



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



R B C I A M B

Revista Brasileira de Ciências Ambientais
Junho de 2017

Nº 44



ISSN Eletrônico 2176-9478

Expediente

Editor Geral

Maurício Dziedzic

Editores Internacionais

Günter Gunkel - Alemanha

Jose Alfaro Joins - Estados Unidos

Manuela Morais - Portugal

Oscar Parra - Chile

Editores Nacionais

Adriana Marques Rossetto

Liliana Pena Naval

Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Tadeu Fabrício Malheiros

Conselho Editorial

Arlindo Philippi Jr., Asher Kiperstock, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Cleverson Vitorio Andreolli, Eliza Maria Xavier Freire, Fabiano Toni, Jorge Tenório, Leandro Gonçalves Oliveira, Luiz Carlos Beduschi Filho, Marco Antonio Almeida de Souza, Maria de Lourdes Florencio, Maria do Carmo Martins Sobral, Miguel Mansur Aisse, Valdir Fernandes, Wanderley da Silva Paganini

Coordenação

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES

Presidente Nacional da ABES

Roberval Tavares de Souza

Responsáveis

Allan Rodrigues

Soraia F. F. Fernandes

Produção Editorial

Zeppelini Publishers

www.zeppelini.com.br

Submissão de artigos, dúvidas e sugestões: rbciamb@abes-dn.org.br



[Instruções para autores, clique aqui](#)

Esta é uma publicação em parceria com o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR www.ictr.org.br

ÍNDICE

1 - ANÁLISE DA RESILIÊNCIA AOS EXTREMOS CLIMÁTICOS DE CHUVA: ESTUDO PRELIMINAR NA REGIÃO DE MAUÁ NO ABC PAULISTA – SÃO PAULO

Analysis of the resilience to extreme weather of rainfall: a preliminary study in mauá region in abc paulista – São Paulo
Rafael Amorim Fernandes - María Cleofé Valverde

18 - BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS COM APLICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO E DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

Biomass and microbial activity of soils with application of urban solid waste and liquid swine manure
Henrique de Souza Dornelles - Márcia Matsuoka, Luana Ardenghi Binelo - Letícia Adriana Pauvels - Charline Michele Caron - Vanderlei Rodrigues da Silva

27 - TELOSCHISTES FLAVICANS (SW.) NORMAN COMO INDICADOR DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM PARANAGUÁ – PR

Teloschistes flavicans (sw.) Norman as atmospheric pollution indicator in paranaguá – pr, brazil
Bruno Martins Gurgatz - Camila Arielle Buffato Moreira - Gisele Antoniaconi - Rodrigo Arantes Reis

40 - A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A SUA IMPORTÂNCIA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Environmental education and its importance for the implementation of environmental management system
Margane da Silva - Danielle Paula Martins

58 - GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS EM UNIDADES DE SAÚDE EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

Waste management in health units in municipalities in the state of Goiás, Brazil
Poliana Nascimento Arruda - Aline Souza Carvalho Lima - Karla Alcione da Silva Cruvinel - Paulo Sérgio Scalize

72 - PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES DO MUNICÍPIO DE IMIGRANTE (RS) SOBRE OS RISCOS DA EXPOSIÇÃO A AGROTÓXICOS

Perception of farmers of Imigrante City (RS) about the risk of exposure to pesticides
Mônia Graziela Wahlbrinck - Jonas Bernardes Bica - Claudete Rempel

85 - ANÁLISE ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NO ENTORNO DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL

Spatial analysis of forest patches in a protected area surrounding
Gabriela Galetti Rusca - Mayra Cristina Prado de Moraes - Roberta Averna Valente - Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues

95 - CRISE AMBIENTAL, POLÍTICA CLIMÁTICA E O TURISMO: ALGUMAS REFLEXÕES

Environmental crisis, climate policy and tourism: some reflections
Isabel Jurema Grimm - Carlos Alberto Cioce Sampaio

113 - IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BATALHA NO RIO SÃO MARCOS: APREENSÃO POR PARTE DOS MORADORES DO ENTORNO DAS OBRAS

Environmental impacts of the batalha hydropower construction in Sao Marcos River: seizure of part the dwellers in surrounding work
Aline de Arvelos Salgado - Agustina Rosa Echeverría - Fernanda Posch Rios - Patrícia Layne Alves Traldi - Marta Pereira da Luz

127 - COBERTURA FLORESTAL OU FUNÇÃO ECOLÓGICA: A EFICÁCIA DA RESTAURAÇÃO NA BACIA DO RIO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ

Forest cover or ecological function: the efficiency of the restoration in the Sorocaba and Middle Tietê River basin
Gerson Eli Fernandes - Nobel Penteadado de Freitas - Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues

ANÁLISE DA RESILIÊNCIA AOS EXTREMOS CLIMÁTICOS DE CHUVA: ESTUDO PRELIMINAR NA REGIÃO DE MAUÁ NO ABC PAULISTA – SÃO PAULO

ANALYSIS OF THE RESILIENCE TO EXTREME WEATHER OF RAINFALL:
A PRELIMINARY STUDY IN MAUÁ REGION IN ABC PAULISTA – SÃO PAULO

Rafael Amorim Fernandes

Engenheiro ambiental e urbano pela Universidade Federal do ABC (UFABC) – Santo André (SP), Brasil.

María Cleofé Valverde

Professora Doutora do Curso de Engenharia Ambiental e Urbana da UFABC – Santo André (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Rafael Amorim Fernandes –
Rua Francisco Luiz de Souza Junior,
350 – Água Branca – 05037-001 –
São Paulo (SP), Brasil – E-mail:
rafael.afernandes@hotmail.com

Recebido: 01/09/2016

Aceito: 12/03/2017

RESUMO

Eventos climáticos extremos e localizados impactam, principalmente, populações mais suscetíveis socioeconomicamente, com maior grau de exposição e menor resiliência. A fim de avaliar a resiliência de moradores das ruas mais afetadas por eventos extremos de chuva, no bairro Jardim Zaíra, ABC Paulista, um questionário foi elaborado com base em padrões comportamentais e aplicado em uma amostra da população. Os resultados mostram o grau de fragilidade socioeconômica e demográfica dos moradores, devido ao grande adensamento populacional, à baixa renda familiar, às deficiências no saneamento básico, à baixa expectativa de vida e à carência em estudos. Os padrões e extremos de chuva na região apontam a diminuição no acumulado mensal de chuva e o aumento na concentração diária, favorecendo eventos extremos. A análise das entrevistas indica resiliência média na amostra, ou seja, capacidade razoável para enfrentar crises e adversidades, com algum distresse e moderado sucesso, tendo forte contribuição do padrão religioso para um maior grau de resiliência.

Palavras-chave: resiliência; eventos extremos de chuva; mudanças climáticas; vulnerabilidade; Mauá.

ABSTRACT

Located and extreme climatic events impact, especially, the most socioeconomically susceptible populations, with higher levels of exposure and less resilience. In order to analyze the resilience of residents of the streets most affected by extreme rainfall events in Jardim Zaíra, ABC Paulista, a questionnaire was developed based on behavioral patterns and implemented in a sample of the population. The results show the degree of socioeconomic and demographic weakness of the neighborhood residents, due to the population density, low income, deficiencies in basic sanitation, low life expectancy and lack of studies. The patterns and extremes of rainfall point to a decrease in the annual accumulated rainfall and an increase in their daily concentration, favoring extreme events. The analysis of resilience indicates the sample has medium resilience, that is, reasonable ability to face crises and adversity, with some distress, and moderate success, with strong contribution of the religious standard to greater the resilience degree.

Keywords: resilience; extreme events of rainfall; climate change; vulnerability; Mauá.

INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial, as emissões de gases do efeito estufa (GEEs) têm aumentado, com destaque para a produção de dióxido de carbono (CO₂), que já ultrapassou o limite considerado seguro pela ciência, de 350 partículas por milhão (ppm), mantendo-se acima do nível de 400 ppm (NASA, 2015). O aumento nos GEEs está associado às mudanças climáticas, de modo que contribui para uma maior frequência e intensidade de eventos extremos localizados. Eventos extremos são caracterizados por aumento ou diminuição significativos de um determinado estado climático, de acordo com valores, frequência e associações temporais das observações, como chuvas, secas e ondas de calor intenso (MARENGO *et al.*, 2010; UN-HABITAT, 2011).

Segundo o último relatório publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), a temperatura global deverá aumentar pelo menos 4°C até 2100 na comparação com o nível da era pré-industrial, intensificando os eventos extremos e gerando significativos impactos ambientais e sociais, como escassez de recursos naturais, desastres ambientais, fome e migrações das populações mais afetadas (IPCC, 2014).

Além de contribuírem significativamente para a intensificação das mudanças climáticas, as áreas urbanas sofrem grandes impactos devido aos efeitos da mudança no clima. As populações mais pobres e carentes de infraestrutura são as principais afetadas pelos eventos extremos, por estarem, geralmente, localizadas em áreas de risco, vulneráveis aos desastres naturais, além de possuírem menor capacidade de resposta aos seus impactos (MARTINS & FERREIRA, 2011). Cardona (2004) identifica três componentes principais para a composição da vulnerabilidade: exposição; fragilidade social e econômica; e falta de resiliência.

Assim, pode-se considerar que a vulnerabilidade de um determinado sistema, grupo ou pessoa está relacionada, principalmente:

1. a uma componente física, que se refere ao grau de exposição em função da localização;
2. a uma componente socioeconômica e demográfica, que está relacionada à fragilidade social e econômica;
3. e a uma componente comportamental, comunitária e política, que está ligada à capacidade de resiliência,

ou seja, à capacidade que um determinado sistema, grupo ou indivíduo tem de lidar com os impactos, respondendo e se reorganizando, de modo a manter sua estrutura, identidade e função (CARDONA, 2004).

Assim, este estudo aborda a resiliência como um aspecto importante a ser desenvolvido para a diminuição da vulnerabilidade.

Entender o quanto um sistema é suscetível ou incapaz de responder às mudanças climáticas permite a alteração de sua vulnerabilidade (IPCC, 2001). Ou seja, uma população que melhor responde a um estresse climático, como um evento de chuva extrema, será menos vulnerável aos seus impactos. Uma das formas de contribuir mais efetivamente para diminuir a vulnerabilidade de uma população é aumentar sua resiliência, entendendo quais fatores contribuem para sua alteração e buscando maneiras para aumentar sua resposta de adaptação.

A construção de formas de mensuração da resiliência envolve a complexidade da quantificação dos aspectos ligados aos fatores de risco e proteção assim como da avaliação das estratégias utilizadas por cada indivíduo na resolução dos problemas (ANGST, 2009). Ainda assim, na literatura bibliográfica (POLK, 1997; MARTINS; FERREIRA, 2010), é possível encontrar diversas metodologias que buscam capturar os principais aspectos do comportamento humano que ajudam a lidar com as adversidades.

Connor e Davidson (2003) construíram uma metodologia para medir a capacidade humana de prosperar frente à adversidade, o *Connor-Davidson Resilience Scale* (CD-RISC). Essa metodologia mede cinco fatores: competência pessoal, altos padrões e tenacidade; confiança nos próprios instintos, tolerância aos afetos negativos e fortalecimento pelos efeitos do stress; aceitação positiva de mudanças e relacionamentos seguros; controle e influências espirituais.

Reivich e Shattè (2002 *apud* BELANCIERI *et al.*, 2010) também construíram uma ferramenta para identificar características ligadas à resiliência, o “Questionário do Coeficiente de Resiliência-RQ-Test”, que possui 56 quesitos, variando de 1 (nunca verdade) a 5 (sempre verdade), e organiza a resiliência em 7 fatores: regulação das emoções; controle de impulsos; otimismo; análise causal; empatia; autoeficácia; e exposição.

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo estudar a resiliência de uma amostra de uma população vulnerável aos impactos dos extremos de chuva (deslizamentos, alagamentos e inundações), de forma a mensu-

rar como ela reage e se mostra capaz de lidar com esses impactos. Também foram identificados os fatores que contribuem para o aumento ou para a diminuição da resiliência.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Mauá está localizado na Região Metropolitana de São Paulo e pertence à Região do ABC Paulista. O município possui uma área de 61,866 km², com 448.776 habitantes (IBGE, 2014), sendo que aproximadamente 21% (12,44 km²) do território total do

município está localizado em área de proteção e recuperação aos mananciais, correspondentes à sub-bacia do rio Guaió. A cidade possui um grau de urbanização de 100%, ou seja, a população urbana é correspondente à população total do município.

Identificações de áreas vulneráveis aos extremos climáticos no município de Mauá – ABC Paulista

A identificação das áreas vulneráveis às chuvas extremas teve como base o estudo desenvolvido por Valverde (2017), no qual foram identificados os municípios mais vulneráveis às chuvas extremas na região do ABC Paulista, e foram mapeadas as ocorrências de deslizamentos, inundações e alagamentos devido às intensas chuvas. Os resultados identificaram o município de Mauá como um dos mais vul-

neráveis aos impactos de chuvas intensas. Com base nessa informação, o presente estudo identificou os bairros e ruas que sofriam mais impactos das chuvas, devido, principalmente, à sua exposição e à sua carência econômica e social. A base de dados foi a mesma utilizada no estudo de Valverde (no prelo), a qual foi disponibilizada pela Defesa Civil de Mauá para o período 2012-2014.

Avaliação da resiliência

A avaliação da resiliência buscou entender a resposta de uma amostra da população aos impactos das chuvas extremas (inundação, alagamentos e deslizamentos). Dentre os métodos de mensuração da resiliência, não foi encontrada nenhuma aplicação específica que avalie a resposta de uma população aos impactos de eventos extremos de chuva. A abordagem sobre o tema, na maioria das vezes, está relacionada com a área da psicologia. Por esse motivo, para este trabalho foram utilizadas as metodologias de Job (2003) e Polk (1997), as quais foram adaptadas com o propósito de avaliar graus de resiliência. Os autores estabelecem quatro padrões para avaliar atitudes e comportamentos que se relacionam com a resiliência (POLK, 1997):

- Padrão disposicional: adaptabilidade, autoafirmação, autocontrole, autodisciplina, autoestima, autossuficiência, capacidade de aprendizagem, capacidade de expressar emoções e senso de humor.
- Padrão relacional: capacidade de ajuda mútua, capacidade de comunicação e de estabelecer vínculos emocionais, flexibilidade e capacidade de formar relações.

- Padrão situacional: acreditar em sorte criando opções, usar o bom senso, capacidade de lidar com a imprevisão e de ter metas futuras, vida mental rica no sentido de multiplicidade de interesses e criatividade.
- Padrão filosófico ou religioso: crer em um sentido de vida, ter esperança, ter crenças.

Com base nesses padrões, são criados questionários (JOB, 2003) para aplicar em amostras da população e, por meio do tratamento dos dados obtidos, inferir sobre escalas de resiliência.

O questionário é um instrumento importante para o levantamento de dados por amostragem e possibilita coletar informação de pessoas acerca de suas ideias, sentimentos, planos, crenças, bem como origem social, educacional e financeira (FIN & KOSECOFF, 1985; GÜNTHER, 1999).

No presente estudo, foi elaborado um questionário, constituído por 32 perguntas, que foram construídas seguindo os 4 padrões de resiliência sugeridos por Polk (1997), porém adaptados ao objetivo deste tra-

balho. O questionário (Quadro 1) teve 8 perguntas para cada padrão e a pergunta base foi: “Como está sua capacidade de enfrentar os impactos de um evento extremo de chuva, seja um deslizamento de terra ou uma inundação?”.

No questionário (Quadro 1), foram construídas oito perguntas relacionadas ao padrão disposicional, que avalia o autocontrole, a capacidade de aprendizagem e a adaptabilidade (POLK, 1997), características importantes, que farão a diferença para uma comunidade que enfrenta o perigo de um evento extremo de chuva. Nesse contexto, as duas primeiras questões estiveram relacionadas ao interesse de saber sobre assuntos relacionados com a ocorrência de desastres, uma vez que, os moradores vivenciam esse risco em épocas de chuva, as outras questões buscaram entender a capacidade do morador em se adaptar e seu autocontrole frente à ocorrência de um desastre.

Para o padrão relacional (Quadro 1), que avalia a capacidade de ajuda mútua e comunicação para minimizar impactos (POLK, 1997), a primeira questão construída buscou entender a capacidade do morador de interagir com as outras pessoas em caso de desastres. A partir dessa questão, as outras foram construídas visando aprofundar o grau de comunicação e a ajuda mútua das pessoas que vivem em comunidades de risco, quando expostas a situações de perigo.

O padrão situacional (Quadro 1) avalia a capacidade de lidar com a imprevisão, de estabelecer metas futuras e de cultivar uma multiplicidade de interesses (POLK, 1997). Nesse padrão, a primeira pergunta construída buscou entender a percepção do risco, especificamente do local onde as pessoas moram. A partir disso, as outras questões buscaram aprofundar o aspecto de planos futuros e o cuidado que se deve ter com o local onde se mora, além de enfatizar que a solução

Quadro 1 – Ficha de avaliação da resiliência.

Município: _____ Bairro: _____ Rua: _____				
Nome do Cidadão: _____ Idade: _____				
Sexo: _____ Profissão: _____ Estado Civil: _____				
Padrões	Questões	Respostas		
		Sim	Não	Estou em dúvida
Disposicional	Tenho interesse em aprender sobre assuntos relacionados à ocorrência de desastres (inundações ou deslizamentos)? Por que estes ocorrem?			
	Em época de chuvas, interesse-me em escutar as previsões meteorológicas ou saber sobre o sistema de alerta da Defesa Civil da minha região?			
	Consigo me adaptar facilmente em situações de perigo?			
	Posso controlar minhas emoções, quando desastres ocorrem?			
	Procuro me informar sobre como agir ou reagir aos desastres ocasionados pelas chuvas intensas?			
	Gosto de colocar ordem em situações de caos?			
	Costumo enfrentar situações estressantes?			
	Sou proativo para mudanças?			

Continua...

Quadro 1 – Continuação.

Padrões	Questões	Respostas		
		Sim	Não	Estou em dúvida
Relacional	Faço parte de grupos que se organizam para melhor atuar em caso de desastres?			
	Confio nas pessoas ao meu redor quando preciso de ajuda?			
	Sou tolerante?			
	Sou predisposto em ajudar o próximo em situações não previstas?			
	Emociono-me com a situação de outras pessoas?			
	Sou uma pessoa de fácil convívio?			
	Gosto de fazer amizades?			
Situacional	Sou comunicativo?			
	Considero morar em uma área de risco, onde as chuvas fortes podem causar prejuízos?			
	Tenho planos para o futuro? Por exemplo, mudar o local de moradia?			
	Colaboro com a limpeza das áreas próximas?			
	Gosto de me envolver e realizar novos projetos?			
	Atuo diante de problemas mesmo sem saber a melhor alternativa?			
	Já me recuperei de algum desastre ocasionado pelas fortes chuvas?			
	Sou capaz de aprender com os desafios enfrentados?			
Filosófico ou Religioso	Os problemas que atingem meu bairro podem ser solucionados por outras pessoas além do prefeito? Se não, acredito que o prefeito é o único responsável por solucionar os problemas que atingem meu bairro.			
	Tenho fé que algum dia as coisas vão melhorar?			
	Preocupo-me com a avaliação negativa de meus atos?			
	Tenho um objetivo de vida?			
	Tenho fé que posso vencer qualquer situação adversa?			
	Acredito receber forças divinas para enfrentar meus problemas?			
	Tento manter influência positiva sobre as mudanças que ocorrem à minha volta?			
	Minha fé me ajuda a atingir meus objetivos?			
Outras	Acredito que os desastres acontecem por culpa do homem e não por um castigo Divino?			
	Qual foi o episódio mais intenso de inundação ou deslizamento por chuva intensa que já vivenciei? Especificar, ano, mês, dia e o impacto (perdas), se possível:			

Fonte: Autoria própria com base nos modelos estudados.

dos problemas também é de responsabilidade dos próprios moradores.

