados apresentaram números significativos.

Aproximadamente mais de 80% dos entrevistados mostraram-se dispostos a contribuir com as questões ambientais na luta pela preservação do meio ambiente.

Lamentavelmente, quase a totalidade afirmou que jamais foram convidados a propor sugestões para a solução dos problemas ambientais na sua comunidade (Tabela 10).

O estudo revelou que a comunidade reconhece a existência de problemas ambientais no bairro. Neste sentido, ações devem ser tomadas para minimizar a situação, uma vez que os problemas ambientais tornam-se prejudiciais à saúde da população.

Tabela 10. Informações da questão sobre os principais problemas ambientais encontrados na comunidade próxima das escolas, assim como as ações propostas para a preservação do meio ambiente no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Questões Ambientais	Números	%
Há problema ambiental no bairro		
Sim	485	81,5
Não	62	10,4
Não sabe	48	8,1
Total	595	100
Principal problema ambiental do bairro		
Lixo	435	73,1
Esgoto Sanitário	269	45,2
Água para consumo	262	44,0
Outros	116	19,5
Total	595	100
Interesse em participar de ações de preservação do meio ambiente		
Sim	479	80,5
Não	20	3,4
Talvez	96	16,1
Total	595	100
Já foi convidado a dar sugestões para solucionar problemas ambientais na comunidade		
Sim	43	7,2
Não	527	88,6
Às vezes	25	4,2
Total	595	100

Sabe-se que o nível de saúde da população depende muito das condições ambientais em que ela vive, pois a poluição

ambiental é causa da maioria das doenças e de agravos à saúde (CARDOSO, 2005). Também, nesta pesquisa, foram feitas duas perguntas aos moradores.

A primeira é se eles foram convidados a dar sugestões para solucionar os problemas ambientais na comunidade, e em torno de nove para cada 10 moradores disseram que não (Tabela 10). Esse resultado mostra que a população encontra-se totalmente alheia para essa questão.

Também, nesta pesquisa, foram feitas duas perguntas aos moradores. A primeira é se eles foram convidados a dar sugestões para solucionar os problemas ambientais na comunidade, e em torno de nove para cada 10 moradores disseram que não (Tabela 10). Esse resultado mostra que a população encontra-se totalmente alheia para essa questão.

Quanto à segunda, perguntava se os moradores gostariam de participar de ações voltadas à preservação do meio ambiente e mais de 80% deles disseram que sim.

Analisando a Tabela 10, verifica-se que o lixo, esgoto sanitário e a água para o consumo foram os problemas ambientais mais relevantes observados pelas comunidades nas áreas próximas às escolas.

Relação ao uso de água

De acordo com os dados sobre a fonte de obtenção da água para o consumo humano, verifica-se que a grande maioria dos

moradores residentes nas proximidades das escolas não utiliza a água tratada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Este fato agrava-se quando comparado aos resultados que fazem referência às questões sobre o tratamento da água doméstica utilizada pelos moradores para o consumo, sendo que mais de um terço da população utiliza água sem tratamento algum (Tabela 11).

Tabela 11. Dados sobre o tratamento da água e sua utilização para o consumo humano dos moradores residentes nas proximidades das escolas estudadas na região metropolitana de Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Relação ao Uso da Água	Números	%
Água para consumo humano		
De poço a céu aberto	95	16,0
De poço artesiano/semi artesiano	194	32,6
Da companhia autônoma (COSANPA)	110	18,5
Água mineral de galão	163	27,4
Outros	33	5,5
Total	595	100
Tratamento da água para consumo		
Filtrada	297	49,9
Fervida	13	2,2
Clorada	60	10,1
Sem tratamento	225	37,8
Total	595	100

A situação dos moradores da região metropolitana de Belém que vivem próximas às escolas pesquisadas é preocupante quando o assunto está relacionado ao uso e consumo de água. Em primeiro lugar, porque poucas pessoas da comunidade possuem

água encanada disponibilizada pela companhia de saneamento (Tabela 11).

Em segundo lugar constatou-se frequência elevada na utilização de poços com possibilidades de contaminação da água atingindo não só pessoas como também o lençol freático.

Os resultados da Tabela 11 demonstram que quase a metade das famílias que vivem ao redor das escolas pesquisadas utiliza para consumo água de poço. Dessa metade, uma parte faz uso da água de poço a céu aberto, enquanto duas partes tiram proveito da água através de poços artesianos.

Outro dado agravante é que a metade dos entrevistados afirmou que suas famílias bebem água filtrada e que grande parte, ou seja, um pouco menos da metade, bebe água sem tratamento nenhum. Portanto é grande o risco dos moradores contraírem doenças relacionadas à água proveniente de poços ou nascentes.

Relação ao lixo

Os resultados da pesquisa sobre se a residência possui coleta de lixo reflete que a maioria dos moradores afirmou que o procedimento de coleta é realizado pela Prefeitura Municipal de Belém – PMB (Tabela 12). Ainda neste contexto, quando questionados sobre qual o principal destino do lixo, os moradores validaram a resposta anterior na medida em que mais de 80% confirmaram que seus resíduos sólidos são levados pela coleta

municipal. Também, cabe atenção às questões a respeito da reciclagem, uma vez que a grande maioria dos moradores não faz a separação do lixo (Tabela 12).

Tabela 12. Frequência da coleta e destinação final do lixo, assim como a participação em programas de reciclagem voltados aos moradores residentes próximo às escolas estudadas na região metropolitana de Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Relação ao Lixo	Números	%
Residência lixo coletado Prefeitura		
Sim	502	84,4
Não	93	15,6
Total	595	100
Quantas vezes por semana		
Uma vez	93	18,5
Duas vezes	144	28,7
Três vezes	208	41,4
Mais de três vezes	57	11,4
Total	595	100
Principal destino do lixo		
Queima	16	2,6
Enterra	1	0,2
Joga no lixão	101	17,0
Levado pela coleta municipal	477	80,2
Total	595	100
Separa lixo para reciclar		
Sim	95	16,0
Não	500	84,0
Total	595	100
Conhece ou participou de programa de reciclagem		
Sim	59	9,9
Não	478	80,3
Não lembro	58	9,8
Total	595	100

De acordo com o estudo, o lixo é coletado com frequência e destinado adequadamente, no entanto, a comunidade não separa o lixo por não conhecer programas de incentivo à reciclagem. Além disso, não há coleta seletiva de lixo advinda da gestão municipal. Para cada 100 pessoas que moram na comunidade, 17 declararam que jogam o lixo no lixão, ou seja, na rua, nos terrenos desocupados

Também, cabe atenção às questões a respeito da reciclagem, uma vez que a grande maioria dos moradores não faz a separação do lixo (Tabela 12).

De acordo com o estudo, o lixo é coletado com frequência e destinado adequadamente, no entanto, a comunidade não separa o lixo por não conhecer programas de incentivo à reciclagem.

Além disso, não há coleta seletiva de lixo advinda da gestão municipal. Para cada 100 pessoas que moram na comunidade, 17 declararam que jogam o lixo no lixão, ou seja, na rua, nos terrenos desocupados ou nas margens dos igarapés que cortam a cidade, uma vez que só existe um lixão na grande Belém-PA.

Relação ao esgoto sanitário

No que se refere aos dados sobre o esgotamento sanitário, o presente estudo apresenta uma preocupante realidade (Tabela 13).

Tabela 13. Dados sobre o esgotamento sanitário e o destino final do esgoto sanitário das residências das comunidades próximo às escolas estudadas na região metropolitana de Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015.

Relação ao Esgoto Sanitário	Números	%
Destinação final do esgoto sanitário da residência em:		
Galerias de águas pluviais	11	1,8
Fossa séptica	392	65,9
Céu aberto ou vala	142	23,9
Esgoto/prefeitura	50	8,4
Total	595	100

Quando indagados sobre qual é o destino final do seu esgoto domiciliar, apenas 8,4% dos moradores afirmaram positivamente que seu esgoto é recebido pelo sistema de esgoto da Prefeitura Municipal de Belém, enquanto a maioria, correspondente a 91,6% dos moradores, não possui seus esgotos domiciliares interligados com o sistema de esgoto municipal (Tabela 13). Os dados apresentados na Tabela 13 demonstram que há um número elevado de famílias dos alunos das escolas que utilizam fossa séptica e quase um quarto desses moradores se apropriam para lançar seu esgoto sanitário a céu aberto ou em vala.

Essas duas formas de destinação final do esgoto sanitário não são adequadas para áreas urbanas. Torna-se relevante informar que o menor percentual do destino do esgoto sanitário seja atribuído ao lançamento do esgoto gerenciado pela Prefeitura Municipal de Belém.

Essa inversão deixa a fossa séptica como alternativa para os problemas relacionados ao saneamento. Quanto ao lançamento de esgoto a céu aberto ou em vala em área urbana, é lamentável que isso ainda ocorra na capital do estado do Pará.

Relação à saúde ambiental

Verificam-se na Tabela 14 que as respostas em relação à saúde ambiental da comunidade, aproximadamente 89% dos entrevistados responderam positivamente sobre a existência de problemas ambientais geradores de risco à saúde.

Os moradores foram questionados quanto à percepção dos fatores que geram risco à saúde dos cidadãos domiciliados nas adjacências das escolas pesquisadas. Sob esta ótica, encontra-se um alto índice de indicações de vetores, tais como cachorros e/ou gatos, com 88,1% encontrados na localidade, acompanhados de perto por baratas (77%), ratos (68,7%) e urubus (51,3%). Adotando-se como critério a saúde humana, quando indagados sobre quais tipos de doenças já afetaram os membros ocupantes do domicílio, verifica-se que a diarreia surge como a principal delas com 65% das respostas, mais da metade 56% já teve piolho e em quase metade dos domicílios já ocorreram casos de dengue e verminoses (Tabela 14). Ainda na Tabela 14 observa-se que a maioria das pessoas que moram ao redor das escolas pesquisadas tem a consciência de que os problemas ambientais geram risco à saúde.

Tabela 14. Frequência das respostas em relação à saúde ambiental da comunidade e os fatores que geram risco à saúde dos moradores das comunidades próximas das escolas pesquisadas na região metropolitana de Belém-PA no período entre março de 2014 a fevereiro de 2015

Relação a Saúde ambiental	Números	%
Problemas ambientais geram risco à saúde		
Sim	529	88,9
Não	33	5,5
Não sei	33	5,6
Total	595	100
Bairro é comum encontrar		
Baratas	458	77,0
Ratos	409	68,7
Urubus	305	51,3
Caramujos	171	28,7
Carrapatos	172	28,9
Cachorros e/ou gatos	524	88,1
Não é comum encontrar	9	1,5
Total	2.048	100
Doença na residência		
Piolho	333	56,0
Escabiose	40	6,7
Leptospirose	47	7,9
Esquistossomose	13	2,2
Malária	92	15,5
Dengue	283	47,6
Febre amarela	60	10,1
Diarreia	387	65,0
Cólera	22	3,7
Febre tifoide	43	7,2
Hepatite A	119	20,0
Verminoses	276	46,4
Não houve caso de doenças	81	13,6
Total	1.796	100

Também responderam que seu bairro apresenta um número elevado de animais como cachorros, gatos, baratas, ratos e urubus.

Em uma escala menor, mas significativa, informaram que existe a presença de caramujos e carrapatos.

Em relação às enfermidades que já ocorreram em suas residências, aproximadamente metade dos entrevistados afirmaram que já tiveram verminoses, dengue e piolho (Tabela 14). Numa escala menor e decrescente, encontramos aqueles que contraíram hepatite A, malária, febre amarela, leptospirose, febre tifoide, escabiose, cólera e esquistossomose. No entanto, a pesquisa mostrou que diarreia foi a doença mais frequente nos moradores que residem próximo das escolas pesquisadas.

Essas doenças estão relacionadas ao saneamento básico inadequado. Ademais, elas são típicas da região em que as pessoas apresentam baixo poder aquisitivo e moram em lugares sem as mínimas condições de infraestrutura, como coleta de lixo, abastecimento de água, coleta de esgoto, etc.

Neste sentido, os Indicadores de desenvolvimento sustentável - Brasil (2012) alerta que as doenças oriundas do saneamento ambiental inadequado abrangem diversas patologias, entre as quais a diarreia.

As precariedades nos serviços de saneamento geram riscos para a saúde da população, sobretudo para as pessoas mais pobres que vivem em condições insalubres. Por isso, ampliar o acesso ao saneamento é fundamental para melhorar a qualidade de vida nas comunidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como base nos resultados, pode-se concluir que:

- A maioria dos entrevistados eram professores de educação geral com título de especialista.
- Em relação à forma de como a escola desenvolve educação ambiental foram citados projetos, datas e eventos significativos e através de tema transversal é que diretores e grupo de professores contribuem na elaboração dos projetos. Esses projetos são realizados com base nos temas água, lixo e reciclagem, bem como poluição e saneamento, com foco na solução de problemas, integrado ao projeto político Pedagógico – PPP e nas disciplinas envolvendo como atores alunos, diretores e professores.
- As escolas começaram a trabalhar os projetos de educação ambiental, há três anos por iniciativa de um professor ou grupo de professores mobilizados pelos problemas ambientais na comunidade. No entanto, a maioria dos profissionais de ensino não é liberada e não recebe ajuda de custo como incentivos para a formação continuada.
- Em referência à relação escola e comunidade, foi observado que os projetos são trabalhados internamente em atividades na escola sem interação com a comunidade externa.
- A presença de professores qualificados e especializados e a formação continuada de professores, como também a utilização de recursos pedagógicos como internet, livros, jornais e revistas

específicas contribui muito para a inserção da educação ambiental nas escolas.

-Houve mudanças comportamentais na escola e comunidade com reflexo na redução de lixo nas escolas e ao seu redor, na melhoria nas relações entre funcionários, professores e alunos, na maior sensibilização dos moradores e alunos sensíveis aos problemas ambientais. Por outro lado, a maioria dos entrevistados disse que não há formação de associações e organização ambientalista no entorno das escolas e que existe carência de diálogo entre comunidade e poder público para melhorias socioambientais.

-Como dificuldades encontradas para desenvolver a educação ambiental foram citadas precariedade de recursos materiais, falta de tempo para planejar e realizar atividades extracurriculares, bem como dificuldade da comunidade escolar em aplicar questões ambientais nas respectivas disciplinas, independentemente, por exemplo, de tratar-se da disciplina de Ciências.

-As ações de educação ambiental proporcionaram à comunidade perceber que a presença de cães, gatos, mosquitos, moscas, baratas, ratos e urubus são vetores de doenças. E também que as doenças relacionadas à infecção de pele (micose), conjuntivite, piolho, escabiose (sarna), diarreia, cólera, febre tifoide, hepatite A, verminose, malária, dengue e febre amarela estão relacionadas à falta de saneamento ambiental.

- A maioria dos moradores apontou como problema ambiental o descarte do lixo, o não tratamento do esgoto sanitário e a qualidade

da água para consumo. No que diz respeito às ações voltadas à preservação do meio ambiente, grande parcela disse que gostaria de participar enquanto, em quase sua totalidade, disse que não foi convidado a dar sugestões para solucionar problemas ambientais na comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema Nacional de Vigilância em Saúde. **Relatório de situação - Pará**. Brasília – DF, 2011. 43p.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília – DF, 2012. 181 p.

BRASIL, Instituto Trata Brasil/FGV. **Pesquisa Saneamento, Educação, Trabalho e Turismo** – 2008. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/situacao-do-saneamento-no-brasil>>. Acesso em: 29 abr 2014.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Capítulo 1 da Educação Ambiental**, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 02 out 2015.

CARDOSO, M.R.A. Epidemiologia Ambiental. In: **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005. 87 – 113p.

CARNEIRO, F.F.; NETTO, G.F.; CORVALAN, C.; FREITAS, C.M.; SALES, L.B.F. Saúde ambiental e desigualdades: construindo indicadores para o desenvolvimento sustentável. **Ciência Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1419-25, 2012.

CARVALHO, I. C. M. **Educação Ambiental: Formação do Sujeito Ecológico**. 2ª ed. São Paulo Cortez, 2006. 256p.

CUTOLO, A.S.; ROCHA, A. A. O uso de águas residuárias na cidade de São Paulo. **Saúde e Sociedade**. v.11, n.2, p.89-105, 2002.

DEFENSORIA DA ÁGUA. Mais vida, menos lixo – reflexões e propostas para políticas públicas de tratamento de lixo. São Paulo: SEEL-SP, 2009.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e praticas**. São Paulo: Gaia, 2000.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**. 3ª ed. São Paulo; Gaia, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2010. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: características da população por domicílio (Resultados do Universo). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 Fev. 2015.