E para o último padrão filosófico ou religioso, que avalia a crença em um sentido para a vida, a esperança e as crenças religiosas (POLK, 1997), as questões construídas avaliaram de diferentes formas a fé e o pensamento positivo das pessoas perante exposição ao perigo. A fé pode direcionar e motivar uma ação positiva impulsionando a disposição, a comunicação, a proatividade e a ajuda mútua.

Embora o significado da palavra questionário possa ser definido como um conjunto de perguntas sobre um determinado tópico que não testa a habilidade do respondente, mas mede sua opinião e seus interesses principalmente (FIN & KOSECOFF, 1985), o questionário criado neste estudo foi direcionado para um público alvo: pessoas que de alguma forma já foram impactadas por eventos de deslizamentos, alagamentos ou inundações, pertencentes a ruas identificadas como as mais vulneráveis aos eventos de chuva extrema. Tal questionário não foi aplicado de forma aleatória, evitando ser apenas uma pesquisa de opinião. Segundo Schuman e Kalton (1985), na elaboração de um questionário é importante ter muito claro o objetivo da pesquisa, em termos dos conceitos a serem pesquisados e a população alvo que se deseja atingir, podendo se obter dessa forma uma maior representatividade dos resultados.

Análise de indicadores sociais, demográficos, sanitários e econômicos, nos bairros de Mauá

Para a análise dos indicadores sociais, demográficos, sanitários e econômicos, foram utilizadas as informações da Prefeitura de Mauá que – por meio da Seção de Informações Socioeconômicas e da Coordenadoria de Planejam-

Para o preenchimento do questionário, o entrevistado tinha opção de respostas divididas em “SIM”, “NÃO” e “ESTOU EM DÚVIDA”. A medida utilizada para a análise dos dados se deu por meio da soma dos pontos das questões avaliadas, tanto para o conjunto total quanto para cada padrão: padrão disposicional (PD), padrão relacional (PR), padrão situacional (PS) e padrão filosófico ou religioso (PF). Assim, o valor máximo que pode ser alcançado, por cada padrão, é 80 e o valor mínimo é 40.

Para cada tipo de resposta (SIM, NÃO e ESTOU EM DÚVIDA), as informações obtidas foram tratadas estatisticamente e os resultados mostrados por meio de diagramas de *Box-plot*. Esse tipo de diagrama fornece características da medida da posição central dos dados (mediana), variabilidade ou dispersão dos dados (por meio dos quartis: 25, 50 e 75%), valores máximos e mínimos, e os *outliers* (SEWARD & DOANE, 2014).

Para a determinação das escalas de resiliência, utilizou-se a classificação de Job (2003), com os tipos: resiliência alta, resiliência média alta, resiliência média e resiliência baixa. Para cada uma das escalas, foram atribuídos intervalos do Percentil 90 (Tabela 1), tendo como base os valores máximo e mínimo das pontuações obtidas nas respostas do questionário (Quadro 1). O Percentil é uma técnica que divide o conjunto de dados em cem partes iguais, onde, por exemplo, o 1º percentil determina o valor em que 1% dos dados são menores que ele, e o 98º percentil determina o valor em que 98% dos dados são menores que ele (SILVA, 2009).

to Urbano – forneceu os dados de 2010, de acordo com a divisão oficial do município (21 Regiões de Planejamento ou Áreas de Ponderação). Das informações disponibilizadas, foram utilizados como indicadores:

Tabela 1 – Escala da Resiliência por meio do Percentil.

Classificação	P(90 th)
Resiliência alta	$P(90\text{ th}) = 80$
Resiliência média alta	$80 > P(90\text{ th}) \geq 76$
Resiliência média	$76 > P(90\text{ th}) \geq 50$
Resiliência baixa	$50 > P(90\text{ th}) \geq 40$

- demográfico-urbano (densidade demográfica);
- socioeconômico (taxa anual de crescimento do rendimento domiciliar médio, riqueza, pobreza, escolaridade e longevidade); e
- saneamento (serviço sanitário e abastecimento de água).

Análises das chuvas e dos eventos extremos

Para a análise, foram utilizados históricos de dados de chuvas diárias de três pluviômetros localizados no município de Mauá, obtidos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE): Mauá (E3-148), Noêmia (E3-156) e Zaíra (E3-157). A estação pluviométrica E3-148 possuía dados de 1953 até 2003 (51 anos), motivo pelo qual ela foi considerada para representar a climatologia da área de estudo. As estações E3-156 e E3-157 possuem dados de um período mais curto, porém, mais recente, de 1999 até 2015 (16 anos), sendo também utilizadas na análise devido à atualidade dos dados.

As informações de chuvas foram processadas em planilhas, para análise do padrão mensal climatológico,

A análise dos indicadores auxiliou na identificação da fragilidade social e econômica da região de estudo, componente da vulnerabilidade que analisa os fatores socioeconômicos e demográficos e captura a predisposição de um grupo populacional de sofrer diante de um fenômeno perigoso. Segundo Cardona (2004), tal predisposição é decorrente do grau de marginalidade, da segregação social e da fragilidade econômica às quais um determinado grupo populacional se encontra submetido.

das tendências dos acumulados anuais, da variabilidade diária e dos eventos diários máximos de chuva na época de verão. A análise de tendências indica movimentos graduais e sistemáticos ao longo do intervalo de dados, em que há elevação ou diminuição dos valores médios da série. A tendência pode ser obtida por meio da equação linear: $Y = a + bX$. Onde Y refere-se à variável dependente e X corresponde ao período. O termo “a” é a intersecção no eixo Y e “b” é o coeficiente angular da reta, o qual pode ser obtido por meio da série de n dados (PETERNELLI, 2014). Para evidenciar casos extremos de mínima e/ou máxima precipitação, os percentis 15 e 95% foram calculados, respectivamente.

RESULTADOS

Análise das áreas vulneráveis aos extremos de chuva, no município de Mauá

A análise dos 28 bairros que constituem o município de Mauá mostrou que o bairro Jardim Zaíra é o mais vulnerável às chuvas intensas, devido ao maior número de eventos (41), quando comparado com outros bairros. Dessas 41 ocorrências, 2 foram inundações, 6 alagamentos e 33 de deslizamentos, para o período de 2010 a 2014 (Figura 1).

Em segundo lugar, o Jardim Oratório apresentou a maior frequência de ocorrências, 29 no total, sendo 1 inundações, 8 alagamentos e 20 deslizamentos (Figura 1). Tanto para o Jardim Zaíra quanto para o Jardim Oratório, a maioria das ocorrências esteve relacionada com eventos de deslizamentos. Essas estatísticas foram realizadas tendo como base os registros históricos de ocorrências da Defesa Civil de Mauá.

O Jardim Zaíra é o bairro mais populoso de Mauá, com cerca de 110 mil habitantes, quase ¼ (um quarto) da

população do município. O bairro teve crescimento considerável ao longo dos anos e é dividido em microrregiões, conhecidas como Jardim Zaíra de I a VII e Macuco.

A partir da identificação do Jardim Zaíra como o bairro mais representativo para o impacto dos eventos extremos de chuva, foram mapeadas as ruas do bairro com o maior número de ocorrências: as 41 registradas ocorreram em 32 ruas do bairro, em sua maioria ligadas a deslizamentos; a minoria das ocorrências estavam relacionadas a inundações. Dentre as ruas com maior ocorrência de deslizamentos, inundações e alagamentos, algumas foram selecionadas para a aplicação do questionário para avaliar a resiliência de seus moradores. Assim, levando em conta áreas com maior potencial para ocorrência desses eventos, junto com a Defesa Civil de Mauá, foram escolhidas as seguintes ruas para visita: Rua Lourival Portal da Silva, Rua Eugênio Negri, Rua Rosa Gabioneta, Rua Manoel Nascimento

to, Rua Maria Dominiquini e Rua Moacir Campos do Nascimento. Além dessas, as Ruas Júlio Antônio Conde e Manoel Nascimento também foram visitadas, por indicação da Defesa Civil de Mauá.

Com a visita aos locais, sempre na companhia de um agente da defesa civil, foi possível perceber que as re-

giões com o maior número de ocorrência de eventos ligados à chuva intensa possuem grande adensamento populacional, e, muitas vezes, estão próximas a áreas suscetíveis a deslizamento, ou seja, áreas de risco geológico-geotécnico, devido a construções próximas a encostas e ao despejo irregular de efluentes e lixo.

Análise de indicadores sociais, demográficos, sanitários e econômicos no Jardim Zaíra

A análise dos indicadores fornecidos pela Prefeitura de Mauá mostrou que o bairro do Jardim Zaíra, quando comparado com os outros bairros, apresenta alta concentração populacional, com mais de 16 mil pessoas por km² em três regiões do Zaíra (Zaíra II; Zaíra III e IV; e Macuco) e uma baixa taxa de crescimento do rendimento domiciliar médio¹, apresentando taxa negativa para o Jardim Zaíra II.

A porcentagem dos moradores com renda familiar per capita maior a dois salários mínimos se mostrou baixa para a região do Zaíra. O Macuco, área do Jardim Zaíra em que foi realizada a maior parte das entrevistas, apresentou a menor porcentagem (Figura 2). O índice da população com renda familiar per capita menor que ½ (meio) salário mínimo mostrou o Jardim Zaira III e IV e o Macuco com uma das mais altas porcentagens (Figura 2), caracterizando a baixa remuneração dos moradores dessa região. Maior vulnerabilidade econômica, muitas vezes, implica, também, em um fator de risco que ameaça o bem-estar das pessoas, limitando suas oportunidades de desenvolvimento (CECCONELLO, 2003).

¹Calculada por setores censitários, por meio da equivalência dos setores de 2000 e 2010, e atualizada pelo IPCA (IBGE), para o cálculo da taxa de geométrica crescimento.

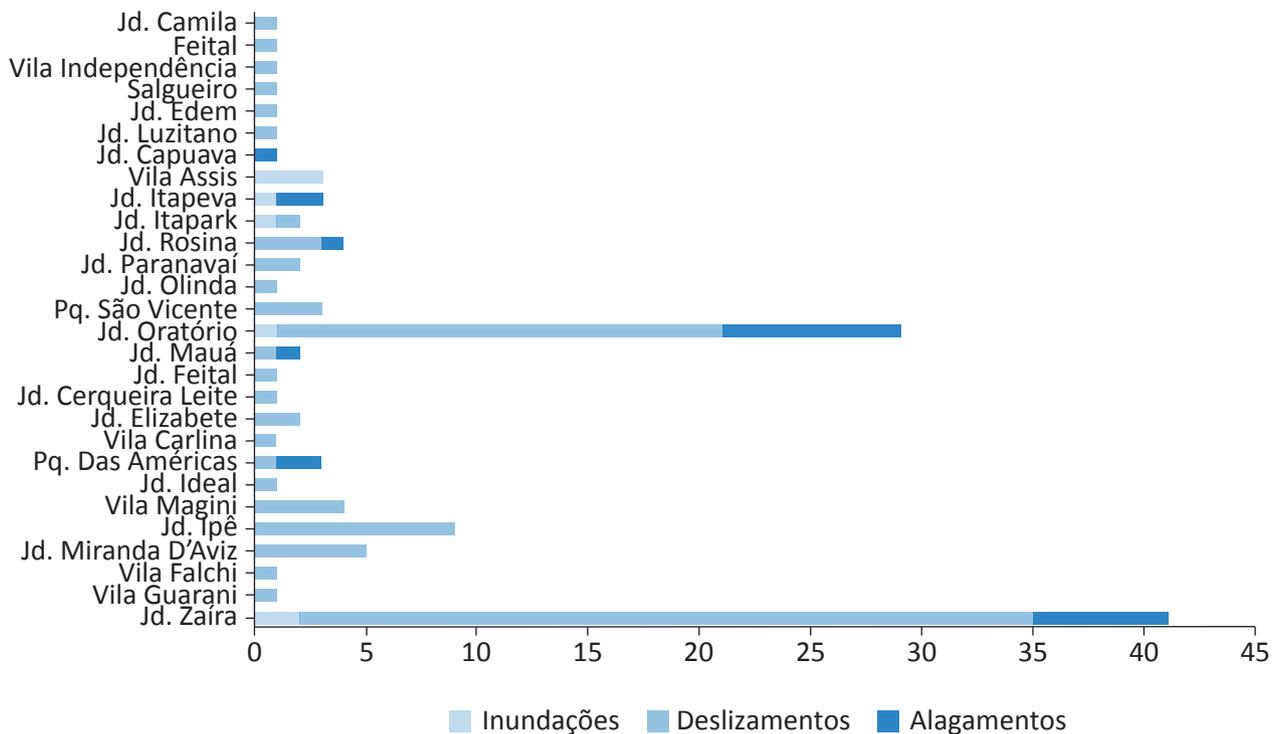


Figura 1 – Frequência de eventos de deslizamentos, alagamentos e inundações, relacionados à chuva intensa, em bairros de Mauá, para o período de 2010 a 2014.

A região do Macuco também se destaca pelo alto índice de pessoas com 15 anos de idade ou mais com menos de 4 anos de estudo, assim como pela baixa expectativa de vida. Além disso, uma grande parcela dos domicílios, principalmente na região do Macuco, não tem serviço sanitário (rede pública ou fossa) e apresenta deficiência no abastecimento de água.

Com os resultados descritos acima, nota-se que a região do Jardim Zaíra, principalmente o Macuco, área onde foi realizada a maior parte das entrevistas, possui um grande adensamento populacional,

baixa renda familiar, deficiência de serviços de saneamento básico, baixa expectativa de vida e um número alto de pessoas sem muitos anos de estudo. Sendo assim, esse bairro e sua população se diferenciam, de uma forma geral, dos outros bairros no município de Mauá, pela sua fragilidade social e econômica, caracterizando-se como um dos mais vulneráveis social e economicamente, o que contribui também para deixá-lo mais exposto ao impacto de chuvas extremas e outros extremos climáticos.

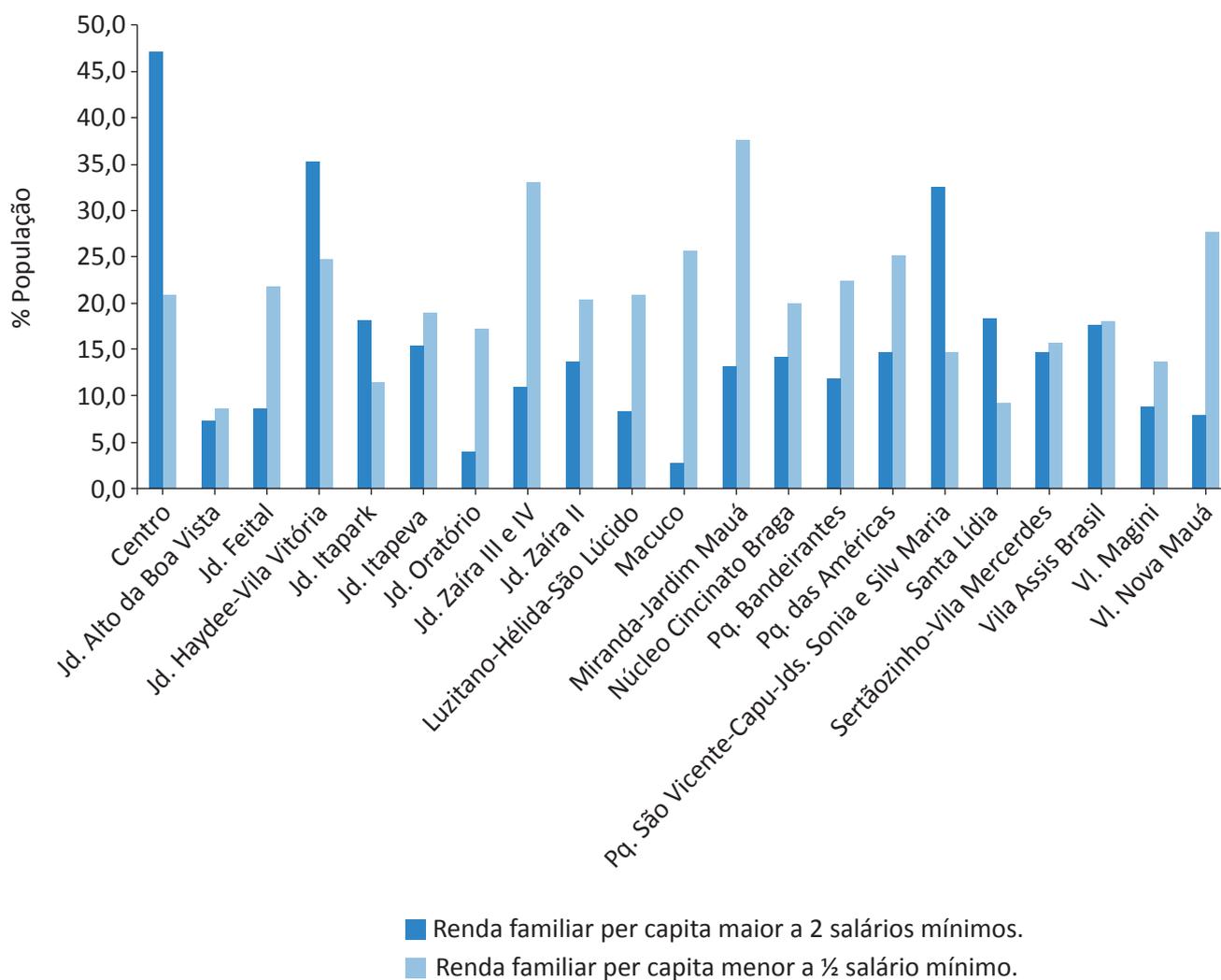


Figura 2 – Porcentagem da população com renda familiar, per capita, maior a dois salários mínimos e menor a 1/2 salário mínimo nos bairros de Mauá.

ANÁLISE DE DADOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE MAUÁ

Utilizando os dados de precipitação dos três pluviômetros, foi possível identificar o padrão sazonal da chuva: a maior intensidade de chuvas ocorre no período de verão – dezembro, janeiro e fevereiro; e a menor intensidade no inverno – junho, julho e agosto (Figura 3A). Em todas as estações pluviométricas, o mês que apre-

sentou maior precipitação foi o de janeiro (242,93 mm em Mauá, 227,65 mm em Noemia e 235,76 em Zaíra), seguido pelo mês de fevereiro (225,46 mm em Mauá, 186,65 mm em Noemia e 156,55 mm em Zaíra).