JACOBI, P. **Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade**. São Paulo: Editora da USP, 2003.

KRONEMBERGER, D. Análise dos Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde Decorrentes de Agravos Relacionados a um Esgotamento Sanitário Inadequado dos 100 Maiores Municípios Brasileiros no Período 2008-2011. Relatório final. 2013. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/drsai/Relatorio-Final-Trata-Brasil-Denise-Versao-FINAL.pdf>>. Acesso em: 25 abril 2014.

LOPES, W.; BISPO, W.; CARVALHO, J. Educação Ambiental nas escolas: uma estratégia de mudança efetiva. 2009. Disponível em: <http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-1/1-periodo/Educacao_ambiental_nas_escolas_uma_estrategia_de_mudanca_e_fetiva.pdf>. Acesso em: 6 de junho 2014.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 7.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

OMS. Organización Mundial de la Salud. Guias para localidaddel agua potable. Geneve: OMS; 2006. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_intro.pdf>.

Acesso em 29 mai 2014.

OPAS, Organização Pan Americana de Saúde. Água e Saúde. 2001. [acesso em 29 maio2011] Disponível em: <http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.pdf>. Acesso em: 16 maio 2015.

PALMIERI, M. L. B.; CAVALARI, R. M. F. Os projetos de educação ambiental desenvolvidos com escolas brasileiras: análises de dissertações e teses. In: VII EPEA – Encontro Pesquisa em Educação Ambiental. São Paulo, 2013.

PENTEADO, H. D. **Meio ambiente e formação de professores**. 7ª ed. São Paulo, Cortez, 2007.

SEMA, Secretaria do Meio ambiente de São Paulo. Coleta seletiva. Imprensa oficial do Estado de São Paulo; 2009.

TAMAIIO, I. A mediação do professor na construção do conceito de natureza. Campinas, 2000. 120f. Dissertação de Mestrado em Educação. FE/Unicamp.

TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.R. O que Fazem as Escolas que Dizem que Fazem Educação Ambiental? Edição Eletrônica, Edições MEC/Unesco, Brasília, 2007. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001545/154576por.pdf>> Acesso em: 12 de maio 2014.

VALENZUELA, P.M.; MATUS, M.S.; ARAYA, G.I.; PARIS, E. Pediatría ambiental: Um tema emergente. *Jornal de Pediatría*. v.87, n.2, p.89-99, 2011.

VASQUEZ, L.H.; GARCIA, H.C; ALVARADO, D.M. Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso em Costa Rica. **Revista Costarricense de Salud Pública**. v.20, n. 1, p.21-26, 2011.

VEIGA, I.P. **Projeto político-pedagógico da escola: uma construção possível**. 13.a ed. Campinas: Papyrus, 2001.

VEIGA, A; AMORIM, E; BLANCO, M. Um Retrato da Presença da Educação Ambiental no Ensino Fundamental Brasileiro: o percurso de um processo acelerado de expansão, – Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2005.

CAPÍTULO 4

Avaliação preliminar da qualidade da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional-TO¹

Ângelo Ricardo Balduino², Paulo Fortes Neto³, Marcelo dos Santos Targa³, Aurean de Paula Carvalho²

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes que a sociedade dispõe, é indispensável para nossa sobrevivência. Atualmente seu valor tem sido elevado no mundo e empresas públicas e privadas responsáveis em captar nas fontes, tratar e entregá-la com qualidade ao consumidor movimentam milhões de dólares por ano.

Vários trabalhos indicam que $\frac{3}{4}$ da superfície do planeta são ocupadas com água, onde 97% são salgadas e apenas 3% são doces, sendo que 0,01% da água que serve de abastecimento para a população são provenientes de rios e lagos, que são as principais fontes de abastecimento para a população (CETESB, 2007).

¹Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor defendida no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Avenida Tocantínia, 566 - Jardim América, CEP: 7750-000, Porto Nacional, TO, Brasil. email: angelo@ifto.edu.br

³Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luís Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP: 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email: paulo.fortes@unitau.com.br

À medida que a população e suas atividades econômicas crescem, muitas regiões atingem condições de escassez ou encontram limites para seu desenvolvimento. Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação no que se refere à quantidade disponível, mas principalmente em relação à sua qualidade. Diversos autores afirmam que os problemas relativos à qualidade da água estão relacionados às disposições inadequadas de resíduos líquidos e sólidos de natureza doméstica e industrial, alterações provocadas por empreendimentos para geração de energia, práticas agrícolas e de criação de animais em pequenas áreas nas bacias urbanas, acarretando impactos nos processos naturais que ocorrem na bacia. Os poluentes chegam até as águas por meio de precipitações, escoamentos, infiltrações, erosão, resíduos sólidos, dentre outras formas.

Para Meybeck e Helmer (1996), a qualidade de um ambiente aquático pode ser definida em função da presença de substâncias orgânicas ou inorgânicas em diferentes concentrações e especiações e, segundo a composição e estrutura da biota aquática presente no corpo de água, com isso, fazem-se necessários mecanismos que viabilizem padrões dos corpos d'água regionais e determinação de sua qualidade. Os índices e indicadores ambientais criados como resultado da preocupação com os aspectos sociais de desenvolvimento, processo este que requer um número maior de informações, em grau de complexidade. Além disso, os indicadores tornaram-se fundamentais nos processos

decisórios de políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (SPERLING, 2005).

Diversos índices foram desenvolvidos com base em características físico-químicas da água ou a partir de indicadores biológicos, cabendo ajustes nos pesos e parâmetros para adequação à realidade regional. Usualmente, esses Índices de Qualidade das Águas (IQAs) são baseados em poucas variáveis (GERGEL *et al.*, 2002), cuja definição deve refletir as alterações potenciais ou efetivas, naturais ou antrópicas que a água sofre (TOLEDO e NICOLELLA, 2004). O monitoramento da qualidade de um recurso hídrico, através de amostragem, busca obter informações qualitativas e quantitativas, atingindo propósitos específicos, como o conhecimento das condições biológicas, químicas, físicas e ecológicas, bem como para o enquadramento de um corpo d'água em classes ou para efeitos de fiscalização. A bacia hidrográfica do Ribeirão São João está localizada no Estado do Tocantins. Este é o mais novo da federação e está em franco desenvolvimento, criado pela constituição de 1988, a partir da região norte do Goiás, com grande disponibilidade hídrica, vocação agropecuária e destaque para as áreas irrigáveis com potencial hidrelétrico, no município de Porto Nacional. A economia depende muito da agropecuária e da forte presença do Estado nos mais variados setores por programas de incentivos para atração de novos investimentos.

Atualmente o município de Porto Nacional conta com uma usina de biodiesel, dois laticínios, seis beneficiadoras de alimentos, uma indústria de bebidas, um curtume, duas fábricas de fertilizantes e cinco cerâmicas. Conhecida também como polo universitário, hoje conta com quatro instituições de ensino superior. A bacia hidrográfica do Ribeirão São João é a única fonte de abastecimento do município de Porto Nacional e vem sofrendo inúmeras agressões, como por exemplo, exploração agropecuária, onde se localizam diversas captações para irrigação (hortigranjeiros e fruticultura), sendo evidente a necessidade da utilização sistemática e racional dos recursos naturais, para melhorar a qualidade de vida populacional e atender ao desenvolvimento sustentável. Diante dessa realidade, o presente trabalho teve por objetivo determinar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, no município de Porto Nacional, Estado do Tocantins, por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e verificar se a mesma se enquadra aos padrões determinados pelas Resoluções 274/2000 e 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

DESENVOLVIMENTO

Uso Múltiplo da Água

A água é um recurso natural não renovável indispensável para o desenvolvimento de inúmeras atividades, classificados em usos consutivos e não consutivos, onde os usos consutivos são aqueles que retiram a água de sua fonte natural diminuindo sua

disponibilidade, quantitativa ou qualitativa, espacial e temporal. As aplicações consutivas são feitas em abastecimento público, agricultura, irrigação e indústria. Já os usos não consutivos são aqueles em que não há consumo ou modificação do volume da água de forma expressiva, como geração de energia, aqüicultura, práticas esportivas, recreação e principalmente a fauna e a flora. Segundo Carrera-Fernandez e Garrido (2002), no princípio dos usos múltiplos, a água deve ser equidistantemente acessível a todos os setores interessados em seu uso, e para esses autores o reconhecimento dos usos múltiplos como um dos princípios do setor tem a mesma importância que a necessidade de se evitarem ou eliminarem os conflitos pela água.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/97), os usos múltiplos das águas devem ser contemplados por ocasião da implantação do Plano dos Recursos Hídricos, quando for abordar “as prioridades para a outorga de direitos de recursos hídricos” (art. 7º, § VIII). Com a conclusão no ano de 2000 da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, localizada entre os municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins, o reservatório alagou uma grande área original do Rio Tocantins, afetando diretamente a bacia hidrográfica do Ribeirão São João, que situa na margem direita do reservatório e dista 27 km do município de Porto Nacional (DOURADO, 2008). Conhecida como Usina de Lajeado produz 171.497 KWh, cerca de 6,5 vezes mais energia que o Estado do Tocantins consome e envia toda a energia produzida

para o Centro Oeste e Sudeste por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN).