As médias mensais na Figura 3A representam períodos diferentes, sendo que a estação pluviométrica

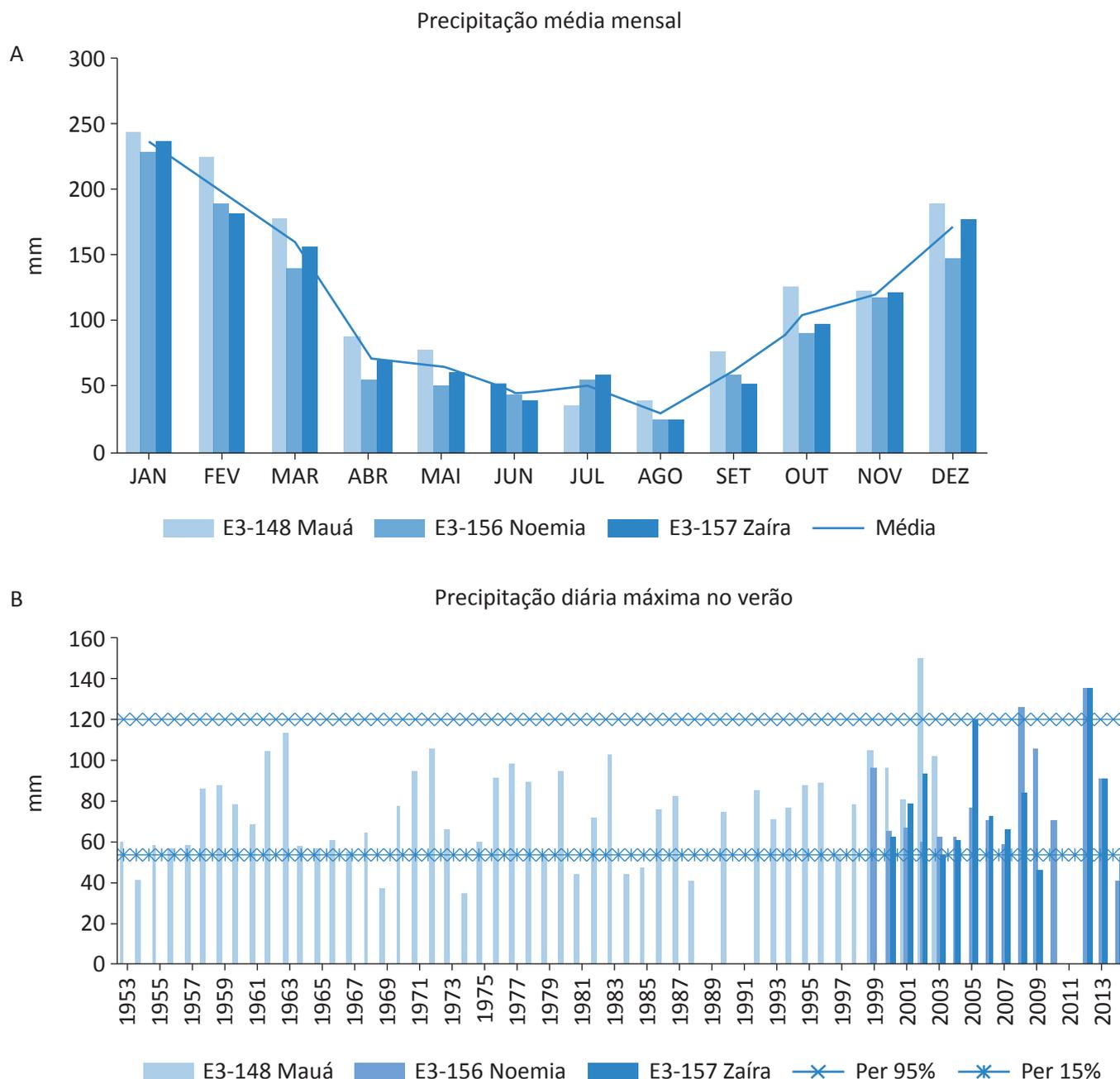


Figura 3 – Média mensal das estações pluviométricas (A) e variabilidade interanual da precipitação máxima diária no período de verão com os percentis 95% (Per 95%) e 15% (Per 15%) (B).

trica de Mauá tem uma série histórica de 1953 até 2003 (51 anos), e a de Noemia e Zaíra apresentam dados de 1999 até 2014 (16 anos). A estação de Mauá apresenta maiores valores de precipitação média mensal, em comparação com as estações de dados mais recentes (Noemia e Zaíra); a diferença de precipitação entre elas é em média 14,95 mm, no período de verão. A estação Zaíra, localizada na área de estudo, apresenta maior precipitação mensal do que a de Noemia, nos meses de dezembro e janeiro. Em média, no verão (dezembro, janeiro e fevereiro), a precipitação diminuiu 32,24 mm, quando se compara a estação Mauá com Noemia, e 20,99 mm, quando se compara a estação Mauá com a Zaíra. Com isso, os resultados sugerem uma diminuição na precipitação média mensal, nos últimos 16 anos.

Ao considerar a precipitação diária máxima, apenas no período de verão (Figura 3B), época de maior intensidade das chuvas, observa-se que a estação Mauá (que possui o registro mais longo) apresenta uma tendência linear de aumento (em média 25 mm por dia). No entanto, essa série vai somente até o ano 2003. Por outro lado, as estações de Noemia e Zaíra, de períodos mais recentes, retratam um comportamento mais atual dos máximos diários de verão. Para estabelecer os limiares de eventos extremos diários, o mínimo do máximo diário e o máximo do máximo diário de chuva, calcularam-se, respectivamente, os percentis 15 (%), com o valor de 53,32 mm, e 95 (%), com o valor de 120,16 mm.

Observa-se na Figura 3B que, na estação de Mauá, em 51 anos, foi registrado apenas 1 evento extremo (acima do percentil 95%), com um valor máximo diário de 150 mm em 2002. Já, para os dados mais recentes, em apenas 16 anos de observação, é possível verificar 2 anos com extremos máximos de chuva, 2008 (125,6 mm) em Noemia, e 2012 (135, 2 mm) em Zaíra e Noemia. O ano de 2005 (118,8 mm), em Zaíra, também se aproximou do percentil 95%. Com isso, é possível notar uma maior frequência de eventos extremos de máximo de chuva na região de estudo, em um período menor de tempo. A Figura 3B também evidencia a maior frequência de picos extremos, tanto de mínimo quanto de máximo de chuva, com destaque, novamente,

para uma tendência à diminuição de precipitação no período mais recente. Importante ressaltar que os mínimos da máxima chuva diária no verão de 2014 estão associados com a seca intensa que ocorreu em todo o estado de São Paulo e que foi um dos fatores que originou a crise nos reservatórios do Sistema Cantareira (VIANA, 2015).

As chuvas de verão no estado de São Paulo têm como causa principal a ocorrência do sistema atmosférico conhecido como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (CARVALHO E JONES, 2009) e das Frentes Frias (CAVALCANTI & KOUSKY, 2009), sendo esses mesmos sistemas responsáveis pelas chuvas na região do ABC Paulista. Porém, a variabilidade espacial da chuva faz com que cada região específica se caracterize por uma intensidade, dependendo de fatores locais, como o tipo de ocupação de solo, orografia, vegetação, urbanização, entre outros.

Na análise das séries mais atuais de chuva (1999-2014), encontrou-se que, no Zaíra, a média mensal no verão é mais intensa que em Noemia, e que houve um maior número de ocorrência de extremos. Isso pode estar associado com fatores locais, especificamente as características topográficas da região e a ocupação do solo. Segundo Conceição (2013), o município de Mauá apresenta topografia constituída por dois tipos de relevo – Morros com Serras Restritas e Colinas Pequenas com Espigões Locais. A estação de Noemia localiza-se em uma região com declividades que oscilam entre 3 e 20%, já Zaíra se localiza em áreas com declividades maiores que 45%, evidenciando que essa última região de estudo é essencialmente composta de morros e, por esse motivo, pode ser considerada área de risco geológico-geotécnico (CONCEIÇÃO, 2013).

A presença de morros para a geração de chuva se constitui como um fator importante para as chuvas orográficas. Por outro lado, o efeito do aquecimento intensificado pela ocupação e pela alteração do solo, que se somam a uma alta densidade da população, pode influenciar a convecção para a ocorrência de fortes chuvas. Esses fatores podem explicar, de uma forma geral, porque na região de estudo (Zaíra) a precipitação média mensal no verão é maior que em Noemia.

Avaliação da Resiliência nas áreas vulneráveis aos impactos das chuvas extremas, no Jardim Zaíra

As entrevistas foram realizadas principalmente na região de Macuco, pertencente ao bairro Jardim Zaíra. Com o auxílio e a colaboração da Defesa Civil de Mauá, foram realizadas visitas e foram aplicados questionários aos moradores das ruas identificadas pela ocorrência de eventos de deslizamento, inundação e alagamento: Rua Lourival Portal da Silva, Rua Eugênio Negri, Rua Rosa Gabioneta, Rua Manoel Nascimento, Rua Maria Dominiquini, Rua Moacir Campos do Nascimento, Rua Júlio Antônio Conde e Rua Manoel Nascimento, a fim de mensurar e, posteriormente, avaliar a resiliência de uma amostra da população do bairro em estudo.

Foram entrevistadas 61 pessoas, no total, sendo 38 mulheres e 23 homens, 13 jovens (15 a 24 anos), 37 adultos (25 a 59 anos) e 11 idosos (com 60 ou mais), e 29 pessoas solteiras (incluindo viúvas e divorciadas, sem nova união) e 32 com parceiro fixo (união estável ou casados).

Os resultados das entrevistas, para a amostra da população, são mostrados no diagrama *Box-plot* (Figura 4), no qual observa-se a influência dos quatro padrões: PD

(Padrão disposicional), PR (Padrão relacional), PS (Padrão situacional) e PF (Padrão filosófico ou religioso) na resiliência das pessoas entrevistadas no Jardim Zaíra. Com a análise de todas as respostas, percebe-se que os padrões de comportamento PD e PR possuem variabilidade similar, com uma mediana de 70, e com 75% das respostas entre 65 e 75 pontos. O padrão PD apresentou valores de 80 que indicam entrevistados com alta resiliência para esse padrão, e um *outlier* de 45 que também indica um entrevistado com baixa resiliência para esse padrão, como pode ser observado no limite do mínimo valor extremo.

O padrão PS também apresentou uma mediana de 70 pontos e uma maior variabilidade, com o primeiro quartil abaixo dos demais padrões, podendo influenciar para um menor valor de resiliência. Esse padrão avalia a criatividade e a capacidade de improvisar, no caso do presente estudo, diante da ocorrência de um deslizamento pelas fortes chuvas. De acordo com as respostas, o primeiro quartil do PS foi baixo devido ao fato de as pessoas entrevistadas responderem que não se envolvem em novos projetos relacionados com pre-

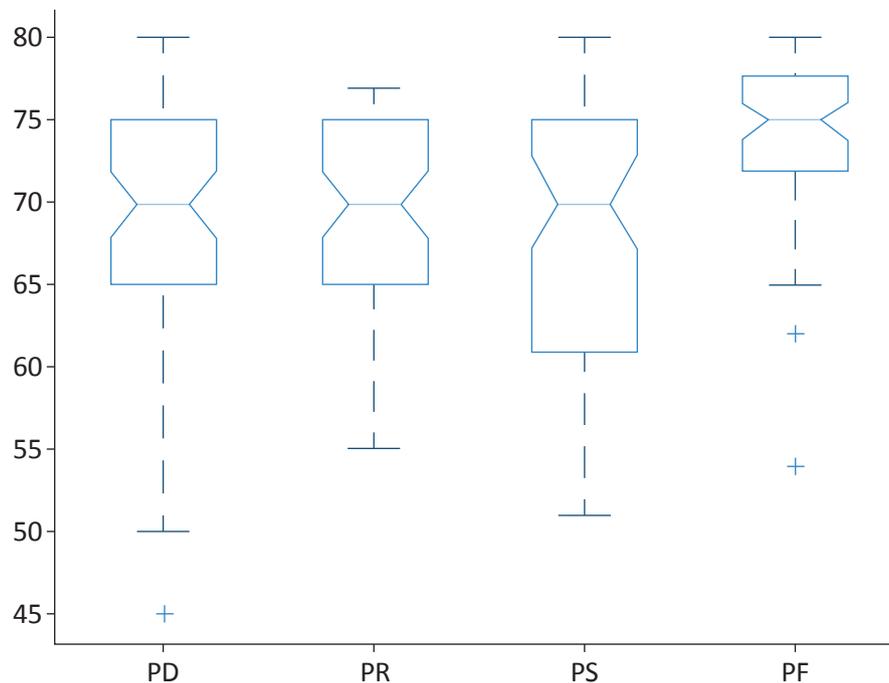


Figura 4 – Diagrama *Box-plot* para os padrões de comportamento que avaliam a resiliência na área de estudo.

venção de desastres, nunca terem se recuperado de um desastre e não acharem que suas moradias estão localizadas em uma área de risco geológico-geotécnico.

O PF se destacou pela influência no aumento da resiliência dos entrevistados. Observa-se, na Figura 4, o PF com uma variabilidade menor, com mediana de 75 e com 75% dos valores entre 73 e 77 pontos. Esse padrão analisa a fé e a crença das pessoas, sendo assim, o resultado mostra que a maioria da população entrevistada tem uma crença muito forte em Deus, com exceção de duas das pessoas entrevistadas (os *outliers*, vistos na Figura 4). Os entrevistados mostraram ter uma confiança muito grande em relação à ajuda “Divina”, mesmo frente às adversidades e perdas materiais ocasionados por um desastre. A fé e a participação em missas, como em outros grupos religiosos, podem contribuir para o bem-estar emocional, aliviando tensões e provendo energia para lidar com problemas (CECCONELLO, 2003). Além disso, a fé pode servir para suprir as necessidades de apoio instrumental e emocional para uma determinada pessoa (HOPE, 1998 *apud* CECCONELLO, 2003).

Nas áreas mais suscetíveis a eventos relacionados à chuva, onde a pobreza costuma ser frequente, a incidência de denominações evangélicas e do catolicismo praticante se faz importante, de modo que a religião age como agente mediador de carências familiares e coletivas, tanto materiais quanto espirituais, contribuindo para superação emocional e, ainda, podendo preencher as lacunas assistenciais não preenchidas pelo Estado (VALENCIO *et al.*, 2009).

A Tabela 2 mostra a escala de resiliência, que teve como base o cálculo do percentil dos valores obtidos a partir de cada resposta. Dessa forma, os níveis de resiliência foram identificados para cada tipo de padrão e para o conjunto total. Os resultados apontam os padrões PF

e PD como os mais influentes, sendo PF o único com resiliência alta e PD com resiliência média alta. Os padrões PR e PS apresentaram resiliência média. Como resultado dos quatro padrões, a resiliência total dessa amostra de população do Jardim Zaíra é uma resiliência média.

Segundo Sabbag (2012), resiliência média ou moderada significa razoável capacidade de enfrentamento de crises e adversidades, com algum distresse, e moderado sucesso.

O PD, que também contribuiu para um aumento na resiliência da amostra, analisa desde a adaptabilidade, autocontrole e autoestima até a capacidade de aprendizagem e de expressão de emoções. De acordo com as respostas dos questionários, esse padrão não foi mais alto, pois os moradores mostraram falta de interesse em aprender sobre assuntos relacionados à ocorrência de inundações e deslizamentos assim como não procuraram informações sobre como agir em caso de desastres relacionados à chuva.

O PR analisa a capacidade de comunicação e de formar relações. Nas entrevistas, as respostas que contribuíram para uma resiliência média, nesse padrão, estiveram associadas às pessoas que não participam de grupos que se organizavam para melhor atuar em caso de desastres, que se declararam pouco tolerantes e que não confiam nas pessoas ao redor, quando precisam de ajuda.

A interação e a relação entre as famílias podem atuar como um fator de proteção entre elas. Essa interação é importante para gerar um clima comunitário positivo, favorecendo um senso de identidade comunitária e compartilhando objetivos comuns (CECCONELLO, 2003). O bom relacionamento com a vizinhança pode trazer redes de apoio social entre os moradores, tornando-se

Tabela 2 - Resultado do nível de resiliência para a amostra da população do Jardim Zaíra.

Níveis	P(90th)	PD	PR	PS	PF	Total
Resiliência alta	P(90th) = 80				X	
Resiliência média alta	80 > P(90th) ≥ 76	X				
Resiliência média	76 > P(90th) ≥ 50		X	X		X
Resiliência baixa	50 > P(90th) ≥ 40					

um importante recurso para lidar com os fatores de risco existentes na comunidade (CECCONELLO, 2003).

O PS — padrão relacionado com a criatividade, a criação de opções e a capacidade de lidar com a imprevisão e de cultivar uma multiplicidade de interesses — teve um baixo grau, pois, segundo as respostas, os moradores não se envolveram em novos projetos, não passaram pela recuperação de um desastre anterior e não consideraram estar em uma área de risco geológico-geotécnico. A multiplicidade de interesses pode contribuir para a presença de valores compartilhados, favorecendo o estabelecimento de redes de apoio social (MCMILLAN & CHAVIS, 1986 *apud* CECCONELLO, 2003), contribuindo também para lidar com fatores externos. A criatividade está ligada com a geração de pensamentos alternativos e soluções criativas frente a uma situação de problema (GRECO *et al.*, 2006 *apud* OLIVEIRA & NAKANO, 2011), além de contribuir, de modo singular, para o enfrentamento de situações adversas (GONZÁLEZ, 2000 *apud* OLIVEIRA & NAKANO, 2011).

Com os resultados obtidos por meio das entrevistas e tendo como base os padrões de Polk (1997), observou-se que a amostra da população do Jardim Zaíra tem uma resiliência média, em que o padrão filosófico ou religioso se mostrou alto e determinante, sendo um importante fator para uma maior resiliência na população.

Os padrões relacional e situacional contribuíram para a resiliência média dessa população. A maioria dos entrevistados não acredita morar em uma área exposta (vulnerável) aos impactos das chuvas intensas. A percepção da ameaça, nesse caso específico, as chuvas intensas, ainda não é clara para a maioria dos moradores, embora eles se lembrem de eventos com chuvas intensas, como é o caso específico de janeiro de 2011, quando quatro pessoas morreram na Rua Lourival Portal, devido aos deslizamentos e às inundações causadas pelas fortes chuvas, na região do Macuco, caso que também foi citado nos estudos de Conceição (2013).

O Jardim Zaíra apresenta diversas ocorrências de eventos relacionados à chuva, com impactos relacionados à chuva

extrema, como inundação, alagamento e deslizamento, que muitas vezes são resultados da ocupação desordenada. De encontro a isso, a região possui carência de levantamentos fundamentais, como, por exemplo, uma carta pedológica a nível municipal (CONCEIÇÃO, 2013).

Um aspecto importante para ajudar no aumento da resiliência dos moradores do Jardim Zaíra é a aceitação de que vivem em uma área de risco e, por isso, são expostos aos impactos dos eventos extremos de chuva. Muitas vezes, um diagnóstico técnico, que aponte para uma remoção definitiva, é dificultado pela ausência de alternativas, levando em conta o contexto de carência da população.

É muito importante que a população entenda o ambiente em que vive, pois as pessoas atuam como o cérebro da cidade, direcionando suas atividades, em resposta às necessidades, e aprendendo com a experiência. Uma população mais preparada tem maior capacidade de sobreviver e funcionar sob condições únicas e extremas, caso contrário, ela será mais vulnerável aos desastres (GODSCHALK, 2003). Estudos comprovam que uma comunidade unida é mais resiliente e tem maior capacidade de superar desastres naturais do que uma comunidade com mentalidade individualista (ESCAP, 2013).

Uma cidade que tem domínio sobre a origem dos desastres tem maior capacidade de preparação, adaptação, antecipação, aprendizagem e auto-organização, podendo ser considerada uma cidade resiliente, sendo menos vulnerável aos impactos e assumindo uma melhor preparação para lidar com a mudança, com a complexidade dos riscos existentes, com crises e perturbações múltiplas (CARVALHO *et al.*, 2013).

Medidas como o compartilhamento de informação entre os municípios também auxiliam no aumento da resiliência. Em outros países, como no Reino Unido, cidades se beneficiam do compartilhamento de conhecimentos sobre ações quantificáveis que buscam a resiliência e a sustentabilidade (LASALLE, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a resiliência em uma amostra de população do bairro Jardim Zaíra, no município de Mauá, no ABC Paulista, para analisar a resposta da população ao impacto de um evento extremo climático. Iniciou-se o estudo com a identificação das ruas mais vulneráveis a ex-

tremos de chuvas no bairro e com a análise dos dados de chuva sobre a região. O resultado da análise das chuvas, para três postos pluviométricos e para dois períodos distintos, mostrou que, embora o acumulado da chuva mensal tenha diminuído, principalmente no verão, nos últimos

16 anos, a concentração da chuva diária tem aumentado e se apresentado mais frequente, o que favorece eventos de chuva extrema, com impactos como inundações e deslizamentos. A estação mais próxima da área de estudo, Zaíra (E3-157), apresentou maior precipitação diária, sugerindo que, especificamente na área avaliada por meio dos questionários, os eventos de chuva extrema estão sendo mais frequentes.

Os resultados dos indicadores sociais, demográficos e sanitários no município de Mauá identificaram o Jardim Zaíra como um dos mais suscetíveis socioeconomicamente, devido ao grande adensamento populacional, à baixa renda familiar, às deficiências de serviços de saneamento básico, à baixa expectativa de vida e à sua população carente de estudos, deixando-a mais vulnerável aos impactos dos eventos extremos climáticos.

O estudo da resiliência na amostra, por meio das repostas obtidas nos questionários, mostrou que a população do Zaíra possui resiliência média, tendo os padrões filosófico ou religioso (PF) e disposicional (PD) em destaque, contribuindo para um maior grau de resiliência.

O PF evidenciou uma forte fé na amostra, podendo contribuir para suprir carências familiares e coletivas bem como para fornecer maior energia para lidar com adversidades, tornando-os mais resilientes. Já o PD avaliou a adaptabilidade, o autocontrole, a autoestima e a capacidade de aprender e expressar emoções, que não obteve maior valor pelo fato de a população não ter interesse em aprender sobre assuntos relacionados a chuvas extremas nem se informar sobre como proceder em caso de desastres relacionados à chuva.

Com isso, é possível perceber que, além de um debate em torno dos eventos extremos relacionados às mudanças climáticas e de medidas urgentes para diminuir seus impactos, é importante uma análise social e comportamental por ter influência direta na resiliência. Ao entender melhor o comportamento da população, será mais fácil agir de forma a ampará-los e fornecer condições para que se reajustem após o impacto.

Para diminuir a vulnerabilidade dessa população a extremos climáticos, é preciso encontrar maneiras de aumentar a resiliência dela, principalmente nos padrões de comportamento relacionais e situacionais, explorando suas relações sociais e políticas.

Uma das formas é contribuir e estimular o maior conhecimento e interesse sobre a ocorrência de eventos extremos na região, além de estimular a troca de conhecimento e o sentimento de pertencimento na comunidade, pois a falta de interesse sobre o tema e sobre como reagir aos impactos bem como a falta de confiança entre os moradores foram fatores que contribuíram para uma menor resiliência na amostra estudada.

O trabalho de órgãos, como a Defesa Civil, é de grande valia para ajudar a população residente em uma área vulnerável a reconhecer que habitam uma área de risco e entender a importância das relações sociais para aumentar a capacidade de resposta a um impacto (MELO & DOS SANTOS, 2011). Como já vem realizando nos últimos anos em Mauá.

Políticas que ajudam a entender melhor as populações podem auxiliar também no aumento de sua resiliência, assim como incentivar a conservação, a manutenção e a regeneração dos ambientes muito degradados.

Neste trabalho, fica evidente a necessidade de olhar para as relações sociais da população a fim de entender melhor os grupos menos resilientes, sendo as contribuições psicológicas e comportamentais importantes para aumentar a resiliência e, assim, diminuir a vulnerabilidade de determinado grupo.

Espera-se que este estudo sirva de base para futuras pesquisas sobre a resiliência de populações afetadas por eventos extremos, buscando maneiras de aumentar sua resiliência. Futuros trabalhos devem aprofundar esses resultados preliminares com uma análise de uma amostra maior e mais diversificada para a avaliação da resiliência, o que deve dar uma base estatística mais significativa aos resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Defesa Civil de Mauá, especialmente à Lucas Santos Pinheiro, Jovenildo Lopes Soares, Wanderson Francisco de Lima, Sérgio Moraes de

Jesus e Sérgio Soares Nascimento por todo o apoio e suporte no fornecimento de dados e nas visitas ao Jardim Zaíra.

REFERÊNCIAS

- ANGST, R. Psicologia e resiliência: uma revisão de literatura. *Psicologia Argumento*, Curitiba, v. 27, n. 58, jun./set. 2009.
- BELANCIERI, M. D. F.; BELUCI, M. L.; SILVA, D. V. R. D.; GASPARELO, E. A. A resiliência em trabalhadores da área da enfermagem. *Estudos de Psicologia*, Campinas, v. 27, n. 2, p. 227-233, 2010.
- CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. *Mapping vulnerability: disasters, development and people*. Londres: Earthscan Publishers, 2004. Disponível em: <http://desenredando.org/public/articulos/2003/nrcvrfhp/nrcvrfhp_ago-04-2003.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- CARVALHO, L.; CARRASCO, Ú.; FARINHA, M.; BATISTA, S.; FERNANDES, J. M.; SOUSA, G.; LEITÃO, N. Risco, desastre e resiliência: um desafio para a cidade da Amadora. In: CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA, 9. *Anais...* Portugal: Universidade de Évora, 2013. Disponível em: <http://www.preventionweb.net/files/36750_36750riskdisasterandresilienceamado.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2015.
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 95-109.
- CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 9, p. 135-147.
- CECCONELLO, A. M. *Resiliência e vulnerabilidade em famílias em situação de risco*. Tese (Doutorado em Psicologia do Desenvolvimento)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2641>>. Acesso em: 14 fev. 2015.
- CONCEIÇÃO, R. P. *Análise das tragédias de janeiro de 2011, no bairro jardim Zaira, município de Mauá/SP: uma análise episódica*. 266 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/95542>>. Acesso em: 21 fev. 2015.
- CONNOR, K. M.; DAVIDSON, J. R. T. Development of a new resilience scale: The Connor-Davidson resilience scale (CD-RISC). *Depression and Anxiety*, v. 18, n. 2, p. 76-82, 2003.
- ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC – ESCAP. *Building Resilience to Natural Disaster and Major Economic Crises*. Bangkok, 2013. Disponível em: <<http://www.unescap.org/sites/default/files/ThemeStudy2013-full2.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2015.
- FIN, A.; KOSECOFF, J. *How to conduct surveys: a step-by-step guide*. Beverly Hills: Sage, 1985.
- GODSCHALK, D. R. Urban hazard mitigation: creating resilient cities. *Natural Hazards Review*, v. 4, n. 3, p. 136-143, 2003.
- GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. In: PASQUALI, L. (Org.). *Instrumentos psicológicos: manual prático de elaboração*. Brasília: LabPAM; IBAPP, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estimativa populacional 2014. *IBGE Cidades*, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 30 jul. 2015.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability- contribution of working group 2 to the IPCC Third Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- _____. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*. IPCC, 2014. v. 1.

JOB, F. Resiliência na organização: estudo de caso da medição e avaliação da resiliência de indivíduos em uma organização industrial. *Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba*, Sorocaba, v. 5, n. 1, 2003. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/RFCMS/article/view/120>>. Acesso em: 29 jul. 2014.

LASALLE, J. L. *Global Sustainability Perspective*. March 2013. Disponível em: <<https://www.joneslanglasalle.com/GSP/en-gb/Documents/Global-Sustainability-Perspective-March-2013.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2014.

MARENGO, J.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2010. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

MARTINS, R. A.; FERREIRA, L. C. Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local? *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, 611-641, 2011.

MELO, C. A.; DOS SANTOS F. A. As contribuições da psicologia nas emergências e desastres. *Psicólogo inFormação*, São Paulo, ano 15, n. 15, 2011. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/PINFOR/article/viewFile/3177/3045>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

NASA. *NOAA Find 2014 Warmest Year in Modern Record*. Release 15-010. Jan. 2015. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/press/2015/january/nasa-determines-2014-warmest-year-in-modern-record/#.VOOPyUJZ9-w>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

OLIVEIRA, M. A. D.; NAKANO, T. D. C. Revisão de pesquisas sobre criatividade e resiliência. *Temas em Psicologia*, v. 19, n. 2, p. 467-479, 2011.

PETERNELLI, L. A. *Capítulo 9: regressão linear e correlação*. 2014. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~peternelli/inf162.www.16032004/materiais/CAPITULO9.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2014.

POLK, L. V. Toward a middle-range theory of resilience. *Advances in Nursing Science*, Washington, v. 19, n. 3, p. 1-13, 1997.

SABBAG, P. Y. *Resiliência: competência para enfrentar situações extraordinárias na vida profissional*. Campus Elsevier, 2012. v. 1. 240p.

SCHUMAN, H.; KALTON, G. Survey methods. In: LINDZEY, G.; ARONSON, E (Eds.). *Handbook of social psychology*. 3a. ed. Nova York: Random House, 1985. v. 1. p. 635-697.

SEWARD, L. E.; DOANE, D. P. *Estatística aplicada à administração e economia*. São Paulo: Bookman, 2014. v. 4. p. 143-145.

SILVA, A. L. C. *Introdução à análise de dados*. Rio de Janeiro: E-papers, 2009. v. 1. p. 62-63.

UN-HABITAT. United Nations Human Settlements Programme. *Cities and climate change: policy directions*. Londres: Earthscan, 2011. Disponível em: <http://www.citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/CA_Images/UNH_GRHS2011_CitiesClimateChange.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2015.

VALENCIO, N.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V.; GONÇALVES, J. C. Sociologia dos desastres. *Construção, interface e perspectivas no Brasil*, São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.crpsp.org.br/portal/comunicacao/diversos/mini_cd_oficinas/pdfs/Livro-Sociologia-Dos-Desastres.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2015.

VALVERDE, M. C. A interdependência da vulnerabilidade climática à socioeconômica na região do ABC Paulista. *Ambiente e Sociedade*. Submetido em Dezembro de 2015. Aceito para publicação, Abril de 2017.

VIANA, Diego. Uma megalópole sem água. *Página 22*, n. 93, p. 32-39, 2015. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/pagina22/article/download/46891/44512>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS COM APLICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO E DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

BIOMASS AND MICROBIAL ACTIVITY OF SOILS WITH APPLICATION OF URBAN SOLID WASTE AND LIQUID SWINE MANURE

Henrique de Souza Dornelles

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestrando em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Márcia Matsuoka

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), professora da UFSM.

Luana Ardenghi Binelo

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSM.

Letícia Adriana Pauvels

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSM.

Charline Michele Caron

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSM.

Vanderlei Rodrigues da Silva

Doutor em Agronomia pela UFSM.

Endereço para correspondência:

Henrique de Souza Dornelles – Universidade de São Paulo (USP) – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Avenida Trabalhador São Carlense, 400 – Vila Pureza – Caixa Postal: 359 – 13566-590 – São Carlos (SP) – Brasil – E-mail: henrique_dornelles@hotmail.com

Recebido: 13/05/2015

Aceito: 17/03/2017

RESUMO

Os resíduos orgânicos são excelentes fontes de nutrientes e sua incorporação na agricultura, amparada por legislação, poderá contribuir significativamente para melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de resíduo sólido urbano (RSU) e de dejetos líquidos suínos (DLS) na dinâmica da biomassa e atividade biológica em um solo da região norte do Rio Grande do Sul. Foram avaliados dois experimentos com três tratamentos com aplicações de RSU, três tratamentos com aplicações de DLS, em diferentes concentrações, um tratamento sem adubação, um tratamento com adubação mineral e uma área com vegetação nativa utilizada como referência. O carbono da biomassa microbiana do solo (CMBS), a respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico (qCO_2) foram determinados em amostras de solo. As características biológicas do solo foram sensíveis em demonstrar alterações que ocorreram no solo em função da aplicação dos diferentes tipos de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: atividade biológica; resíduos orgânicos; qualidade do solo.

ABSTRACT

Organic waste are excellent sources of nutrients and their incorporation in agriculture, supported by legislation, could significantly contribute to improving the physical, chemical and biological soil. This study aimed to evaluate the use of urban solid waste (USW) and liquid swine manure (LSM) in the dynamics of biomass and biological activity in soil of the Northern region of Rio Grande do Sul, Brazil. Two experiments were evaluated with three treatments of USW applications, three treatments with LSM applications in different concentrations, one treatment without fertilization, a treatment with mineral fertilizer and an area with native vegetation used as reference. The microbial biomass carbon (SMBC), the basal soil respiration (BSR) and the metabolic quotient (qCO_2) were determined in the soil samples. The biological properties of the soil were sensitive to demonstrate changes that occur in the soil depending on the application of different types of organic waste.

Keywords: biological activity; organic waste; soil quality.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos no Brasil cresce rapidamente (ABRELPE, 2014) e a preocupação com esse processo surge a medida que os problemas causados pelo seu não gerenciamento passam a afetar a qualidade de vida da população (GÓES, 2011).

Um dos principais problemas ambientais referentes à disposição de resíduos sólidos está relacionado ao seu potencial de contaminação, e a aplicação desses resíduos no solo emerge como uma alternativa de solução para esse passivo ambiental (ANDRADE *et al.*, 2016).

Tendo em vista que o espaço necessário é um fator restritivo para a instalação de aterros (SONTAG *et al.*, 2015), a aplicação de resíduos urbanos compostados em solos agrícolas reduz a disposição em aterros sanitários, podendo ser uma prática mais segura, além de servirem como corretivos da acidez do solo por apresentarem compostos como óxidos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BALBINOT JR. *et al.*, 2006), e também agirem como fertilizantes.

Em razão de seu conteúdo, composto por matéria orgânica, nutrientes, metais pesados e outras substâncias, a incorporação de biossólido ao solo pode causar alterações significativas nos organismos ali presentes e, conseqüentemente, em sua atividade biológica. Além disso, aumentar os teores de carbono (C) orgânico e de nutrientes do solo pode significar melhorias em suas propriedades físicas e químicas e, posteriormente, servir de catalisador na recuperação de áreas degradadas. Não obstante os benefícios, esses resíduos orgânicos podem apresentar potencial poluidor ou contaminante (ABREU JÚNIOR *et al.*, 2005).

Para Burns *et al.* (2006), o conceito de qualidade do solo é definido por propriedades e atributos mensuráveis que irão caracterizá-la e proporcionar um índice quantitativo que pode ser medido. Para isso, faz-se necessário que as funções do solo no ecossistema sejam compreendidas de uma forma mais abrangente e integrada (BURNS *et al.*, 2006; LARSON & PIERCE, 1991; USDA-NRCS, 2001).

Os indicadores biológicos têm sido frequentemente apontados como mais sensíveis aos impactos causados pelo manejo do solo quando comparados àqueles de caráter físico ou químico (BENDING *et al.*, 2004; LEIRÓS *et al.*, 2000), pois respondem rapidamente aos efeitos desse manejo e utilização (USDA-NRCS, 2015), permitindo que medidas sejam tomadas antes que danos permanentes ocorram (PANKHURST *et al.*, 1997).

A decomposição dos diversos constituintes da matéria orgânica ocorre em diferentes estágios e populações de microrganismos (KIEHL, 1985), variando de acordo com sua fonte e os tratamentos aos quais foi submetida (BOECHAT, 2011).

A utilização de resíduos orgânicos tem efeitos diversos sobre a biomassa microbiana do solo (BMS), que responde às mudanças de uso e práticas de manejo em curto espaço de tempo (GARCÍA-GIL *et al.*, 2000).

A biomassa microbiana, a respiração e o quociente metabólico (qCO_2) do solo refletem as modificações ocorridas em razão da adição de resíduos orgânicos e inorgânicos, podendo ser utilizados para avaliar a atividade microbiana do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os dados obtidos por meio da BMS são indicadores sensíveis que podem ser empregados no monitoramento das alterações ambientais, de forma que modificações nos sistemas de manejo possam ser sugeridas a tempo de evitar a sua degradação (ANDERSON & DOMSCH, 1985; JACOBI & BESEN, 2011; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SILVA *et al.*, 2015).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do composto orgânico de resíduo sólido urbano (RSU) e dejetos líquido de suíno (DLS) na dinâmica da biomassa e atividade biológica de um solo da região norte do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

As análises microbiológicas do solo foram realizadas no laboratório de Monitoramento Ambiental e no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen.

As coletas foram realizadas em dois experimentos, em blocos, com três repetições cada — o experimento 1 em agosto de 2013 e o 2 em janeiro de 2014. Esses procedimentos foram conduzidos desde 2008 na UFSM, campus Frederico Westphalen.

A área experimental está localizada em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico com textura argilosa (EMBRAPA, 2006) e o clima da região, segundo Köppen & Geiger (1928), é subtropical úmido, tipo Cfa2.

O solo, segundo Rigon *et al.* (2010), apresentava, em sua camada superficial (0 a 10 cm), as seguintes características físicas e químicas: 650 g.kg⁻¹ de argila; pH em água de 5,1; 7,6 mg.dm⁻¹ de fósforo (P); 280 mg.dm⁻¹ de potássio (K); 0,2 cmol.dm⁻¹ de alumínio (Al³⁺); 5,5 cmol.dm⁻¹ de cálcio (Ca²⁺); 1,6 cmol.dm⁻¹ de magnésio (Mg²⁺); 11,1 mg.dm⁻¹ de enxofre (S); saturação por bases (V) de 69%; e 22 g.kg⁻¹ de matéria orgânica.

Os tratamentos avaliados no experimento 1 foram: RSU nas dosagens equivalentes a 25 (RSU 25), 50 (RSU 50) e 100 (RSU 100) m³.ha⁻¹, ou seja, adubação mineral (NPK), sem adubação e vegetação nativa. No experimento 2 constatou-se: DLS nas dosagens equivalentes a 25 (DLS 25), 50 (DLS 50) e 100 (DLS 100) m³.ha⁻¹, ou seja, NPK e sem adubação.

O composto orgânico apresentou os seguintes teores totais de nutrientes, determinados pela técnica de espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDXFR): K: 4,36 g.kg⁻¹; P: 4,96 g.kg⁻¹; Ca: 30,12 g.kg⁻¹; S: 5,44 g.kg⁻¹; manganês (Mn): 0,78 g.kg⁻¹; ferro (Fe): 27,30 g.kg⁻¹; zinco (Zn): 0,53 g.kg⁻¹; cobre (Cu): 0,25 g.kg⁻¹; e 50 % de matéria seca (RIGON *et al.*, 2010).

Segundo Moraes *et al.* (2010), o dejetos utilizado apresentou densidade de aproximadamente 1,012 kg.m⁻³,

correspondendo a 2,09% de matéria seca; 2,21 kg.m⁻³ de nitrogênio (N); 75 kg.m⁻³ de P; e 1,25 kg.m⁻³ de K.

As amostras de solo foram coletadas entre 0 e 10 cm de profundidade, homogêneas e peneiradas em peneira de 2 mm. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos plásticos e guardadas em geladeira até a realização das análises.

O carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) foi determinado pelo método da fumigação-extração, com adaptações na metodologia original (SILVA, 2007a), ou seja, foi quantificado a partir de amostras fumigadas e não fumigadas.