A água da bacia hidrográfica do Ribeirão São João é utilizada para diversos fins e de inúmeras maneiras, sendo que o abastecimento populacional representa 71% da demanda hídrica no cenário atual (TOCANTINS, 2008). De acordo com a Lei Federal 9433/1997, a água para abastecimento doméstico tem prioridade sobre os outros usos, e em seu artigo 1º, § III, estabelece que em condições de escassez, deve-se priorizar o abastecimento humano e dessedentação de animais, que no município de Porto Nacional corresponde a 2% (TOCANTINS, 2008). A água também é utilizada em várias etapas do processo industrial, como a lavagem, a diluição, o resfriamento, a composição e outras. Devido aos vários usos em determinados processos, Mierzwa e Hespanhol (2005) afirmam que uma indústria pode apresentar diferentes graus de necessidade de consumo de água.

No Tocantins, a produção industrial corresponde a 0,3% da demanda total e está diretamente relacionada à atividade do setor primário, sendo a produção industrial, uma extensão da cadeia produtiva do agronegócio. No município de Porto Nacional, a distribuição de massa de salário industrial referente ao Estado, corresponde a 26,7%, distribuídos em indústrias de fertilizantes, laticínios, beneficiamento de grãos, abate e preparação de carne, curtume e outros.

A irrigação é responsável por 70% do consumo de água doce no mundo, já no município em estudo, corresponde 14% da demanda hídrica total do Ribeirão São João. A produção agrícola exerce papel fundamental sob o aspecto nas demandas de água no Estado do Tocantins e a pecuária, embora sua produção seja dispersa, o município de Porto Nacional está entre os municípios com média de alta representatividade. A qualidade e quantidade de água usada na agricultura dependem do tipo de cultura a ser irrigada, se forem ingeridas cruas há necessidade de águas isentas de microrganismos patogênicos. De acordo com Ayers e Westcot (1999) o aspecto qualidade tem sido desprezado, considerando que no passado as fontes de água eram abundantes, de boa qualidade e fácil utilização.

O manejo inadequado na agricultura e pecuária, como excesso de fertilização, salinização e defensivos agrícolas, causa poluição do solo e pode comprometer a bacia hidrográfica em estudo.

O uso dos recursos hídricos para recreação não afeta o balanço hídrico, porém exige elevados padrões de qualidade, principalmente, em relação à organismos patogênicos e substâncias tóxicas (CARVALHO, 2004). De acordo com a Resolução 357/2005 (Águas Doces), as águas para fins recreativos, está definida como uso primário, quando há contato prolongado e direto com o corpo do usuário, tais como esqui aquático, natação, mergulho, banho recreativo dentre outros. O lazer é muito importante, pois vai mostrar

ao usuário o respeito pelo uso, diminuindo a degradação e gerando sensações de bem-estar e relaxamento.

Degradação e fonte de poluição

Os poluentes chegam até as bacias por meio do escoamento superficial, das precipitações, infiltrações e lançamentos diretos de efluentes e resíduos sólidos.

Sperling (2005) classifica as fontes de poluição em pontual e difusa, sendo que a poluição pontual ocorre quando os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada, enquanto a poluição difusa ocorre quando os poluentes adentram o corpo d'água distribuído ao longo de parte de sua extensão. De acordo com o autor, as principais fontes de poluição das águas superficiais são: o esgoto doméstico, o esgoto industrial, o escoamento superficial urbano e rural.

Monitoramento da Qualidade da Água

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para a otimização de gestão das águas, pois fornece informações e formas de uso da água nas bacias hidrográficas. A quantidade e qualidade dos elementos presentes na água sofrem influência do solo da região, do clima, da geologia, da geomorfologia, da vegetação circundante, dos ecossistemas aquáticos adjacentes, das condições que prevalecem na bacia de drenagem e do homem, logo em seguida sofrem variações temporais e espaciais em decorrência

de processos internos e externos ao corpo d'água, mas podem ser determinadas através das medidas quantitativas e qualitativas, como determinações físicas, químicas, bioquímicas, biológicas ou através de índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies (MEYBECK e HELMER, 1996).

O monitoramento prevê o levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem previamente selecionados, com muitas observações, medições e avaliações para obter informações ou comportamentos de um conjunto de variáveis, acompanhando as condições de qualidade da água ao longo do tempo (DERISIO, 1992).

O conceito de qualidade da água é relativo, pois depende diretamente do uso a que se destina, como balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. Em contrapartida, o sistema de avaliação da qualidade da água deverá seguir os seguintes critérios: as concentrações, as espécies e tipos de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água; a composição e o estado da biota aquática; mudanças temporais e espaciais que se produzem devido aos fatores intrínsecos e externos ao sistema aquático em estudo, tendo como objetivo manter todo o ecossistema avaliado com seus componentes e sua funcionalidade preservados (PRAT e WARD, 1997).

No Brasil, um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos é a Lei nº 9.433/97 da Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que é um sistema de coleta,

tratamento e armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos. Apesar desta consideração, a Lei 6.938/81, da Política Nacional do Meio Ambiente, também é entendida como uma ferramenta de gestão, onde há divergências em sua definição, uma vez que a Lei 9.433/97 representa uma meta ambiental.

Já a classificação dos corpos d'água é estabelecida pela Resolução 357/05, que enquadra as águas doces, salobras e salinas em treze classes, por meio de valores máximos e mínimos permissíveis para as variáveis físicas, químicas e biológicas, de acordo com a qualidade requerida para os usos atuais e com níveis que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade.

Os nove parâmetros químico, físico e biológico de corpos d'água doce de Classe dois considerados no cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) são: temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, turbidez, sólidos dissolvidos totais, nitrogênio total, fósforo total e coliformes fecais.

Temperatura da Água

A maior fonte de calor da água é de radiação solar por absorção direta. Alguma transferência de calor do ar e de sedimentos podem ocorrer, mas esta entrada é geralmente pequena em comparação com a absorção direta da radiação solar pela água, compostos orgânicos dissolvidos e partículas em suspensão, portanto a temperatura é uma medição de intensidade e não de

quantidade de calor (WETZEL e LIKENS, 2000). Segundo Sperling (2005), a temperatura é de extrema importância na investigação de um ecossistema aquático, pois influencia diretamente o metabolismo dos organismos existentes, afetando importantes processos como fotossíntese, respiração, decomposição, velocidades das reações químicas e biológicas, solubilidade dos gases na água, sendo fator importante de um corpo hídrico.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Para águas de Classe Dois, a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece que a concentração de oxigênio dissolvido deve ser $\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$. A medição do oxigênio dissolvido é um dos mais utilizados e o mais importante de todos os métodos químicos disponíveis para a investigação do ambiente aquático. O oxigênio dissolvido fornece informações valiosas sobre as reações químicas e biológicas em cursos d'água. O gás oxigênio se dissolve livremente nas águas doces. O oxigênio pode ser adicionado à atmosfera como um subproduto da fotossíntese a partir de plantas aquáticas e sua concentração na água depende também da temperatura, pressão e as concentrações de vários íons (WETZEL e LIKENS, 2000). A quantidade de oxigênio que atravessa a superfície da água é proporcional à diferença de pressões parciais do gás, ar e na água é multiplicado pelas solubilidades do gás na água, e pelo coeficiente de difusão (MARGALEF, 1983). Wetzel e Likens (2000) consideram que para

ser bem sucedido, o método para medir o oxigênio dissolvido deve atender a dois requisitos: em primeiro lugar, devido à pequena quantidade de substância a ser determinada, deve ser exato; já o segundo, deve ser realizado com aparelho adequado para a operação em campo.

O teor de oxigênio dissolvido é um indicador de poluição por matéria orgânica. Portanto, uma água não poluída deve estar saturada de oxigênio, enquanto teores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar uma intensa atividade bacteriana para a decomposição de matéria orgânica lançada na água (MOTA, 1995).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) refere-se quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica (MOTA, 1995).

O índice permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA para este parâmetro, águas de classe dois, deve ser inferior a 5 mg L⁻¹. Este parâmetro é utilizado para exprimir o valor da poluição produzida por material orgânico oxidável biologicamente, que equivale à quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos de esgoto ou águas poluídas, quando mantida em determinada temperatura por um espaço de tempo. Caso essa demanda seja grande, consome todo oxigênio dissolvido da água levando à morte todos os organismos aeróbicos de respiração subaquática.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

De acordo com Sperling (2005), o potencial hidrogeniônico (pH) expressa a concentração de íons de hidrogênio (H^+), dando indicações sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (Valores de 0 a 14). Sendo os de baixo valor corrosivo e agressivo (ácido), enquanto valores altos possibilitam a formação de incrustações. Afastados da neutralidade pode afetar a vida aquática, ambos podem afetar a vida. Já os valores superiores a 7 evitam a indesejável ressobilização do fósforo, e eventualmente, de metais pesados acumulados no sedimento. A água da chuva geralmente é ácida, tem pH baixo (5 a 6) e também pode interferir no pH dos ecossistemas aquáticos. O efeito das águas de chuva sobre o pH das águas continentais fica mais evidente quando estas têm pouca capacidade de tamponamento, ou seja, baixa alcalinidade (ESTEVES, 1998). A importância do pH está em sua relação direta com a manutenção da vida aquática, controle dos processos de tratamento biológico/físico-químico e controle de operação das estações de tratamento de água.

A Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece a faixa de pH entre 6 a 9 para águas de Classe Dois.

Turbidez

O padrão de qualidade para águas de rios Classe Dois estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de turbidez

inferior a 100 NTU (Unidades de Turbidez). A variação de turbidez nas águas superficiais é importante para sua relação com o teor de oxigênio dissolvido, considerando que os sólidos suspensos dificultam a penetração da radiação solar e provocam uma diminuição na atividade fotossintética. Em águas turvas, microrganismos prejudiciais ao consumo humano podem ficar revestidos pelas partículas de sedimentos ficando protegidos dos desinfectantes (SAWYER *et al.*, 1994). Por razões estéticas as legislações mundiais estabeleceram valores máximos permissíveis, como por exemplo, no Brasil a Resolução CONAMA 357/05 fixou valores de turbidez em função dos usos da água.

Valores de turbidez menores que 1,0 NTU na água tratada, é uma boa indicação de redução de sólidos suspensos e bacteriana (BRANCO e ROCHA, 1977). A turbidez é um dos principais parâmetros da seleção de tecnologias para tratamento e de controle operacional dos processos de tratamento.

Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Com exceção dos gases dissolvidos, todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos. De acordo com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o valor máximo permitido para águas de Classe Dois é de 500 mg L⁻¹. Os sólidos podem ser classificados de acordo com o seu tamanho, as suas características químicas e a sua decantabilidade: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos,

sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis.

Os constituintes dissolvidos representam sólidos em solução verdadeira e constituem a salinidade total das águas (SPERLING, 2005). Os sólidos dissolvidos totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem de amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). A água com demasiado teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para uso. Quando contém menos de 500 mg L⁻¹ é considerada satisfatória para o uso doméstico e para muitos fins industriais, mas quando acima de 1000 mg L⁻¹ contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a tornam inadequada para diversos usos (CARVALHO *et al.*, 2000).

Nitrogênio Total

O enriquecimento de nutrientes dos ecossistemas aquáticos, conhecido como eutrofização, pode ocorrer de duas formas: de ordem natural, que é desencadeada pelos processos biogeoquímicos e de ordem social, originária dos esgotos industriais e domésticos, e também fertilizantes aplicados na agricultura, os quais são carregados para os corpos hídricos. O valor máximo do nitrogênio total para águas de Classe Dois, de acordo com a

Resolução CONAMA 357/2005, varia de acordo com o potencial hidrogeniônico (pH). Assim, para $\text{pH} \leq 7,5$ o valor máximo permitido é de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ o limite máximo permitido é de 2 mg.L^{-1} , para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ o valor máximo permitido é de 1 mg.L^{-1} , já para valores de pH superiores a 8,5 o valor máximo permitido é de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Segundo Esteves (1998), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos de várias formas, como por exemplo: Nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3^+), íon amônia (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. Dentre as diferentes formas, o nitrato juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrogênio em excesso contribui para o desenvolvimento de algas em mananciais e deve ser eliminado, para evitar a proliferação excessiva das mesmas. Altos teores de nitrato são responsáveis pela incidência de uma doença infantil chamada

methemoglobinemia (cianose), que provoca a descoloração de pele (MOTA, 1995).

Fósforo Total

O interesse ecológico intenso em fósforo provém do seu papel importante no metabolismo da biosfera. Para águas com ambientes lênticos de Classe Dois, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite máximo de $0,030 \text{ mg L}^{-1}$. Em comparação com a oferta relativamente rica de outros grandes componentes nutricionais e estruturais da biota (C, N, S, O), o fósforo é menos abundante e comumente limita a produtividade biológica dos ecossistemas aquáticos. O ciclo do fósforo é complexo, pois a maior parte do fósforo de águas frescas está na fase de partículas da biota viva, principalmente algas e plantas aquáticas superiores (WETZEL e LIKENS, 2000). O fósforo presente em águas naturais encontra-se sob a forma de fosfato que pode ter origem natural ou artificial. De acordo com Sperling (2005), o fósforo é um elemento indispensável para as algas, e quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos. É também essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização de material orgânico.

O fósforo total inclui todas as formas deste grupo (PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, H_3PO_4) que atua no metabolismo de organismos vivos, tais como: estoque de energia e componente da

membrana celular. As principais fontes de fósforo para o ambiente aquático são as rochas, esgotos domésticos e fontes agrícolas de origens diversas (ESTEVES, 1998).

Coliformes Termotolerantes (CF)

O grupo coliformes termotolerantes, que é constituído por um imenso número de bactérias encontradas na água, solo e em fezes de seres humanos e outros animais, embora não sejam patogênicas, são utilizadas como indicadores bacteriológicos e indicam que a água recebeu dejetos, podendo conter microrganismos causadores de doenças. A Resolução CONAMA 357/2005 determina que para águas de Classe Dois o valor deve ser inferior a 1000 NMP/100 mL⁻¹, enquanto a Resolução CONAMA 274/2000 referente a balneabilidade este valor deve ser inferior a 2000 NMP/100 mL⁻¹.

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolverem-se em presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5 °C em 24-48 horas, e que podem apresentar a atividade da enzima β-galactosidase (BRASIL, 2005).

A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia* spp, *Citrobacter* spp, *Klebsiella* spp e *Enterobacter* spp, embora vários outros gêneros e espécies

pertencem ao grupo. As bactérias coliformes totais podem ser encontradas na maioria dos ambientes que apresentem compostos orgânicos passíveis de decomposição, e sua presença pode ser um indicativo de falta de higiene.

Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB)

O IQA foi calculado pela forma matemática ponderada multiplicativa da qualidade da água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, percentual de saturação de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez (Tabela 1).

Sendo exposto pela equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: **IQA**: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; **qi**: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade específica para cada parâmetro, em função da sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro ou subnível, um número entre 0 e 1 (Tabela 2), atribuído em função de sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Equação (2)}$$

em que:n: número de parâmetros que entram no cálculo de IQA.

Tabela 1. Parâmetros e pesos para cálculo do IQA – CETESB

i-ESIMO	VARIAVEL	PESO NO IQA
9	OD	0,17
1	Coliformes termotolerantes	0,15
2	pH	0,12
3	DBO	0,10
4	Nitrogênio Total	0,10
5	Fósforo Total	0,10
6	Temperatura da Água	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos Totais	0,08
	SOMATÓRIA	1 ou 100%

Fonte: CETESB (2007).

A classificação da qualidade para água do ribeirão foi realizada de acordo com os níveis especificados na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB)

VALOR	CLASSIFICAÇÃO	COR
80-100	Ótima	Azul
52-79	Boa	Verde
37-51	Aceitável	Amarela
20-36	Ruim	Vermelha
0-19	Péssima	Preta

Fonte: CETESB (2007).