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada durante dez dias de incubação. As unidades experimentais foram constituídas de recipientes de vidro com tampa hermética. Foram utilizados 50 g de solo seco por recipiente, incubados a temperatura ambiente de 25°C, com a umidade ajustada para 70% da capacidade de campo (SILVA, 2007b). O qCO₂ foi calculado pela razão entre o carbono emitido na forma de dióxido de carbono (C-CO₂) da RBS e o C da biomassa microbiana das amostras, conforme Anderson & Domsch (1985).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando ocorreram diferenças significativas, aplicaram-se testes de médias, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do CBMS, da RBS e do qCO₂ do solo, com aplicação de composto de RSU, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Os dados podem ser observados na Tabela 1.

O CBMS variou de 402,64 a 682,24 mg C.kg⁻¹ solo. Os maiores valores de C microbiano foram encontrados na mata nativa, seguido do tratamento RSU 100. Sattollo (2016) também encontrou os maiores valores de CBMS nessa localidade (508,7 mg C.kg⁻¹ solo), significativamente superior aos demais tratamentos avaliados.

A vegetação nativa apresenta condições mais favoráveis à biomassa microbiana, como ausência de preparo do solo, maior acúmulo de serapilheira e maior diversidade florística e biológica do solo, o que contribui para a ocorrência

de maiores níveis de biomassa nessa área, comparativamente aos demais tratamentos (MATSUOKA *et al.*, 2003).

Neste estudo, a maior dose de RSU aplicada (100 m³.ha⁻¹) demonstrou incremento ao CBMS. Nas demais doses houve um aumento da biomassa quando comparadas aos tratamentos sem aplicação do composto orgânico, porém, não apresentaram diferenças significativas entre elas.

Vieira *et al.* (2011) também observaram em um estudo que a aplicação do lodo de tratamento de efluentes de parbolização de arroz provocou, em média, aumento significativo nos valores de C microbiano do solo, quando comparados aos do tratamento testemunha e do tratamento com adubação NPK. No geral, os compostos orgânicos, em comparação aos fertilizantes inor-

gênicos, estimulam o crescimento da biomassa microbiana, uma vez que fornecem C e N em formas lábeis (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Os tratamentos sem aplicação do composto apresentaram os menores valores de BMS, sendo que a adubação mineral não proporcionou aumento significativo da biomassa em relação ao solo não adubado. Segundo Sattollo (2016) e Vargas & Scholles (2000), a adubação mineral normalmente atua de maneira negativa na biomassa microbiana em razão do não fornecimento de uma fonte de C. Londoño (2012) e Sattollo (2016) verificaram aumento do CBMS com a aplicação de baixas doses de adubo mineral. Em doses elevadas, por sua vez, a adubação mineral afetou negativamente a BMS.

A RBS, após 10 dias de incubação, também apresentou diferença significativa entre os tratamentos estudados, com valores entre 1,39 e 2,88 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹ para tratamentos sem adubação e RSU 100, respectivamente. O tratamento RSU 100 apresentou o maior teor de CBMS, o que pode explicar sua maior atividade microbiana, representada pela RBS.

A atividade microbiana nos demais tratamentos com adição de resíduo variou em função da dosagem aplicada com maior respiração para o tratamento RSU 100. A quantidade de resíduo aplicado está disponibilizando substrato orgânico e nutrientes para a microbiota do solo e estimulando sua atividade (ABREU JUNIOR *et al.*, 2005; EMBRAPA, 2010).

Corrêa *et al.* (2011), Moura *et al.* (2015) e Sampaio *et al.* (2008) observaram aumento tanto na atividade quanto na quantidade de biomassa microbiana com a aplicação de compostos orgânicos ao solo.

A adubação mineral pode estar estimulando a atividade da BMS, uma vez que apresentou valores de respiração maiores (2,09 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹) do que os do tratamento sem aplicação de resíduo; porém, essa adubação não apresentou maior população microbiana do solo conforme os dados do CBMS. Esse resultado pode ser refletido nos valores de qCO₂.

O qCO₂ não variou significativamente em função dos tratamentos estudados. Ele indica a eficiência da comunidade microbiana em reter ou incorporar C na biomassa ou perdê-lo para a atmosfera na forma de CO₂. Em geral, os valores encontrados desse quociente foram baixos. Conforme Tótola & Chaer (2002), menor qCO₂ indica economia na utilização de energia e, supostamente, reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio.

Silva *et al.* (2016), avaliando a variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com óleo de palma na Amazônia, encontraram valores de qCO₂ entre 1,15 e 5,8 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.hora⁻¹, próximos aos verificados neste trabalho, assim como Merlin *et al.* (2016), que encontraram qCO₂ de 5,6 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.hora⁻¹ em área com cultivo de camomila.

Tabela 1 – Carbono da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico em solo sem adubação, com adubação mineral, com aplicação de diferentes doses de composto orgânico de resíduos sólido urbano e vegetação nativa.

Tratamentos	CBMS (mg C.kg ⁻¹ solo)	RBS (mg C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo.h ⁻¹)	qCO ₂ (mg C-CO ₂ .g ⁻¹ BMS-C.h ⁻¹)
Sem adubação	402,64 ¹ c	1,39 c	3,44 a
Adubação mineral	469,57 bc	2,09 b	4,44 a
RSU 25 ²	567,44 abc	1,97 bc	3,48 a
RSU 50	536,69 abc	2,23 b	4,16 a
RSU 100	653,70 ab	2,88 a	4,40 a
Vegetação nativa	682,24 a	1,89 bc	2,77 a
C.V. (%)	13,50	10,80	18,00

CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: quociente metabólico; C.V.: coeficiente de variação; ¹na coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; ²RSU 25: adubação com composto orgânico de resíduo sólido urbano na dose equivalente a 25 m³.ha⁻¹; RSU 50: adubação com composto orgânico de resíduo sólido urbano na dose equivalente a 50 m³.ha⁻¹; RSU 100: adubação orgânica com composto orgânico de resíduo sólido urbano na dose equivalente a 100 m³.ha⁻¹.

Ananyeva *et al.* (2016), analisando a emissão de CO₂ e atividade respiratória microbiana do solo sob diferentes transformações antrópicas dos ecossistemas terrestres, encontraram os menores valores de qCO₂ para a área com floresta nativa durante um ano, sendo também a cobertura com a menor oscilação do quociente ao longo do ano. Esses resultados confirmam os valores de qCO₂ encontrados neste trabalho, que também identificou o menor valor de qCO₂ para a área de mata nativa.

Os valores do CBMS, RBS e qCO₂ em solo com aplicação de DLS, são apresentados na Tabela 2. No segundo experimento, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados para o CBMS e qCO₂.

O CBMS apresentou maior valor médio significativo (296,52 mg C.kg⁻¹ solo) para o tratamento com maior dose de DLS 100 e menores valores para os tratamentos com adubação mineral e sem adubação, seguindo o mesmo comportamento do experimento 1.

Merlin *et al.* (2016), avaliando o CBMS com cultivo orgânico de plantas medicinais, encontraram teores entre 105,5 e 184,6 mg C.kg⁻¹ solo, próximos aos verificados neste trabalho nos tratamentos com aplicação de doses menores de DLS.

As demais doses de DLS aplicadas também demonstraram influenciar positivamente a BMS refletida em seus valores (181,28 e 156,34 mg C.kg⁻¹ solo) quando comparadas aos demais tratamentos sem adubação.

Quadro *et al.* (2011), avaliando a biomassa e atividade microbiana em solo com adição de DLS, verificaram que o teor de CBMS aumentou linearmente, de acordo com a concentração de DLS aplicado.

A adição de DLS não influenciou de forma significativa a atividade microbiana do solo, representada pela RBS (Tabela 2). Os teores de RBS estão próximos aos encontrados por Ananyeva *et al.* (2016) (0,28 a 1,64 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹), Balota *et al.* (1998) (0,12 a 0,20 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹), Couto (2013) (0,46 a 1,98 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹) e Silva *et al.* (2016) (0,20 a 1,64 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹).

Os tratamentos com a aplicação de DLS apresentaram valores inferiores em todas as características biológicas do solo — CBM e RBS — em relação aos tratamentos com adição de RSU (Tabelas 1 e 2). Esse fato pode estar associado à velocidade de degradação do composto líquido em função do tempo em que o mesmo foi aplicado ao solo (dois anos antes da coleta).

As características de um composto dependem da variedade de resíduos orgânicos adicionados, que podem conferir grande qualidade nutricional ou até mesmo inviabilizar o processo de compostagem (KIEHL, 2002; PEREIRA-NETO, 2010). O RSU apresenta grande variedade de componentes (SILVA, 2016) e, neste trabalho, o composto gerado influenciou positivamente a atividade da biomassa microbiana em uma escala temporal. Essa informação oferece um indicativo da qualidade

Tabela 2 – Carbono da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico em solo sem adubação, com adubação mineral e com aplicação de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos.

Tratamentos	CBMS (mg C.kg ⁻¹ solo)	RBS (mg C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo.h ⁻¹)	qCO ₂ ² (mg C-CO ₂ .g ⁻¹ BMS.C.h ⁻¹)
Sem adubação	41,32 d	0,83 a	20,09 a
Adubação mineral	64,86 cd ¹	0,82 a	12,56 ab
DLS 25 ³	156,34 bc	0,92 a	5,98 bc
DLS 50	181,28 b	0,85 a	4,67 c
DLS 100	296,52 a	0,85 a	2,87 c
C.V. (%)	27,06	18,61	15,28

CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: quociente metabólico; C.V.: coeficiente de variação; ¹na coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade de erro; ²médias originais cujos dados foram transformados em vx para atender aos pressupostos da análise de variância; ³DLS 25: adubação com dejetos líquidos suínos na dose equivalente a 25 m³.ha⁻¹; DLS 50: adubação com dejetos líquidos suínos na dose equivalente a 50 m³.ha⁻¹; DLS 100: adubação com dejetos líquidos suínos na dose equivalente a 100 m³.ha⁻¹.

de do composto orgânico, que mantém C orgânico no solo por mais tempo.

Os tratamentos avaliados no experimento 2 interferiram significativamente no qCO_2 do solo (Tabela 2). Os maiores valores de qCO_2 ocorreram nos tratamentos em que o dejetos não foi aplicado em função do menor teor de CBMS encontrado neles.

Couto (2013), avaliando as propriedades microbiológicas de um Argissolo com adição de esterco de suínos, encontraram o maior qCO_2 para o tratamento sem adição de dejetos (17,79 mg C- CO_2 ·g⁻¹BMS-C.hora⁻¹), semelhante ao verificado neste trabalho para tratamento sem adubação do experimento 2 (20,09 mg C- CO_2 ·g⁻¹BMS-C.hora⁻¹).

A aplicação do DLS reduziu o qCO_2 , independentemente da dosagem aplicada, o que indica que menos C foi perdido como CO_2 pela respiração e mais foi incorporado aos tecidos microbianos, como resultado da ação de uma biomassa “eficiente” atuando sobre o resíduo adicionado ao solo. Solos estressados têm um maior valor desse parâmetro (qCO_2), pois uma menor quanti-

dade de biomassa tem o dever de degradar uma maior quantidade de matéria orgânica (QUADRO *et al.*, 2011).

Neste estudo, as características microbiológicas avaliadas foram sensíveis em detectar as alterações que ocorrem no solo em função da aplicação dos resíduos orgânicos tanto em função das dosagens aplicadas quanto da natureza desses resíduos. As influências nos parâmetros microbiológicos ocorreram em razão da sensibilidade dos microrganismos diante da incorporação de resíduos orgânicos.

Quanto mais informações sobre a BMS e a situação metabólica dos microrganismos do solo obtivermos, maior será o entendimento sobre a qualidade microbiológica do solo e do solo em si, possibilitando o planejamento do uso do solo por meio do monitoramento das mudanças ocorridas em sua qualidade microbiana (SILVA *et al.*, 2007b).

O uso de indicadores microbiológicos constitui uma importante ferramenta para o estudo da qualidade dos solos, podendo-se indicar quais práticas tendem a causar maior degradação e quais são mais conservacionistas, visando ao desenvolvimento sustentável. No entanto, novos estudos são necessários para elucidar melhor essa relação.

CONCLUSÕES

A aplicação de diferentes doses de composto orgânico de RSU e de DLS influenciou a população e a atividade microbiológica do solo.

A maior dosagem de resíduo orgânico aplicada ao solo (100 m³·ha⁻¹) promoveu maior aumento na RBS e na BMS.

O uso de resíduos orgânicos no solo estimulou a população microbiana e sua atividade, independente da dosagem aplicada ao solo.

A influência e o efeito residual do composto orgânico de RSU sobre as características microbiológicas avaliadas foram maiores em comparação ao DLS.

A RBS e o C da biomassa microbiana foram indicadores sensíveis em constatar as alterações ocorridas no solo com aplicação de resíduos orgânicos. Essas características podem ser utilizadas no monitoramento dessas práticas, a fim de se verificar as mudanças ocorridas em função do tipo de resíduo, da quantidade e do tempo de aplicação e a possibilidade de contaminação do solo e da água.

REFERÊNCIAS

- ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos Especiais em Ciência do Solo*, Viçosa, v. 4, p. 391-470, 2005.
- ANANYEVA, N. D.; ROGOVAYA, S. V.; IVASHCHENKO, K. V.; VASENEV, V. I.; SARZHANOV, D. A.; RYZHKOV, O. V.; KUDEYAROV, V. N. Carbon dioxide emission and soil microbial respiration activity of Chernozems under anthropogenic transformation of terrestrial ecosystems. *Eurasian Journal of Soil Science*, Moscou, v. 5, n. 2, p. 146-154, 2016. Disponível em: <http://www.fesss.org/eurasian_journal_of_soil_science.asp>. Acesso em: 24 maio 2017.

ANDERSON, T. H. & DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biology and Fertility of Soils*, v. 1, n. 2, p. 81-89, 1985.

ANDRADE, L. C.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. O. Atividade microbiana em solos sob doses de lodo de estação de tratamento de efluentes de um aterro industrial. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 267-272, fev. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil: 2014*. 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

BALBINOT JR., A. A.; TÔRRES, A. N. L.; FONSECA, J. A.; TEIXEIRA, J. R. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alface pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 5, n. 1, p. 9-15, 2006.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 641-649, 1998.

BENDING, G. D.; TURNER, M. K.; RAYNS, F.; MARX, M. C.; WOOD, M. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under constrating agricultural management regimes. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 36, p. 1785-1792, 2004.

BOECHAT, C. L. *Mineralização do Carbono e nitrogênio de resíduos orgânicos urbanos e industriais*. 90f. Mestrado (Dissertação em Ciências Agrárias) – Programa de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2011.

BURNS, R. G.; NANNIPIERI, P.; BENEDETTI, A.; HOPKINS, D. W. Defining Soil Quality. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). *Microbiological methods for assessing soil quality*. Oxfordshire: CABi, 2006. p. 15-22.

CORRÊA, J. M.; SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T.; SILVA, E. B.; FRANÇA, A. C. Atividade microbiológica do solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos em café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., Araxá, 2011. *Anais...* 2011.

COUTO, R. R. Microbiological and chemical attributes of a Hapludalf soil with swine manure fertilization. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 7, p. 774-782, jul. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Prospecção de comunidades microbianas do solo ativas no aproveitamento agrícola de fontes de fósforo de baixa solubilidade*. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010. 34p.

_____. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 412p.

GARCÍA-GIL, J. C.; PLAZA, C.; SOLER-ROVIRA, P.; POLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 1907-1913, 2000.

GÓES, H. C. Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP. *Planeta Amazônia*, Macapá, n. 3, p. 45-60, 2011.

JACOBI, P. R. & BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.

_____. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 3. ed. Piracicaba: Edmar José Kiehl, 2002. 171p.

KÖPPEN, W. & GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LARSON, W. E. & PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. *In: EVALUATION FOR SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT IN THE DEVELOPING WORLD, TECHNICAL PAPERS. INTERNATIONAL BOARD FOR RESEARCH AND MANAGEMENT. IBSRAM Proceedings*, Bangkok, Thailand, v. 2, n. 12, p. 175-203, 1991.

LEIRÓS, M. C.; TRASAR-CEPEDA, C.; SEOANE, S.; GIL-SOTRES, F. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic Oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): General parameters. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 733-745, 2000.

LONDOÑO, D. M. M. *Respostas da Comunidade Microbiana do Solo a sucessivas aplicações de ureia e dejetos suínos em solo sob plantio direto*. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96463/304362.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 out. 2014.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 3, maio/jun. 2003.

MERLIN, E.; MELATO, E.; ARNUTTI, F.; TREVISOL, G.; JANDREY, W. F.; CANCIAN, L. C.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; SILVA, V. R. Avaliação da micorrização e atividade microbiana de um solo cultivado com plantas fitoterápicas. *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, v. 5, n. 1, p. 190-198, 2016.

MORAES, M. T.; ARNUTTI, F.; TREVISOL, G.; JANDREY, W. F.; CANCIAN, L. C.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; SILVA, V. R. Efeito do dejetos líquido de suínos nas propriedades físicas de um latossolo vermelho aluminoférrico típico. *In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 14., 2010, Santa Maria. *Anais...Santa Maria: UNIFRA*, 2010.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras: Editora da UFLA, 2006.

MOURA, J. A.; GONZAGA, M. I. S.; ANJOS, J. L.; RODRIGUES, A. C. P.; LEÃO, T. D. S.; SANTOS, L. C. O. Respiração basal e relação de estratificação em solo cultivado com citros e tratado com resíduos orgânicos no estado de Sergipe. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 2, p. 731-746, 2015.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE OF THE UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA – NRCS). *Biological Indicators and Soil Functions*. Soil Quality Indicators. Washington, D.C.: USDA – NRCS, 2015. 4p.

_____. *Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning*. Washington, D.C.: USDA – NRCS, 2001. 48p.

OLIVEIRA, L. C.; STANGARLIN, J. R.; LANA, M. C.; SIMON, D.; ZIMMERMANN, A. Biomassa Microbiana em Cultivo de Alface sob Diferentes Adubações Orgânicas e Manejo da Adubação Verde. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, 2009.

PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, United Kingdom: CAB International, 1997. 437p.

PEREIRA-NETO, T. J. *Manual de compostagem, processo de baixo custo*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

QUADRO, M. S.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; VIVAN, G. A. Biomassa e atividade microbiana em solo acrecido de dejetos suíno. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 85-93, jan.-mar. 2011.

RIGON, J. P. G.; MORAES, M. T.; ARNUTI, F.; CHERUBIN, M. R.; TREVISOL, G.; PESSOTTO, P. P.; CAPUANI, S.; SILVA, V. R. Potencial agrícola da utilização de composto orgânico de lixo urbano na cultura do girassol. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA*, 4., 2010, João Pessoa. *Anais.. João Pessoa: EMBRAPA Algodão*, 2010. p. 731-735.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SATTOLO, T. M. S. *Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar: efeitos na fertilidade do solo, transformações microbianas e estoques de carbono e nitrogênio*. 117p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SILVA, A. S. F. *Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos*. 48f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, C. M.; VASCONCELOS, S. S.; MOURÃO JÚNIOR, M.; BISPO, C. J. P.; KATO, O. R.; SILVA JUNIOR, A. C.; CASTELLANI, D. C. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. *ACTA Amazônica*, v. 46, n. 1, p. 1-12, 2016.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos de Suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1585-1594, 2015.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. *Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)*. Seropédica: EMBRAPA. 2007a. 4p.

_____. *Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)*. Seropédica: EMBRAPA, 2007b. 6p.

SILVA, F. A. S. *Versão do Programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows*. 2011. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: jan. 2014.

SONTAG, A. G.; CRUZ, I. K. H.; CRUZ, F. P. B.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de viabilidade econômica para sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos no município de Marechal Cândido Rondon – PR. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 4, n. 3, dez. 2015.