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão São João, com área de 82 km², está localizada no Estado do Tocantins, entre os paralelos 10°46'43" e 20°41'20" de latitude sul e entre os meridianos 48°14'16" e 48°24'51" de longitude oeste, a sudeste do município de Porto Nacional (Figura 1), com sua foz dentro da área urbana, sendo contribuinte direto do Rio Tocantins.

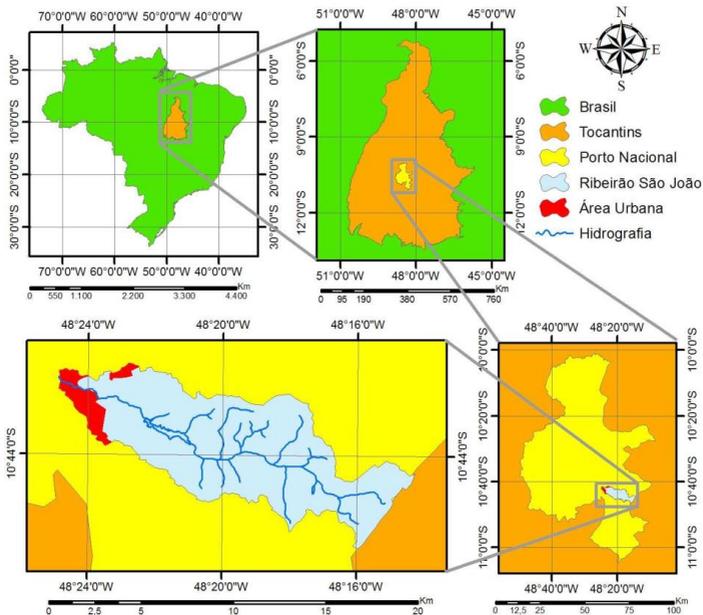


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João

Fonte: TOCANTINS (2008).

Porto Nacional está a 63 km de Palmas, capital do estado e tem uma população estimada de 49.146 habitantes (IBGE, 2010). De acordo com o Ministério da predominante é o cerrado, o clima é tipicamente tropical, com média anual de temperatura de 26,1°C e média pluviométrica anual de 1.667,9 mm.

O período de concentração das precipitações ocorre entre os meses de outubro a abril, correspondendo a cerca de 80% da pluviosidade anual, enquanto o período seco corresponde aos meses de maio a setembro.

O Ribeirão São João possui sua nascente na zona rural, na Fazenda Pilão, seguindo para o município de Porto Nacional, atravessando várias propriedades rurais e alguns bairros representativos, tais como: Jardim Querido, Jardim Umuarama, Santa Helena e Vila Nova, com sua foz no Rio Tocantins.

As amostras foram coletadas em três pontos (PI, PII e PIII), conforme Tabela 3, distribuídos ao longo do corpo hídrico, conforme Figura 2, durante seis meses, sendo os primeiros meses, de março a maio/2012, que correspondeu ao período chuvoso e de junho a agosto/2012, que correspondeu ao período seco.

Tabela 3. Localização dos pontos de coleta de água do Ribeirão São João em Porto Nacional, Tocantins, nos meses de março a agosto de 2012.

Ponto	Latitude (S)	Longitude (W)	Local de Referência
I	10°44'16,34"	48°17'38,17"	Próximo a nascente
II	10°43'04,52"	48°22'19,77"	Represa da Saneatins;
III	10°42'09,02"	48°23'46,46"	Próximo à foz.

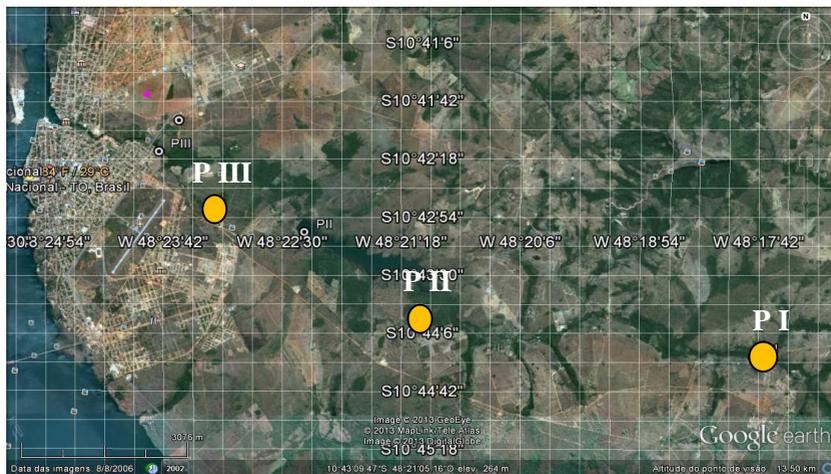


Figura 2. Pontos de Coleta do Ribeirão São João em Porto Nacional (TO) desde da nascente (PI) até a foz no Rio Tocantins (PIII).Fonte: Google Earth (2012).

Análises de parâmetros de qualidade das amostras de água

Para a realização do estudo na bacia hidrográfica do Ribeirão São João foi estabelecido três pontos de amostragem de água, sendo que as coletas, o transporte e análises das amostras foram realizados conforme a metodologias do Standard Methods (APHA, 2005). Os parâmetros de qualidade da água avaliados neste trabalho foram: temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, coliforme totais e sólidos totais.

Analísaram-se 18 amostras de água quanto aos parâmetros microbiológicos e físico-químicos que foram coletadas

em seis ocasiões nos meses de março a agosto de 2012, sendo que em cada amostragem dos três pontos, as amostras coletadas e encaminhadas para o laboratório no mesmo dia, ocorridas em um intervalo de aproximadamente 30 dias (mensalmente), sendo três meses no período chuvoso, nos meses de março a maio de 2012, e três meses no período de seca, nos meses de junho a agosto de 2012.

Metodologia de Campo

As coletas de campo foram feitas com coletor de rio segundo indicação da NBR-9897, de modo superficial, a aproximadamente 20 cm de profundidade, coletando um litro de água, e as medidas in situ realizadas com aparelhos portáteis específicos para cada parâmetro. A temperatura da água e o oxigênio dissolvido foram determinados in locu com oxímetro modelo YK 22DO, já o parâmetro condutividade elétrica foi analisado com o condutivímetro digital CD-840, turbidez foi analisado com o turbidímetro AP2000 W da Policontrol e o pH com phmetro modelo TEC-3P, segundo os protocolos destes aparelhos.

Metodologia de Laboratório

As amostras foram coletadas em um frasco de 1000 ml e em seguida acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo e depois levadas para serem processadas no Laboratório de Microbiologia Ambiental do Setor de Limnologia (LAMBIO) da Universidade Federal do Tocantins (UFT) em Palmas/TO.

-Coliformes termotolerantes: foram analisados segundo a técnica dos tubos múltiplos em meio de cultura caldo lactosado;

-Nitrogênio total: foram analisados pelo método micro Kjeldahl;

-Fósforo Total: Pelo do método ácido ascórbico após a digestão com persulfato de amônio;

-Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): foram determinadas pelo método padrão A;

-Sólidos Totais: foram analisados pelo método da cápsula de porcelana.

Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA)

O IQA foi calculado pela forma matemática ponderada multiplicativa da qualidade da água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, percentual de saturação de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

Resultado do Índice de Qualidade de Água (IQA)

Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos das águas superficiais do Ribeirão São João foram utilizados no cálculo do IQA para o período de março a agosto de 2012. A classificação da qualidade das águas do Ribeirão São João foi feita a partir dos valores recomendados pela CETESB e os

resultados das análises da água efetuadas nos três pontos de coleta do período em estudo estão distribuídos sumarizados na Tabela 3. A utilização principal da bacia hidrográfica em estudo é para abastecimento público, o que requer critérios diversificados de qualidade para atender a essa finalidade. De acordo com Sperling (2005), a qualidade das águas é função tanto de fenômenos naturais como do uso e ocupação da bacia hidrográfica.

Na Tabela 4, que mostra o comportamento temporal e espacial do IQA nota-se pouca variação entre os valores obtidos no período chuvoso (março a maio) ao longo do corpo hídrico nos pontos I e III (53,84 no PIII e 54,48 no PI), no período de seca (junho a agosto) os valores apresentaram variações maiores em relação ao período chuvoso para os mesmos pontos, porém com poucas variações para período de seca (66,81 no PI e 52,48 no PIII), diferente do ponto II que está um pouco acima no período de chuvoso (de 64,15 a 68,56) e também no período de seca (de 72,79 a 73,87).

Tabela 4. Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB) nos três pontos de coleta.

<i>Mês</i>	<i>Pontos de coleta</i>		
	PI	PII	PII
Março	54,58	68,56	57,01
Abril	59,23	64,15	53,84
Maio	57,56	67,49	54,07
Junho	66,81	72,79	56,92
Julho	72,15	72,79	56,92
Agosto	71,84	73,87	55,09

No período de seca nota-se pouca variação entre os valores obtidos nos pontos I e II (média de 70,26 no PI e 73,45 no PII), explicitando que, segundo este índice, para o período estudado a qualidade da água pode ser classificada na categoria boa (média = 62,89), e que apesar de algumas variações em pontos específicos, apresenta homogeneidade entre os três pontos de coleta.

No Rio Atibaia em Paulínia – SP, Silva e Jardim (2006) durante os anos de 2000 a 2002 obteve valores de IQA que variaram entre regular e boa. Já Carvalho et al (2000) encontrou no Ribeirão do Onça, região oeste de São Carlos – SP, valores do IQA que variaram entre regular e ruim.

Destaca-se que dos nove parâmetros, quatro (OD, fósforo total, nitrogênio total e coliformes termotolerantes) estiveram em desacordo com os valores estabelecidos pelas resoluções do CONAMA, entretanto as variações apresentadas mostraram que não foram significativas a ponto de refletirem nos resultados finais, demonstrando que tais variações foram absorvidas por outros parâmetros.

No entanto, o índice de qualidade da água (IQA) proposto pela CETESB, não foi capaz de identificar com clareza, em que período ou trecho esteve impróprio para balneabilidade, mesmo sendo considerada como de boa qualidade. Portanto, a rede amostral, conforme resultados apresentados na Tabela 4, mostrou-se compatível com a necessidade de monitoramento, tornando urgente a necessidade de melhorias sanitárias na zona urbana do

município de Porto Nacional que possam minimizar os efeitos negativos da descarga difusa de dejetos e detritos no corpo hídrico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no período em estudo no que se referem à degradação nos permite concluir que as águas do Ribeirão São João não atenderam todos os parâmetros de qualidade determinados pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe dois.

O cálculo do IQA proposto pela CETESB, dos nove parâmetros (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, coliformes totais e sólidos dissolvidos totais), quatro (oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total e coliformes fecais) estiveram em desacordo. As condições de balneabilidade, Resolução CONAMA 274/2000, especificamente no ponto três (PIII), apresentou valores acima do recomendado tornando-a imprópria para recreação de contato primário.

Portanto, a utilização do IQA (Índice de qualidade da água) proposto pela CETESB não descreve de maneira satisfatória e os resultados obtidos indicam que as medidas preventivas e de preservação devem ser adotadas no gerenciamento dos recursos hídricos dessa bacia, evitando que em um curto espaço de tempo o IQA, atualmente classificado como “boa”, não seja classificado em outra classe de qualidade inferior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington D.C.: APHA-AWWA-WPCF.1995.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas. Edgard Blücher Ltda. CETESB, São Paulo, 185p. 1977.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357 - 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 274 – 29 de novembro de 2000. Brasília, 2000.

CARRERA-FERNANDEZ, J; GARRIDO, R.J. Economia dos Recursos Hídricos. Salvador: EDUFBA, 2002.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, v.23, n.5, p.618-622, 2000.

CARVALHO, A.P. Caracterização físico-química do Ribeirão Taquari em Araguatins/TO. **Revista da Saúde**, v.18, n. 2, p.29-35, 2004.

CETESB-SP. Água, rios e reservatório. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. CETESB. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>. Acesso em 14/09/2011.

DERÍSIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. 1ª Edição. São Paulo. CETESB, 1992.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2ª Edição. Rio de Janeiro. Editora Interciência. 1998. 602-p.

GERGEL, S. E. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Science*, v. 64, p. 118-128, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Cidades**, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat> Acesso em 30/08/2011.

MARGALEF, R. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.

MEYBEC, M. HELMER, R. Na introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2nd Edition Cambridge: University Press, 1996.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. *Água na Indústria – Uso racional e reúso*. Editora Oficina Editora Oficina de Textos. São Paulo, 144 p. 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normas Climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992.

MOTA, S. *Preservação e conservação de recursos hídricos*. 2^a Ed. Rio de Janeiro. ABES, 1995.

PRAT, N.; WARD, J. V. *The Tamed River*. P: 219-263. 1997.

SAWYER, C. N.; Mc CARTY. P. L.; PARKIN, G. F. (1994). *Chemistry for Environmental Engineering*. 4^o edition. New York. McGraw-Hill Book Company, 658p.

SILVA, G. V.; JARDIM, W.F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, Região de Campinas/Paulínia-SP. **Química Nova**, v. 29, n.4, p.689- 694, 2006.

SPERLING, M. Von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3^o Ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, 2005. p. 243.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento. Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas: Diretoria Zoneamento Ecológico-Econômico. *Atlas do Tocantins: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial*. 5. Ed. Palmas: Seplan, 2008. 62 p. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br/download/20080929093220->

[atlas do tocantins 2008 portugues.pdf](#). Acesso em: 18 de fevereiro de 2012.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade da água em microbacia sob o uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n.1, p.181-186, 2004.

WETZEL, R. G; LINKENS, G. E. Limnological Analyses. 3° Ed. Springer Verlag. New York (USA). p.419. 2000.

POSFÁCIO

O interesse na qualidade do solo tem sido estimulado porque este é um ambiente complexo e importante para a produção de alimento, energia e fibras que mantêm a atividade econômica e a sobrevivência da humanidade. A exploração do solo altera as suas características químicas, físicas e biológicas, fazendo-se necessário realizar estudos para avaliar as alterações que as práticas de manejo estão proporcionando ao solo. A maioria dos estudos para avaliar a qualidade do solo tem utilizado os atributos químicos e físicos, que na maior parte dos casos, demandam muito tempo para responder às alterações e apresentar os impactos causados ao solo. Porém, recentemente, o número de pesquisas vem crescendo com bioindicadores como a fauna edáfica do solo, vem crescendo, pois representam a fração viva do solo e reage com maior sensibilidade às mudanças ocasionadas pelo processo de degradação. Alguns estudos estão constatando que a presença de florestas nativas e de remanescentes florestais próximos a área de plantio agrícola pode ser uma fonte de macrofauna, permitindo o seu deslocamento para as áreas cultivadas como se fosse um corredor ecológico conectando os dois sistemas.

As áreas reflorestadas com eucalipto podem ser uma alternativa para a conexão desses corredores entre florestas naturais, pastagens e áreas cultivadas. Para isso será preciso

verificar a localização e a quantidade de áreas ocupadas com reflorestamento de eucalipto na região. Com o avanço das atividades industriais e urbanas na região paulista do Vale do Paraíba, a população rural deslocou-se para os grandes centros, abandonando a produção agropastoril. Em algumas dessas áreas foi introduzido o plantio de eucalipto, e com isso as pastagens degradadas foram substituídas pela cobertura florestal de eucalipto e remanescentes das florestas nativas. Andando pelas estradas que cruzam o trecho paulista do Vale do Paraíba visualiza-se o plantio de eucalipto em suas margens. Observando essa imagem o cidadão fica preocupado com a expansão do reflorestamento de eucalipto na região o que leva ao questionamento: quanto da região está ocupada com eucalipto? qual a taxa de expansão da cultura? Apesar da aparência, a área ocupada com eucalipto corresponde a 8,5% do total da área existente na região do Vale do Paraíba e entre 2000 e 2013 o plantio aumentou em 59,2%.

A temática da importância da macrofauna na qualidade do solo e os impactos do plantio de eucalipto na região não terá sentido se o cidadão não perceber a degradação ambiental no entorno da sua comunidade. Para auxiliar os cidadãos a perceberem as causas e soluções para degradação ambiental um grupo de professores da rede de ensino fundamental e médio de escolas situadas na região metropolitana de Belém-PA, realizou uma ação com foco na educação de saúde. Elegeu, assim, a água, resíduos sólidos e esgotamento sanitário como assuntos para serem trabalhados

primeiro com os alunos e depois, com a comunidade. Apesar das dificuldades operacionais e dos recursos humanos os professores conseguiram constatar mudanças comportamentais na escola e na comunidade quanto: à redução de lixo; a relação entre animais e insetos vetores na transmissão de doenças; a importância do tratamento de esgoto e qualidade da água para o consumo.