TÓTOLA, M. R. & CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Orgs.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 196-276.

VARGAS, L. K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2000.

VIEIRA, G. D.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. Atributos microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 543-550, 2011.

TELOSCHISTES FLAVICANS (SW.) NORMAN COMO INDICADOR DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM PARANAGUÁ – PR

TELOSCHISTES FLAVICANS (SW.) NORMAN AS ATMOSPHERIC POLLUTION INDICATOR IN PARANAGUÁ – PR, BRAZIL

Bruno Martins Gurgatz

Graduado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Litoral. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável da UFPR – Matinhos (PR), Brasil.

Camila Arielle Buffato Moreira

Graduada em Gestão Ambiental pela UFPR Setor Litoral. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFPR), Campus Londrina – Londrina (PR), Brasil.

Gisele Antoniaconi

Graduada em Saúde Coletiva pela UFPR Setor Litoral. Mestre em Saúde Coletiva pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Residente de Vigilância em Saúde na Escola de Saúde Pública do Rio Grande do Sul – Porto Alegre (RS), Brasil.

Rodrigo Arantes Reis

Professor associado na UFPR, Setor Litoral. Coordenador do Programa Laboratório Móvel de Educação Científica da UFPR, Setor Litoral. Professor no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável da UFPR Litoral – Matinhos (PR), Brasil.

Endereço para correspondência:

Rodrigo Arantes Reis –
Rua Jaguariaíva, 512 – Balneário
Caiobá – 83260-000 – UFPR Litoral –
Matinhos (PR), Brasil –
E-mail: reisra@gmail.com

Recebido: 26/10/2015

Aceito: 29/05/2017

RESUMO

A poluição atmosférica proveniente de áreas portuárias é responsável por um expressivo número de mortes, merecendo destaque no litoral paranaense, área que abriga o maior porto graneleiro do Brasil. Apesar disso, o monitoramento da qualidade do ar não é realizado devido ao alto custo. A alta sensibilidade dos líquens à poluição atmosférica faz deles ótimos bioindicadores para estudos de qualidade do ar. Este estudo utilizou a degradação da clorofila em feofitina em líquens da espécie *Teloschistes flavicans*, visando identificar áreas de maior risco ambiental no município de Paranaguá. Os resultados da análise de variância mostraram que, ao decorrer de 78 dias, as amostras localizadas na região portuária e nas vias de acesso sofreram degradação da clorofila em níveis significativamente representativos em relação às amostras localizadas em áreas residenciais ($p \leq 0,001$), demonstrando que o porto e as vias apresentam poluentes atmosféricos em níveis suficientes para causar a degradação líquênica.

Palavras-chave: bioindicadores; líquens fruticosos; litoral do Paraná; poluição do ar.

ABSTRACT

Atmospheric pollution derived from port operations is responsible for an expressive number of cardio respiratory deaths; this link is of special interest to the Paraná coast as it hosts the largest grain port in Brazil. Nevertheless, air monitoring is not carried out extensively in this region due to the high cost of monitoring. The high sensitivity of lichens to air pollution makes lichens good bioindicators in air quality studies. This study presents the use of the chlorophyll degradation into pheophytin in *Teloschistes flavicans* lichens, to identify the areas of higher environmental risk in the city of Paranaguá. The results showed that in the course of 78 days, the samples located in the port area and the access roads have suffered degradation of chlorophyll in significant levels when compared to samples located in residential areas ($p \leq 0.001$). These data demonstrate that the port and road accesses in the city of Paranaguá are exposed to air pollutants at levels sufficient to cause lichen degradation.

Keywords: bioindicators; fructifose lichens; Parana's coast; air pollution.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a poluição atmosférica é considerada o maior risco ambiental para áreas urbanas (WHO, 2014), sendo responsável por cerca de 3,3 milhões de mortes prematuras relacionadas a doenças pulmonares obstrutivas, cânceres de pulmão, doenças isquêmicas do coração, ataques agudos das vias aéreas inferiores e doenças cerebrovasculares (BURNETT *et al.*, 2014; LELIEVELD *et al.*, 2015). Além de óbitos, a poluição atmosférica também está associada a patologias do sistema respiratório, como asma e bronquite (GUARNIERI; BALMES, 2014; KAMPA; CASTANAS, 2008). Tais efeitos refletem em custos para a sociedade, e a diminuição das emissões resulta em redução dos custos externos (DEVOS *et al.*, 2015). Somente para a cidade de São Paulo, o custo total para agravos na saúde ligados à poluição atmosférica chega a US\$ 3.222.676 (MIRAGLIA *et al.*, 2005). Entre os principais poluentes do ar, é possível citar os gasosos, os poluentes orgânicos persistentes, os metais pesados e o material particulado (KAMPA; CASTANAS, 2008).

Compreender as dinâmicas relativas à qualidade do ar é determinante para que se diminuam os riscos. Em países com maior número de publicações relativas ao tema, são menores os níveis de poluentes encontrados, pois os tomadores de decisão na área da saúde são mais bem capacitados para responder aos conflitos entre desenvolvimento econômico e saúde (FAJERSZTAJN *et al.*, 2013). Apesar desse fator, muitos locais não dispõem de sistemas de monitoramento, já que a implementação

dessas redes depende de técnicas custosas. Alternativas se dão por meio de técnicas como amostragem passiva ou biomonitoramento, que não visam ao acompanhamento diário, mas focam em avaliar o estado do ambiente estudado (MARC *et al.*, 2015).

A atividade portuária é responsável por emissão considerável de poluentes atmosféricos. Somente a navegação oceânica lança ao ar de 4,7 a 6,5 milhões de toneladas de SO_x (óxidos de enxofre), sendo que 70% dessas emissões ocorrem em até 400 km dos continentes e são responsáveis por aproximadamente 60.000 mortes por complicações cardíacas e pulmonares por ano (CORBETT *et al.*, 2007). Além disso, portos trazem consigo diversos fatores potencialmente poluidores, como alto fluxo de veículos de grande porte (BAILEY; SOLOMON, 2004).

A atividade portuária merece destaque na região do litoral paranaense: em 2011, por exemplo, o Porto de Paranaguá movimentou cerca de 41 milhões de toneladas de carga em geral (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2015) e foi considerado o maior porto graneleiro da América Latina. A região da Baía de Paranaguá ainda abriga atividades pesqueiras, turísticas e industriais, em um sistema estuarino de grande importância ambiental que apresenta ecossistemas insulares, manguezais, salinas, rios, costões rochosos e praias arenosas (MARTINS *et al.*, 2010), é circundada por uma grande área de floresta atlântica, além de ser conhecida como um dos *hotspots* de conservação da natureza (MYERS *et al.*, 2000).

Líquens como bioindicadores

Líquens são organismos simbióticos compostos por um fungo (micobionte) e um organismo fotossintetizante, o qual pode ser uma alga verde (ficobionte) e/ou uma cianobactéria (cianobionte). A distribuição de suas espécies se dá por todos os ambientes terrestres (NASH, 2008); eles são mundialmente utilizados como bioindicadores em diversos estudos de qualidade do ar (AUGUSTO *et al.*, 2013; HAWKSWORTH *et al.*, 2005; MARC *et al.*, 2015; NIMIS *et al.*, 2002). Bioindicadores são organismos que podem ser utilizados para identificação e determinação quantitativa de impactos ambientais, respondendo à poluição de alguma forma em suas funções vitais (BATIČ, 2002; CONTI; CECCHETTI, 2001).

A alta sensibilidade dos líquens à poluição atmosférica se dá em razão de características como: falta de sistema vascular, obtendo água e nutrientes da atmosfera; captação de água a partir de partículas em suspensão, que concentram mais poluentes que a chuva; não apresentam partes decíduas, que poderiam eliminar partes dos poluentes; não apresentam estômatos ou cutículas, absorvendo aerossóis por todo o talo (NASH, 2008).

Na América do Sul, são notáveis os trabalhos realizados na cidade argentina de Córdoba, onde foram encontrados resultados referentes à poluição provocada por indústrias de cimento e metalúrgicas (CARRERAS; PIGNATA, 2002) e tráfego (CARRERAS *et al.*, 1998). Na Costa Rica, um estudo de diversidade e riqueza líquênica com Siste-

mas de Informação Geográficas (SIGs) encontrou resultados que correspondem aos de contaminação por óxidos de nitrogênio (NEUROHR BUSTAMANTE *et al.*, 2013).

No Brasil, foram realizados estudos no Rio Grande do Sul (KÄFFER *et al.*, 2011, 2012; MARTINS *et al.*, 2008), em São Paulo (FUGA *et al.*, 2008; SAIKI *et al.*, 2007) e em Pernambuco (MOTA FILHO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2014). Em Curitiba, no Paraná, um levantamento de espécies com objetivo de subsidiar o biomonitoramento foi realizado (ELIASARO *et al.*, 2011). Tais trabalhos demonstram diversas potencialidades no uso de líquens como bioindicadores e biomonitores no Brasil.

O principal poluente associado à sensibilidade líquênica é o SO₂ (dióxido de enxofre). Um importante trabalho que corrobora tal afirmação utilizou uma rede de monitoramento de SO₂ instalada na Inglaterra, associando os resultados com os padrões de distribuição das espécies líquênicas encontradas, inclusive criando uma escala de poluição e espécies indicadoras (HAWKSWORTH; ROSE, 1970). Desde então, diversos estudos contribuíram para o estabelecimento dessa relação (GEEBELEN; HOFFMANN, 2001; NASH; GRIES, 2002; SEAWARD, 1993). Também se sabe que os níveis de SO₂ encontrados nos líquens são proporcionais aos encontrados na atmosfera (RICHARDSON; NIEBOER, 1983). Cislaghi e Nimis (1997) encontraram relações significativas para SO₂ (r=0,93), bem como para NO₃ (r=0,87), poeira (r=0,86) e SO₄²⁻ (r=0,85); também identificaram que a biodiversidade de líquens apresenta alta correlação com câncer de pulmão em homens abaixo de 55 anos (r=0,82).

O trabalho de Hawksworth e Rose (1970) classifica a espécie *Teloschistes flavicans* como altamente sensível ao SO₂, sendo encontrada somente em áreas consideradas “puras”. É um líquen fruticoso, cortícola, encontrado em florestas abertas, em ambientes secos e ensolarados (MARTINS *et al.*, 2011), inclusive na região de Mata Atlântica no Sul do Brasil (MARTINS *et al.*, 2011). Sua distribuição se dá em ambientes quentes e temperados de ambos os hemisférios (GLAVICH *et al.*, 2005). Vários trabalhos utilizam o gênero *Teloschistes* para avaliações da poluição atmosférica empregando diversas metodologias (CORTÉS, 2004; ELIASARO *et al.*, 2011; GARTY, 1985; KÄFFER *et al.*, 2012; MARTINS *et al.*, 2008).

Um dos modelos de trabalhos com bioindicadores são os *surveys*, que consistem em observações qualitativas ou quantitativas padronizadas em períodos de tempo restrito, sem pretensões de monitoramento (HELLAWELL, 1991; NIMIS *et al.*, 2002). Um método para avaliação do stress líquênico devido a fatores ambientais é a avaliação da degradação da clorofila em feofitina em líquens transplantados (BOONPRAGOB, 2002; RONEN; GALUN, 1984), sendo a exposição ao SO₂ um dos principais fatores para esse efeito (RAO; LEBLANC, 1966). Tal método já foi utilizado para avaliar o impacto causado por atividades industriais (CARRERAS; PIGNATA, 2001; GARTY *et al.*, 2000) e de despejo de resíduos sólidos (PAOLI *et al.*, 2015).

Assim, o objetivo deste estudo foi obter uma avaliação preliminar da qualidade do ar no município de Paranaguá, no Paraná, utilizando o líquen *Teloschistes flavicans*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

O município de Paranaguá (48° 30' W 25° 31' S) tem população estimada de 150.660 habitantes e área de 826,675 km² (IBGE, 2015). Apresenta clima temperado e chuvoso, moderadamente quente, tendo temperatura média anual entre 19 e 21°C e pluviosidade média de 2.000 a 2.200 mm/ano, com chuvas distribuídas por todo o ano (VANHONI; MENDONÇA, 2011). Está situado em domínio de Floresta Atlântica de Terras Baixas, com predomínio de manguezais e vegetação de restinga nas áreas costeiras. Abriga um dos principais portos do Brasil, o que proporciona diversos conflitos devido ao modelo de desenvolvimen-

to contraditório que proporciona (ABRAHÃO, 2011). Até a realização do estudo, não havia nenhum tipo de monitoramento relativo à poluição atmosférica no município. Portanto, este estudo se baseia em uma avaliação preliminar para subsidiar futuros investimentos em Paranaguá.

A área de estudo abrange o perímetro urbano do município, subdividido em 22 quadrantes segundo metodologia adaptada de Ferrari (2009). Buscando cobrir todos os quadrantes e todas as áreas de interesse, 20 amostras foram colocadas de forma aleatória, distribuídas por toda a cidade, e 10 de forma proposital, em áreas de grande fluxo de veí-

culos e/ou área industrial. Os pontos estabelecidos foram: 1 (48°32'46,375"W 25°30'59,542"S), 2 (48°34'34,771"W 25°34'15,784"S), 3 (48°32'42,8"W 25°32'56,813"S), 4 (48°33'52,107"W 25°34'16,462"S), 5 (48°32'7,187"W 25°30'48,696"S), 6 (48°33'54,19"W 25°34'41,543"S), 7 (48°32'16,429"W 25°32'39,188"S), 8 (48°30'58,196"W 25°30'44,968"S), 9 (48°31'25,207" W 25°31'8,015"S), 10 (48°30'58,638"W 25°30'14,125"S), 11 (48°30'37,206"W 25°30'47,34"S), 12 (48°33'20,501"W 25°33'47,992"S), 13 (48°30'39,426"W 25°31'16,279"S), 14 (48°32'26,262"W 25°32'55,118"S), 15 (48°31'21,789"W 25°31'46,654"S), 16 (48°32'27,203"W 25°30'53,102"S), 17 (48°30'5,704"W 25°30'44,29"S), 18 (48°30'18,43"W 25°30'40,9"S), 19 (48°32'4,978"W 25°32'39,188"S), 20 (48°31'31,223"W 25°30'20,903"S), 21 (48°32'9,574"W 25°31'17,166"S), 22 (48°32'56,383"W 25°31'52,754"S), 23 (48°33'30,226"W

25°33'24,266"S), 24 (48°32'51,909"W 25°32'55,796"S), 25 (48°30'20,979"W 25°31'17,844"S), 26 (48°31'54,475"W 25°32'18,852"S), 27 (48°31'43,946"W 25°31'30,385"S), 28 (48°31'57,264"W 25°32'46,984"S), 29 (48°30'16,57"W 25°31'34,791"S), 30 (48°30'0,295"W 25°30'54,458"S).

O líquen escolhido foi *Teloschistes flavicans* (Figura 1), por conta de sua distribuição e facilidade de identificação, além de seu uso como biomonitor já ter sido validado na literatura (KÄFFER et al., 2012).

Os espécimes foram coletados no município de Pontal do Paraná, no Estado do Paraná, em região de vegetação de restinga no balneário de Pontal do Sul (48°21'02.3"W 25°34'07.1"S). O local possui grande parte de vegetação nativa e abundância liquênica, além de apresentar aspectos fitossociológicos muito semelhantes aos de



Autoria: Gisele Antoniaconi.

Figura 1 – Líquen *Teloschistes Flavicans* em ambiente natural na região de Pontal do Sul, no município de Pontal do Paraná, no Paraná, em área de vegetação de restinga.

Paranaguá (TROPMAIR, 2011), situando-se a cerca de 17 km desse município.

O método de armazenagem e exposição das amostras foi adaptado de Carreras e Pignata (2001, 2002), sendo que os talos e seus substratos coletados foram armazenados em sacos de papel perfurados e permaneceram em laboratório em temperatura ambiente até sua exposição. Uma amostragem piloto, na qual os líquens foram alocados em árvores a 1,5 m do solo, resultou

em grande perda das amostras, portanto, padronizou-se a amostragem a 2,5 m do solo. Para simular as condições de insolação do seu local de origem (vegetação de restinga), não foram utilizados sombrites ou estruturas protetoras.

O transplante ocorreu em janeiro de 2011; a cada três semanas, eram realizadas as coletas de pequenas alíquotas dos líquens em Paranaguá, totalizando três coletas até final de abril de 2011.

Determinação dos percentuais de clorofila e feofitina

Para a obtenção da concentração de clorofila total e feofitina, foram pesados 20 mg do talo liquênico. Esse material foi lavado três vezes com acetona saturada em carbonato de cálcio (CaCO_3), visando eliminar metabólitos secundários do córtex, visto que podem interferir na leitura dos resultados. Após a evaporação, o talo foi macerado e imerso em 5 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), e colocado em temperatura de 65°C por 45 minutos no escuro. Em seguida, foram adicionados mais 5 mL de DMSO. As leituras foram feitas no espectrofotômetro Spectrum SP 2000V, nos comprimentos de onda 415 e 435 nm, segundo metodologia proposta por Boonpragob (2002).

Para a produção da curva de calibração, foram utilizados 360 mg de amostra lavada com acetona satu-

rada em CaCO_3 . Após a evaporação, o talo foi imerso em 55 mL de DMSO e colocado em temperatura de 65°C por 45 minutos no escuro. Em seguida, foram adicionados 55 mL de DMSO. O material é dividido em duas amostras de 55 mL. Em uma delas é adicionado 0,3 mL de ácido clorídrico 1 normal (HCl 1 N), visando tornar toda a clorofila disponível em feofitina. Repousou-se a amostra por uma hora no escuro sob temperatura ambiente. Logo após, neutralizou-se a amostra com CaCO_3 e o material foi centrifugado durante 1 minuto a 3.600 RPM; o sobrenadante, contendo apenas feofitina, é utilizado na construção da curva com a amostra que não sofreu ação do ácido (contendo clorofila).

Análise dos resultados

Ao longo da pesquisa ocorreram perdas de amostra, algumas devido à ausência de material liquênico, outras por quedas ou vandalismo. Para a análise dos dados, foram consideradas as amostras que permaneceram em campo até a última coleta, ao decorrer de 78 dias, em 15 de abril de 2011.

A produção de mapas foi realizada por meio do *software* ArcGis, disponível na Universidade Federal do Paraná (UFPR) Setor Litoral, e a análise de va-

riância (ANOVA) foi feita com o auxílio dos *softwares* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008) e Jasp (JASP Team, 2017).

Embora o período amostral tenha ocorrido em 2011, o atraso na publicação dos resultados ocorreu somente após a consolidação do grupo de pesquisa proponente, sendo que os resultados encontrados complementam outros estudos que vêm sendo desenvolvidos na região.

RESULTADOS

Onze amostras mantiveram-se disponíveis até o final do estudo, sendo que os resultados encontrados são apresentados na Tabela 1. Nota-se diminuição dos níveis de clorofila e aumento nos níveis de feofitina acentuada nas amostras localizadas nas vias de acesso e no porto.

A média dos resultados de feofitina encontrados foi de 15,91% no momento do transplante, 45% ao decorrer de 22 dias, 51,55% ao decorrer de 55 dias e 60,82% ao decorrer de 78 dias, o que demonstra um acréscimo constante nos níveis de degradação de clorofila, porém os resultados variam entre as amostras. As amostras

10P e 20P, localizadas na região portuária, foram as que sofreram maior degradação ao longo do período estudado, inclusive atingindo 100% de degradação na amostra 10P; resultado com grande diferença das amostras 6R, 28R e 29R, localizadas em áreas residenciais, que pouco alteraram seus teores de feofitina/clo-rofila (Tabela 1).