Em relação à qualidade da água, é necessário realizar o monitoramento desde a nascente até a foz do curso da água e neste trecho deve-se identificar os possíveis pontos de poluição para completar o monitoramento.

Para atender a esse objetivo, foi realizado o estudo para avaliar a qualidade da água do ribeirão São João que passa pelo município de Porto Nacional - TO. Os resultados constataram que, em todos os pontos amostrados, os valores não atenderam aos parâmetros de qualidade estipulados pela legislação.

Paulo Fortes Neto
Prof. Dr. Coordenador Adjunto
Programa de Pós-graduação Profissional em Ciências Ambientais
Universidade de Taubaté (UNITAU)

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento 68, 100 - 106, 133, 140 - 145, 164

B

Bacia hidrográfica 6 - 9, 49, 53 - 58, 69 - 70, 81 - 87, 142 - 146, 159 - 161, 164

Balanço hídrico 49, 146

Biodiversidade 10-12, 24, 28, 31, 34, 41, 43, 46

Bioindicadora 29, 34

C

Chilopoda 17, 33, 35, 38 - 39

Ciclagem de nutrientes 11, 12, 20, 23, 26

Coleoptera 17, 30, 33, 35, 46, 47

Coliformes 149, 156 - 158, 163 - 166

Comunidades 8, 20, 25, 27, 31, 113, 124, 126, 130 - 131, 134

Contaminação 104, 127

D

Decomposição 11, 12, 18, 20, 23, 26 - 27, 149 - 150, 157

Doenças 23, 99 - 101, 104 - 106, 111, 126, 128, 132 - 133, 135, 156, 172

Demanda bioquímica de oxigênio 149, 150, 157, 161, 163 - 164, 166

Degradação 20 - 22, 89, 96 - 97, 99, 146, 166, 170 - 171

Desenvolvimento 12, 50, 54 - 55, 56, 92 - 94, 96, 99, 101 - 102, 106, 111, 115, 133, 136 - 137, 140 - 143, 155

E

Ecossistema 7, 9 - 12, 17, 19 - 20, 24 - 25, 27, 29, 32 - 36, 38, 40 - 41, 46, 55, 88, 101, 147 - 151, 154 - 155

Educação ambiental 92 - 98, 102, 107, 110 - 120, 123, 134 - 139

Erosão 49, 141

Esgoto 89, 101, 106, 111, 125 – 126, 130 – 131, 133, 136, 147, 151, 154, 156, 169, 172

F

Fauna edáfica 6-7, 9-10, 12, 14, 17, 19, 20, 22, 26, 30, 32 – 34, 41
Florestas 6, 24 – 25, 29 – 30, 33, 35, 37 – 41, 45 – 46, 53, 60, 72, 170

H

Hemiptera 17, 27
Hymenoptera 17, 27, 30, 43

I

Indicadores 20 – 21, 30, 38, 41 – 42, 44 – 45, 47, 82 – 83, 100 – 101, 111, 133, 137, 141, 156, 170
Invertebrados 11 – 12, 16 – 20, 24, 26, 29, 31, 38, 40, 48
Impactos 21, 41, 49, 50, 52 – 53, 60, 89 – 90, 101, 137, 141, 170 – 171
Isoptera 17, 26, 33, 35, 38
Isopoda 17

M

Macrofauna 14, 16 – 20, 25 – 26, 28, 30, 33 – 35, 37 – 39, 42, 46 – 48, 170 - 171
Microfauna 16, 18
Mesofauna 16, 18, 29, 34
Manejo 21, 28, 52 – 53, 72, 93, 103 – 104, 146, 170
Monitoramento 6, 21, 34, 41, 51, 53, 62, 147, 166, 172
Matéria orgânica 11, 17 – 19, 23 – 24, 26, 29, 36 – 37, 150 – 151
Meio ambiente 7, 27, 52, 86 – 102, 111, 114, 116, 122 – 126, 136, 138, 143, 148, 150, 152 – 153, 167 – 168
Microrganismos 12, 16 – 19, 23, 26, 146, 151, 152, 156

N

Nascentes 128
Nitrogênio 23, 30, 149, 154 – 155, 157 – 158, 161, 163 – 166

O

Oligochaeta 7, 35, 39
Opiliones 17, 30
Orthoptera 17

P

Pastagens 26, 49, 52, 75, 170 – 171
pH 37, 149, 151 – 152, 154, 157, 158, 161, 163 – 164, 166
Poluição 21, 93 – 94, 100, 106, 126, 134, 146, 147, 150, 151
População 24, 51, 58, 89 – 93, 96, 100 – 107, 123 – 126, 134, 146 – 147, 150 – 151
Preservação 96, 124 – 126, 136, 167

Q

Qualidade da água 6 – 9, 136, 140 – 141, 143, 147 – 148, 157, 161, 164 – 166, 169, 172

R

Reciclagem 103 – 106, 122 – 123, 128 – 129, 134
Recursos hídricos 51, 58 – 59, 84, 86 – 88, 144 – 148, 167
Reflorestamento 7, 28, 32, 39, 52, 65 – 86, 171
Risco 89, 100 – 104, 124, 128, 131 – 134
Resíduo 24 – 29, 103 – 105, 121 – 122, 128, 141, 146, 153, 171

S

Saneamento 59, 89 – 90, 100 – 102, 105, 124, 126 – 127, 131 – 137
Sanitário 101, 105 – 106, 111, 124 – 126, 130 – 131, 136 – 137, 171
Saúde 6 – 9, 40, 89 – 92, 99 – 106, 111, 123 – 124, 125 – 126, 131 – 134
Sedimentos 149, 152
Sensoriamento remoto 54 – 56
Serapilheira 11 – 19, 23 – 24, 28 – 31, 34, 38 – 40
Solos 12, 22, 25, 29, 31, 49, 90, 93
Sustentabilidade 105

Orientações para elaboração do capítulo

Caros autores,

Os **textos escritos deverão ter entre 5.000 e 6.500 palavras** (página inteira com texto, sem tabela ou figura). Pode-se usar o recurso de estatística do Word para contar o número de palavras no texto. Esse número de palavras diz respeito ao texto propriamente dito, não considerando referências ou indicações bibliográficas, tabelas e figuras. Para isso reserva-se cerca de mais três páginas por autor. Para uma uniformização dos textos e redução de dificuldades na edição final, sugere-se as seguintes “boas práticas”:

1. Limitar os textos a 6500 palavras;
2. Limitar o texto a 30 e/ou 40 paginas;
3. Não usar notas de rodapé (se absolutamente necessário, usar as notas no final do texto);
4. Limitar o número de figuras (quadros e tabelas são menos problemáticos).
5. Usar o padrão (autor, data) ou (autor, data, página) para as referências;
6. Colocar as referências no final do texto (e não em nota de rodapé).

Além disso, a configuração do texto deverá ser:

1. Folha tamanho A4;
2. Margens:
 - a. Superior: 3 cm
 - b. Inferior: 2 cm
 - c. Esquerda: 3 cm
 - d. Direita: 2 cm;
3. Letra: Times New Roman; Fonte 12;
4. Espaçamento: entre linhas de 1,5;
5. Marcação de novo parágrafo por indentação (uso de tabulação: 1,5 cm);
6. Normas ABNT 10520 para citações e ABNT 6023 para composição das referências.
7. Importante lembra-los que os textos poderão ser escritos em co-autoria, inclusive do Orientador.

Finalmente, uma pequena nota biográfica dos autores deverá ser preparada.

Enviar o texto para o email: paulo.fortes@unitau.com.br

Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais
Universidade de Taubaté
Estrada Municipal Prof Dr José Luis Cembranelli, 5000
Bairro do Itaim, Taubaté/SP, CEP: 12.081-010
Telefones: (12) 3631-8004

Sobre os autores

Nara Lúcia Perondi Fortes, graduada em Biologia pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Professora de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Professora do Programa de Pós-graduação Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU).

Paulo Fortes Neto, graduado em Agronomia pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Professor de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU), Professor dos Programas de Pós-graduação Profissional e Acadêmico em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Coordenador adjunto do Programa Profissional em Ciências Ambientais (UNITAU).



Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-9561-037-8



9 788595 610378