A Figura 2 apresenta a distribuição dos níveis de feofitina no início e no final do estudo, acompanhado do resultado do teste ANOVA. Como esperado, as médias mostraram-se pouco distintas no momento do transplante ($p=0,137$). Ao decorrer de 78 dias, as médias encontradas foram diferentes ($p<0,001$), demonstrando que as amostras localizadas na região portuária e nas

Tabela 1 – Percentuais de feofitina/clorofila das amostras nos períodos analisados.

Amostra	Local	Transplante	22 dias	55 dias	78 dias
5V	Via de acesso	24/76	56/44	61/39	72/28
6R	Residencial	27/73	28/72	28/72	28/72
9V	Via de acesso	9/91	27/73	37/63	64/36
10P	Porto	18/82	79/21	87/13	92/8
18P	Porto	9/91	52/48	66/34	72/28
20P	Porto	7/93	57/43	88/12	100/0
21R	Residencial	14/86	16/84	18/82	26/74
26V	Via de acesso	24/76	63//37	70/30	88/12
28R	Residencial	21/79	29/71	23/77	24/76
29R	Residencial	16/84	26/74	27/73	26/74
30P	Porto	11/89	62/38	62/38	77/23

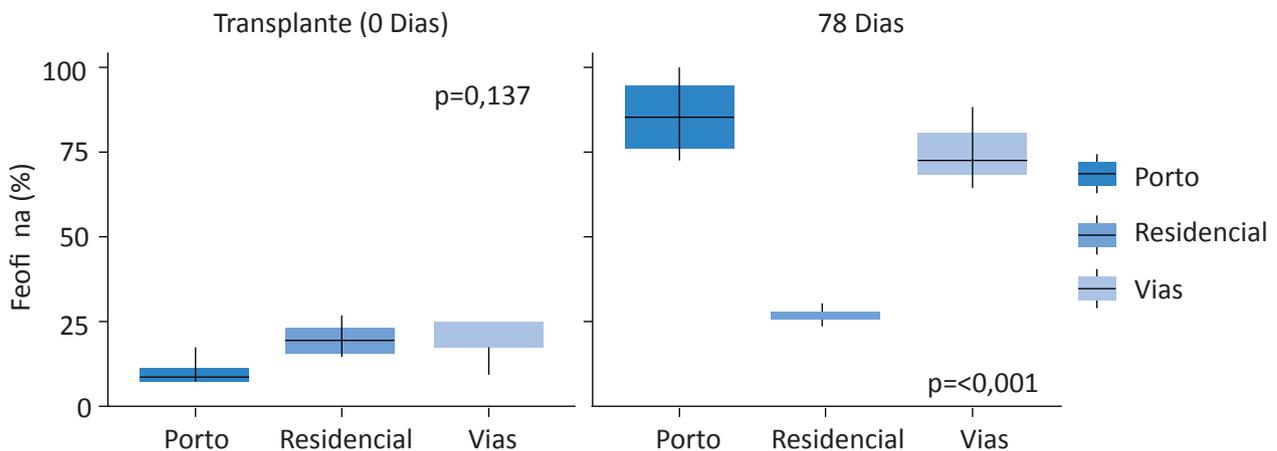


Figura 2 – Distribuição e análise de variância dos percentuais de feofitina no momento do transplante e em 78 dias de exposição entre as categorias de localidades. Nota-se que, ao final do estudo, as amostras localizadas em pontos de regiões portuárias e próximas às vias de acesso sofreram maior degradação, com médias significativamente distintas aos 78 dias de estudo.

vias de acesso sofreram degradação da clorofila em níveis significantemente representativos.

A partir da análise da estrutura do talo liquênico, percebeu-se perda da coloração e deformações em sua estrutura. Destacam-se as alterações observadas nas amostras 10P, 20P e 26V. No mesmo sentido, foi possível observar que a amostra 6R manteve sua coloração semelhante a que apresentou quando foi transplantada de Pontal do Paraná para Paranaguá.

A Figura 3 apresenta a diferença de coloração entre o líquen em Pontal do Paraná (Figura 3A), as amostras transplantadas para Paranaguá, que estão próximas

às fontes potenciais de poluição (Figuras 3B e 3C), e a amostra 6, que está em uma área aparentemente menos poluída (Figura 3D).

Buscando um indicativo sobre as possíveis fontes de emissão de poluentes atmosféricos, a Figura 4 apresenta os percentuais de feofitina de forma espacializada geograficamente, permitindo a visualização dos resultados relacionados a possível distribuição de poluentes no município de Paranaguá. Novamente é possível identificar uma degradação significativa ocorrendo nas amostras próximas ao porto e às vias de acesso (5V, 9V, 26V, 10P, 18P, 20P, 30P), assim como índices menores de degradação nas amostras localizadas em áreas residenciais (6R, 21R, 28R, 29R).

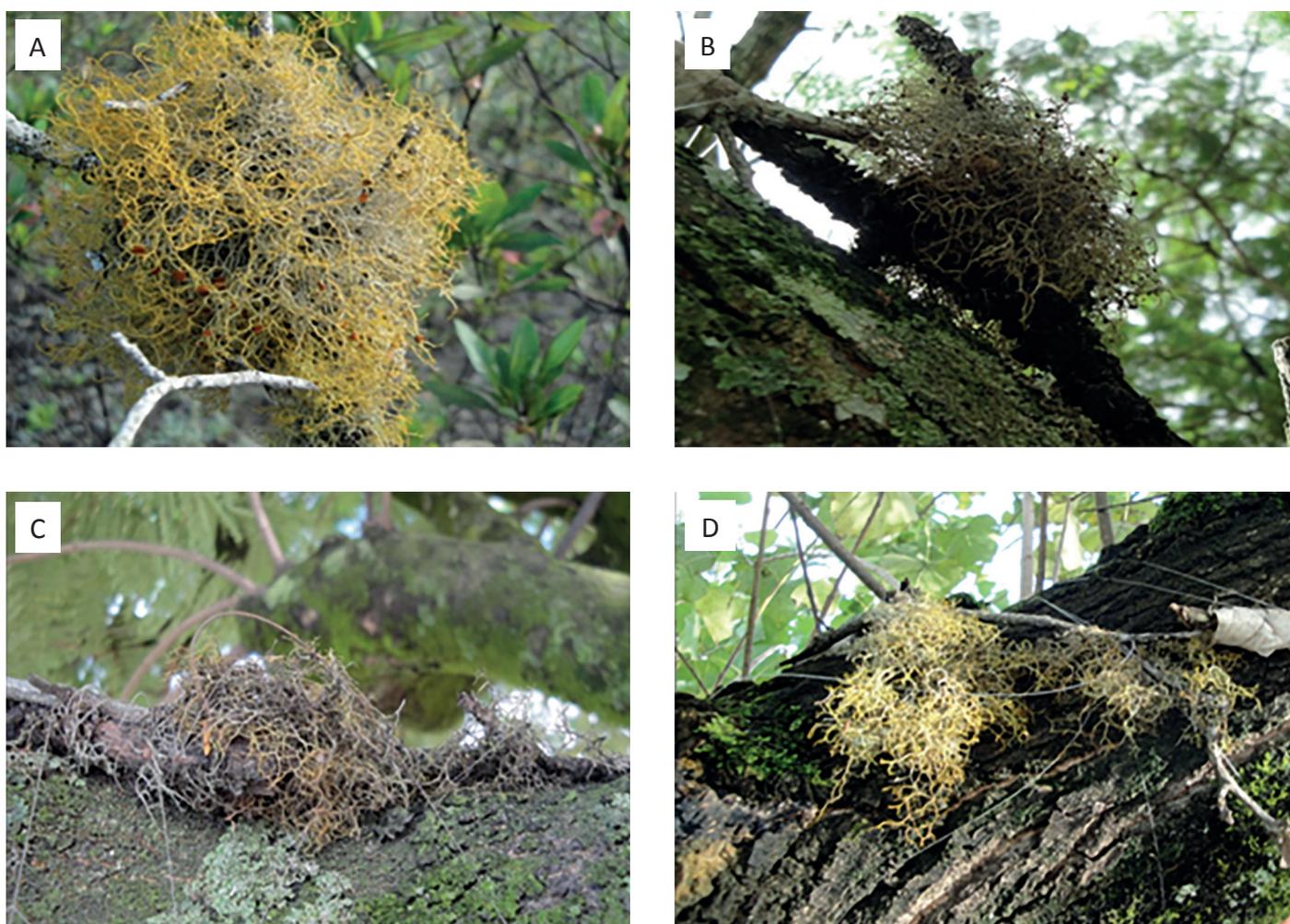


Figura 3 – Mudança da coloração e estrutura do talo liquênico de *T. flavicans* durante o experimento. (A) Líquen em ambiente natural (Pontal do Paraná). (B e C) Amostras 10P e 20P, localizadas em ambiente próximo às fontes potenciais de poluição, apresentando visível degradação. (D) Amostra 6R, localizada em ambiente distante do complexo industrial ou rodovias, sem sinais visíveis de degradação, ainda conservando cores originais.

DISCUSSÃO

O processo de transplante dos talos de líquen, por si só, pode influenciar o decréscimo nas médias de clorofila. Porém, os resultados da ANOVA demonstram diferença não significativa entre as categorias de locais no período de transplante ($p=0,137$); já entre as categorias analisadas no último período ($p\leq 0,001$), verificou-se uma diferença altamente significativa, com a região portuária e as vias de acesso apresentando níveis de degradação superiores aos da região residencial (Figura 2). Käffer *et al.* (2012) encontraram alterações morfológicas e altos níveis de contaminantes em *Teloschistes exilis* em uma área com influência de tráfego no Sul do Brasil. No mesmo sentido, Carreras *et al.* (1998) identificaram o tráfego como causador de degradação em *Usnea sp.* na Argentina. Dessa forma, estima-se que o tráfego seja o principal fator relacionado à degradação de clorofila encontrado neste trabalho, além de, possivelmente, ser uma das principais atividades poluidoras no município.

O método de transplante e análise da degradação de clorofila é reconhecido como válido e eficiente, uma vez que fornece informações sobre o impacto da atividade antrópica em determinada área, além de ser considerado um índice válido para avaliar o impacto das concentrações de SO_2 (BOONPRAGOB, 2002; CONTI; CECCHETTI, 2001; RAO; LEBLANC, 1966).

T. flavicans apresenta grande sensibilidade a esse poluente (HAWKSWORTH; ROSE, 1970) e o gênero *Teloschistes* já foi utilizado como indicador no Sul do Brasil em estudos anteriores (KÄFFER *et al.*, 2012). Carreras e Pignata (2001) e Käffer *et al.* (2012) também identificaram relações entre os níveis de degradação de clorofila e a concentração de ozônio (O_3) na atmosfera. Devido à inexistência de qualquer tipo de monitoramento atmosférico no período estudado em Paranaguá, não foi possível estabelecer quais poluentes são mais presentes no município. Porém, os resultados sugerem que as áreas

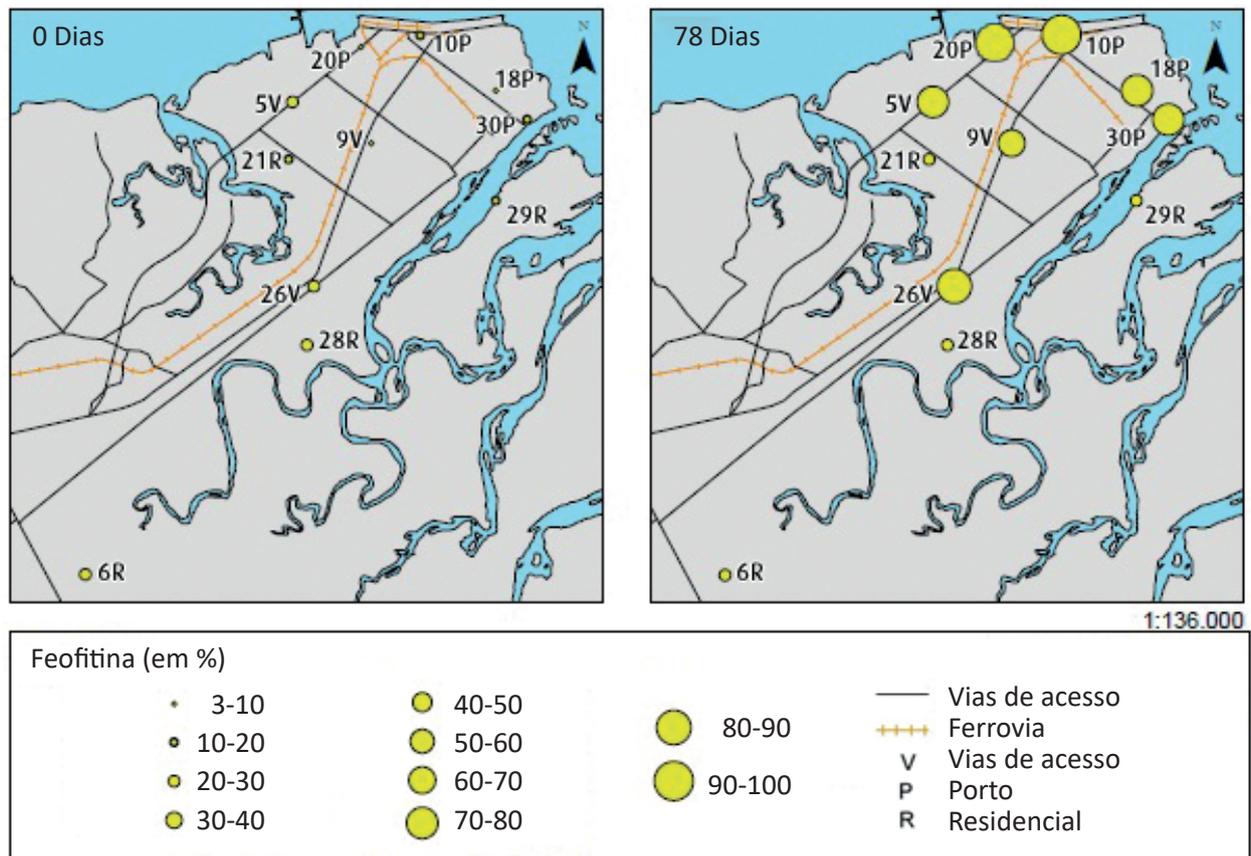


Figura 4 – Espacialização dos percentuais de feofitina no momento do transplante e em 78 dias de exposição. Os locais próximos a regiões portuárias e vias de acesso apresentaram maiores níveis de degradação de clorofila em feofitina.

prioritárias para investigação são próximas ao porto e às vias de acesso, assim como o tráfego como atividade potencialmente poluidora. Nota-se que os líquens são indicadores interessantes para estudos preliminares de contaminação atmosférica em geral, quando a análise de determinados compostos isoladamente pode não representar a complexidade apresentada nesses contextos. Em estudo provido por Tretiach *et al.* (2007), verificou-se que, em comparação com o uso de musgos, os líquens apresentaram maior vantagem para uso em ambientes urbanos, pois, apesar de ambos apresentarem danos em um curto espaço de tempo, os organismos líquenicos tiveram maior resiliência, sendo possível uma análise duradoura de suas alterações fisiológicas.

A Figura 4 mostra que houve grande degradação de clorofila em feofitina nas amostras que se encontram sob influência de rodovias e do complexo portuário; no mesmo sentido, a amostra localizada na Ilha de Valadares (29R), uma área residencial sem fluxo de veículos até o término do período estudado, manteve-se estável em todas as análises. Gonzalez e Pignata (1994) classificam áreas utilizando um índice de contaminação que utiliza a degradação da clorofila como um de seus indicadores, encontrando resultados crescentes em áreas de alto tráfego e atividades industriais. Dessa forma, o método apresenta potencial para geração de mapas de risco ambiental. Yildiz *et al.* (2011) também utilizaram os resulta-

dos encontrados para degradação de clorofila para criar mapas de poluição. É importante destacar que a possibilidade de localizar áreas de concentração de poluentes pode auxiliar a avaliação de riscos para a saúde humana, servir como referencial em estudos de licenciamento ambiental, bem como constitui boa ferramenta para gestores envolvidos no planejamento urbano. Outro uso em potencial está na avaliação da toxicidade ambiental de determinados compostos, como no caso descrito por Vannini *et al.* (2015), em que a exposição do líquen *Xanthoria parietina* ao pesticida glifosato desencadeou processos de degradação da clorofila, além de redução da taxa fotossintética e acumulação do composto.

Com relação à questão de saúde, Ricieri *et al.* (2010) observaram altos índices de asma para o município, relatado como segundo maior no Brasil. Segundo Spinelli *et al.* (2007), a prevalência de asma em Paranaguá é de 23,5%, maior que a média de grandes cidades brasileiras. Estima-se que as emissões de materiais particulados relacionadas à atividade de navegação sejam responsáveis por aproximadamente 60.000 mortes por câncer de pulmão e complicações cardiopulmonares (CORBETT *et al.*, 2007). Dessa forma, uma análise mais aprofundada sobre os contaminantes atmosféricos proveniente das atividades portuárias e seus possíveis impactos na saúde da população na região se apresenta como um promissor objeto de estudos futuros.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados proveram informações relativas à distribuição da degradação de clorofila em feofitina em líquens transplantados como indicadores da poluição atmosférica no município portuário de Paranaguá, validando o método proposto por Boonpragob (2002) na região do litoral paranaense, utilizando uma espécie facilmente encontrada em áreas preservadas da região. Os resultados sugerem que Paranaguá apresenta índices de contaminantes atmosféricos suficientes para causar alterações na estrutura do líquen utilizado em regiões próximas ao porto e às suas vias de acesso.

Tais dados são reforçados pela constatação da mudança na coloração dos líquens em determinados am-

bientes (Figura 3). O dano morfofisiológico é resultado de alterações como modificações nos percentuais de carbono orgânico, número de células vivas e valores de clorofila, sendo caracterizado pelo surgimento de cloroses, necroses e exposição de medula (KÄFFER *et al.*, 2012).

As informações produzidas se mostram extremamente relevantes por não serem encontrados na literatura referentes à qualidade do ar para a região. A ausência de grandes polos industriais nas cidades ao redor, assim como a presença da Floresta Atlântica, coloca o município como um modelo para estudos sobre a relação entre poluição atmosférica e organizações portuárias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Msc. Rangel Angelotti, pela orientação quanto ao uso do *software* ArcGis, e ao

Dr. Emerson Joucoski, pela introdução ao *software* estatístico R.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. M. S. *Porto de Paranaguá: transformações espaciais decorrentes do processo de modernização capitalista e integração territorial entre os anos 1970 e 2010*. Tese (Doutorado em Geografia) – Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, 2011.
- AUGUSTO, S.; MÁGUAS, C.; BRANQUINHO, C. Guidelines for biomonitoring persistent organic pollutants (POPs), using lichens and aquatic mosses – A review. *Environmental Pollution*, v. 180, p. 330-338, set. 2013.
- BAILEY, D.; SOLOMON, G. Pollution prevention at ports: clearing the air. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 24, n. 7-8, p. 749-774, 2004.
- BATIČ, F. Bioindication of Sulphur Dioxide Pollution with Lichens. In: KRANNER, D. I. C.; BECKETT, P. D. R. P.; VARMA, P. D. A. K. (Eds.). *Protocols in Lichenology*. Springer Lab Manuals. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. p. 483-503.
- BOONPRAGOB, K. Monitoring Physiological Change in Lichens: Total Chlorophyll Content and Chlorophyll Degradation. In: NIMIS, P. L.; SCHEIDEGGER, C.; WOLSELEY, P. A. (Eds.). *Monitoring with Lichens: Monitoring Lichens*. NATO Science Series. Dordrecht: Springer Netherlands, 2002. p. 323-326.
- BURNETT, R. T.; POPE, C. A.; EZZATI, M.; OLIVES, C.; LIM, S. S.; MEHTA, S.; SHIN, H. H.; SINGH, G.; HUBBELL, B.; BRAUER, M.; ANDERSON, H. R.; SMITH, K. R.; BALMES, J. R.; BRUCE, N. G.; KAN, H.; LADEN, F.; PRÜSS-USTÜN, A.; TURNER, M. C.; GAPSTUR, S. M.; DIVER, W. R.; COHEN, A. An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure. *Environmental Health Perspectives*, 11 fev. 2014.
- CARRERAS, H. A.; GUDIÑO, G. L.; PIGNATA, M. L. Comparative biomonitoring of atmospheric quality in five zones of Córdoba city (Argentina) employing the transplanted lichen *Usnea* sp. *Environmental Pollution*, v. 103, n. 2-3, p. 317-325, 1.º nov. 1998.
- CARRERAS, H. A.; PIGNATA, M. L. Biomonitoring of heavy metals and air quality in Cordoba City, Argentina, using transplanted lichens. *Environmental Pollution*, v. 117, n. 1, p. 77-87, abr. 2002.
- _____; _____. Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen *Usnea amblyoclada*. *Environmental Pollution*, v. 111, n. 1, p. 45-52, jan. 2001.
- CISLAGHI, C.; NIMIS, P. L. Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature*, v. 387, n. 6.632, p. 463-464, 29 maio 1997.
- CONTI, M. E.; CECCHETTI, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment--a review. *Environmental Pollution* (Barking, Essex: 1987), v. 114, n. 3, p. 471-492, 2001.
- CORBETT, J. J.; WINEBRAKE, J. J.; GREEN, E. H.; KASIBHATLA, P.; EYRING, V.; LAUER, A. Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. *Environmental Science & Technology*, v. 41, n. 24, p. 8512-8518, 2007.
- CORTÉS, E. Investigation of air pollution in Chile using biomonitors. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 262, n. 1, p. 169-276, out. 2004.
- DEVOS, S.; COX, B.; DHONDT, S.; NAWROT, T.; PUTMAN, K. Cost saving potential in cardiovascular hospital costs due to reduction in air pollution. *Science of The Total Environment*, v. 527-528, p. 413-419, 15 set. 2015.
- ELIASARO, S.; VEIGA, P. W.; DONHA, C. G.; NOGUEIRA, L. Inventário de macrolíquens epífitos sobre árvores utilizadas na arborização urbana em Curitiba, Paraná, Brasil: Subsídio para biomonitoramento urbano. *Biotemas*, v. 22, n. 4, p. 1-8, 25 abr. 2009.
- FAJERSZTAJN, L.; VERAS, M.; BARROZO, L. V.; SALDIVA, P. Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer. *Nature Reviews Cancer*, v. 13, n. 9, p. 674-678, set. 2013.

- FERRARI, J. B. *Variação espacial e temporal do lixo marinho depositado na praia deserta*. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos). Pontal do Paraná: Universidade Federal do Paraná, 21 dez. 2009.
- FUGA, A.; SAIKI, M.; MARCELLI, M. P.; SALDIVA, P. H. Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. *Environmental Pollution*, v. 151, n. 2, p. 334-340, jan. 2008.
- GARTY, J. The amounts of heavy metals in some lichens of the Negev Desert. *Environmental Pollution*, Series B, Chemical and Physical, v. 10, n. 4, p. 287-300, 1.º jan. 1985.
- GARTY, J.; WEISSMAN, L.; TAMIR, O.; BEER, S.; COHEN, Y.; KARNIELI, A.; ORLOVSKY, L. Comparison of five physiological parameters to assess the vitality of the lichen *Ramalina lacera* exposed to air pollution. *Physiologia Plantarum*, v. 109, n. 4, p. 410-418, 1.º ago. 2000.
- GEEBELEN, W.; HOFFMANN, M. Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO₂-pollution parameters. *The Lichenologist*, v. 33, n. 3, p. 249-260, maio 2001.
- GLAVICH, D. A.; GEISER, L. H.; MIKULIN, A. G. The Distribution of Some Rare Coastal Lichens in the Pacific Northwest and Their Association with Late-seral and Federally-protected Forests. *The Bryologist*, v. 108, n. 2, p. 241-254, 1.º jun. 2005.
- GONZALEZ, C. M.; PIGNATA, M. L. The Influence of Air Pollution on Soluble Proteins, Chlorophyll Degradation, MDA, Sulphur and Heavy Metals in A Transplanted Lichen. *Chemistry and Ecology*, v. 9, n. 2, p. 105-113, 1.º nov. 1994.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Negócios. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98>>. Acesso em: 22 set. 2015.
- GUARNIERI, M.; BALMES, J. R. Outdoor air pollution and asthma. *The Lancet*, v. 383, n. 9.928, p. 1581-1592, 2014.
- HAWKSWORTH, D. L.; ITURRIAGA, T.; CRESPO, A. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, v. 22, n. 2, p. 71-82, jun. 2005.
- HAWKSWORTH, D. L.; ROSE, F. Qualitative Scale for estimating Sulphur Dioxide Air Pollution in England and Wales using Epiphytic Lichens. *Nature*, v. 227, n. 5.254, p. 145-148, 11 jul. 1970.
- HELLAWELL, J. M. Development of a rationale for monitoring. In: GOLDSMITH, B. (Ed.). *Monitoring for Conservation and Ecology*. Conservation Biology. Dordrecht: Springer Netherlands, 1991. p. 1-14.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades - Paranaguá*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pr/paranagua/panorama>>. Acesso em: 26 set. 2015.
- KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. T.; APEL, M. A.; ROCHA, J. V.; MARTINS, S. M. A.; VARGAS, V. M. F. Use of bioindicators to evaluate air quality and genotoxic compounds in an urban environment in Southern Brazil. *Environmental Pollution*, v. 163, p. 24-31, abr. 2012.
- KÄFFER, M. I.; MARTINS, S. M. A.; ALVES, C.; PEREIRA, V. C.; FACHEL, J.; VARGAS, V. M. F. Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil. *Ecological Indicators*, v. 11, n. 5, p. 1319-1332, set. 2011.
- KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, v. 151, n. 2, p. 362-367, 2008.
- LELIEVELD, J.; EVANS, J. S.; FNAIS, M.; GIANNADAKI, D.; POZZER, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, v. 525, n. 7569, p. 367-371, 17 set. 2015.
- JASP Team. *JASP (Version 0.8.1.2)* [Computer software]. 2017.
- MARĆ, M.; TOBISZEWSKI, M.; ZABIEGALA, B.; GUARDIA, M.; NAMIESNIK, J. Current air quality analytics and monitoring: A review. *Analytica Chimica Acta*, v. 853, p. 116-126, 1.º jan. 2015.

- MARTINS, C. C.; BRAUN, J. A. F.; SEYFFERT, B. H.; MACHADO, E. C.; FILLMANN, G. Anthropogenic organic matter inputs indicated by sedimentary fecal steroids in a large South American tropical estuary (Paranaguá estuarine system, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, v. 60, n. 11, p. 2137-2143, nov. 2010.
- MARTINS, S. M. A.; KAFFER, M. I.; ALVES, C. R.; PEREIRA, V. C. Fungos liquenizados da mata atlântica, no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 25, n. 2, p. 286-292, jun. 2011.
- MARTINS, S. M. A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. Lichens as bioindicators of air quality in an area of thermoelectric power plant, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hoehnea*, v. 35, n. 3, p. 425-433, 2008.
- MIRAGLIA, S. G. E. K.; SALDIVA, P. H. N.; BÖHM, G. M. An Evaluation of Air Pollution Health Impacts and Costs in São Paulo, Brazil. *Environmental Management*, v. 35, n. 5, p. 667-676, 16 maio 2005.
- MOTA FILHO, F. O.; PEREIRA, E. C.; LIMA, E. S.; SILVA, N. H.; FIGUEIREDO, R. C. B. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando *Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor. *Química Nova*, v. 30, n. 5, p. 1072-1076, out. 2007.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 24 fev. 2000.
- NASH, T. H. *Lichen Biology*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- NASH, T. H.; GRIES, C. Lichens as bioindicators of sulfur dioxide. *Symbiosis*, v. 33, n. 1, p. 1-21, 2002.
- NEUROHR BUSTAMANTE, E.; MONGE-NÁJERA, J.; MÉNDEZ-ESTRADA, V. H. Use of a Geographic Information System and lichens to map air pollution in a tropical city: San José, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, v. 61, n. 2, p. 557-563, jun. 2013.
- NIMIS, P. L.; SCHEIDEGGER, C.; WOLSELEY, P. A. (Eds.). *Monitoring with Lichens: Monitoring Lichens*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2002.
- PAOLI, L.; GRASSI, A.; VANNINI, A.; MASLANAKOVÁ, I.; BIL'OVÁ, I.; BACKOR, M.; CORSINI, A.; LOPPI, S. Epiphytic lichens as indicators of environmental quality around a municipal solid waste landfill (C Italy). *Waste Management*, v. 42, p. 67-73, ago. 2015.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2008.
- RAO, D. N.; LEBLANC, F. Effects of Sulfur Dioxide on the Lichen Alga, with Special Reference to Chlorophyll. *The Bryologist*, v. 69, n. 1, p. 69-75, 1.º abr. 1966.
- RICHARDSON, D. H. S.; NIEBOER, E. Ecophysiological responses of lichens to sulphur dioxide. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, n. 54, p. 331-351, maio 1983.
- RICIERI, D. V.; ROSÁRIO FILHO, N. A.; KONNO, K. M.; FERRO, E.; VALÉRIO, M. O. Demografia da Asma no Município de Paranaguá/PR e no contexto das Doenças Respiratórias no Litoral do Paraná. *Inspirar*, v. 2, 2010.
- RONEN, R.; GALUN, M. Pigment extraction from lichens with dimethyl sulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Environmental and Experimental Botany*, v. 24, n. 3, p. 239-245, ago. 1984.
- SAIKI, M.; FUGA, A.; ALVES, E. R.; VASCONCELLOS, M. B. A.; MARCELLI, M. P. Biomonitoring of the atmospheric pollution using lichens in the metropolitan area of São Paulo city, Brazil. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 271, n. 1, p. 213-219, jan. 2007.
- SEAWARD, M. R. D. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies. *Environmental Reviews*, v. 1, n. 2, p. 73-91, 1.º jul. 1993.

SILVA, A. K. D. O.; PEREIRA, I. M. C.; SILVA, N. H.; MOTA-FILHO, F. O.; PEREIRA, E. C. G. Líquens utilizados como biomonitores da qualidade do ar no Parque da Jaqueira – Recife – Pernambuco. *Geo UERJ*, v. 1, n. 25, 4 set. 2014.

SPINELLI, L. M.; ROSARIO, N. A.; RIEDI, C. A.; SCHMIDT, A. V.; JORGE, J. J.; MALUCELLI, M.; CRAMER, M. S. CORREA-CELI, J. C.; ALBANUS, A. Risk Factors for Asthma in Adolescents: ISAAC Phase II in a Brazilian Coast City. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 119, n. 1, Supplement, p. S103, jan. 2007.

TRETIACH, M.; ADAMO, P.; BARGAGLI, R.; BARUFFO, L.; CARLETTI, L.; CRISAFULLI, P.; GIORDANO, S.; MODENESI, P.; ORLANDO, S.; PITTAO, E. Lichen and moss bags as monitoring devices in urban areas. Part I: Influence of exposure on sample vitality. *Environmental Pollution*, v. 146, n. 2, p. 380-391, 2007.

TROPPEMIR, H. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. *Boletim de Geografia*, v. 8, n. 1, p. 67-83, 2011.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 3, 18 maio 2011.

VANNINI, A.; GUARNIERI, M.; BAČKOR, M.; BILOVÁ, I.; LOPPI, S. Uptake and toxicity of glyphosate in the lichen *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 122, p. 193-197, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 7 million premature deaths annually linked to air pollution. *Media Centre*, 2014. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

YILDIZ, A.; AKSOY, A.; AKBULUT, G.; YILMAZ, D. D.; ISLEK, C.; ALTUNER, E. M.; DUMAN, F.; EM, A.; DUMAN. Correlation Between Chlorophyll Degradation and the Amount of Heavy Metals Found in *Pseudevernia furfuracea* in Kayseri (Turkey). *Ekoloji*, v. 20, n. 78, p. 82-88, 2011.

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A SUA IMPORTÂNCIA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

ENVIRONMENTAL EDUCATION AND ITS IMPORTANCE FOR THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM

Margane da Silva

Bióloga. Pós-graduada em Gestão Ambiental e em Sistemas de Gestão Integrada, Ênfase em Meio Ambiente e Responsabilidade Social pela FEEVALE.

Danielle Paula Martins

Professora e coordenadora do curso de Especialização em Sistema de Gestão Integrada da FEEVALE. Educadora ambiental. Mestre em Geografia e Tecnóloga em Meio Ambiente.

Endereço para correspondência:

Margane da Silva – Rua Marcílio Dias, 2005 – Boa Vista – 93410-285 – Novo Hamburgo (RS), Brasil – E-mail: biomargane@gmail.com

Recebido: 13/01/2016
Aceito: 24/04/2017

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de contribuir com as discussões acerca da educação ambiental empresarial, com foco na certificação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na NBR ISO 14001/2004. Nele, utilizaram-se metodologias de levantamento bibliográfico, estudo de caso e levantamento com aplicação de questionário. Constatou-se que a educação ambiental, alinhada a um bom SGA, torna-se uma excelente ferramenta para facilitar a certificação mencionada. Outrossim, os requisitos desta norma servem de referência para um programa de educação ambiental empresarial. A pegada ecológica pode ser utilizada para conhecer os hábitos de consumo de acordo com a realidade e o contexto histórico, cultural, econômico e geográfico dos funcionários e para auxiliar no processo educacional.

Palavras-chave: NBR ISO 14001/2004; educação ambiental; pegada ecológica; sistema de gestão ambiental.

ABSTRACT

The objective of this work was to contribute to discussions about corporate environmental education, focusing on the certification of the Environmental Management System (EMS) in ISO 14001/2004. Methodologies of the literature, case study and action-research were used in it. It was found that environmental education, aligned with a good environmental management system, become an excellent tool to facilitate the aforementioned certification. Furthermore, these norms requirements are reference to a business environmental education program. The ecological footprint can be used to know the spending habits according to reality, historical, cultural, economic and geographical context of the employees and to assist in the educational process.

Keywords: NBR ISO 14001/2004; environmental education; ecological footprint; environmental management system.

INTRODUÇÃO

O crescimento e desenvolvimento das cidades registraram um grande progresso tecnológico com a Revolução Industrial a partir de 1760, mas, com isso, vários problemas também se desencadearam, tais como a grande geração de resíduos, o crescimento populacional, o consumismo exacerbado, o êxodo rural, a redução dos recursos naturais e a desigualdade social, entre outros.

Cerca de dois séculos depois, surge o conceito de desenvolvimento sustentável na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em Estocolmo, no ano de 1972, definido como aquele que atende às necessidades atuais da população, sem afetar as das próximas gerações (PEREIRA, 2012). Para isso é preciso mudanças no modo de produção e de consumo, repensar as tecnologias de manufatura e o estilo de vida das populações, bem como as políticas públicas. O desenvolvimento sustentável está pautado em cinco pilares: ambiental, social, territorial, econômico e político, de acordo com Sachs *apud* Maniglia (2012).

As empresas necessitam inserir-se nesse contexto e considerar os pilares como diferencial competitivo, mas também como sobrevivência, tanto pela exigência do mercado quanto da sociedade. Para isso, é importante que implementem ferramentas para reduzir os danos provocados por suas atividades ao meio ambiente, como é o caso de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que ajude a gerenciar os seus impactos e a buscar o desenvolvimento sustentável.

Um SGA pode ser bem estruturado, porém só resultará em melhorias ambientais se houver o entendimento e o comprometimento de todos. Do contrário, o gestor ambiental conseguirá trabalhar sob a ótica do *end of pipe*, resolvendo o problema no final do processo, ou seja, dando uma destinação e não trabalhando no seu início, quando é possível evitar desperdícios e custos, reduzir impactos, inovar e melhorar a sua eficiência e eficácia. Para que esse trabalho resulte em mudança permanente, tem-se como ferramenta a educação ambiental.

Segundo Vilela Junior & Demajorovic (2006), a educação ambiental dos colaboradores não ocorre simplesmente com a transmissão de informações, mas com o despertar do sentimento de corresponsabilidade, trabalhando com as potencialidades de cada um. Isso implica em estimular a adoção de comportamentos

sustentáveis, com espaço e tempo para a reflexão e a discussão sobre questões socioambientais. Se a empresa deseja buscar uma certificação, como a Norma Brasileira (NBR) ISO 14001/2004, sua implementação exigirá um programa de treinamento e sensibilização e seu sucesso dependerá do envolvimento e comprometimento de todos os colaboradores.

Para estruturar um programa de educação ambiental que contribua para o SGA e facilite a certificação na NBR ISO 14001/2004, deve-se considerar as características da empresa, o contexto e a região em que ela está inserida, além do perfil e da cultura de seus colaboradores como fatores que ajudarão na estruturação e no sucesso desse projeto, que deve ser sólido e contínuo.

Os desafios da dimensão ambiental nas empresas precisam ser alvo de investigação e definição de metodologias que permitam a reflexão de todos os envolvidos. Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de mostrar o estudo de caso do programa de educação ambiental da Hercosul Alimentos, indústria de *pet food* localizada em Ivoti, no Rio Grande do Sul, com foco no levantamento de campo realizado por meio da aplicação do questionário da pegada ecológica (PE).

Os objetivos deste trabalho foram:

- contribuir com as discussões acerca da educação ambiental em área empresarial, visando à certificação do SGA na NBR ISO 14001/2004;
- conceituar a educação ambiental e o SGA, à luz da NBR ISO 14001/2004, como ferramentas para a gestão ambiental empresarial;
- analisar o estudo de caso do programa de educação ambiental da empresa;
- equiparar as ações de educação ambiental da organização com os requisitos sugeridos pela certificação NBR ISO 14001/2004; e
- conhecer a PE dos colaboradores da companhia.

Para atender aos pressupostos desta pesquisa, o artigo está dividido em quatro seções: revisão bibliográfica, metodologia, análise dos dados e considerações finais.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Educação ambiental

Considerando que todos os seres vivos fazem parte do mesmo ecossistema e biosfera e dependem dos mesmos recursos naturais, é importante que haja a consciência do homem, como ser racional, do equilíbrio e da perpetuidade desse sistema. Para isso, desenvolveu-se a educação ambiental, ferramenta que sensibiliza as pessoas para buscarem o equilíbrio em todas as suas ações e desmitifica a ideia de abundância e infinidade dos recursos naturais que se viveu no início das civilizações.

A década de 1960 pode ser considerada o marco da origem das preocupações com as perdas de qualidade ambiental, segundo Tozzoni-Reis (2008). A publicação do livro *Primavera Silenciosa* (1962), da bióloga Rachel Carson, estimulou uma revolução ambiental. Entre outros assuntos, a autora ressaltou os impactos ambientais dos pesticidas e inseticidas (PELICIONI, 2014). Percebeu-se que havia perda de qualidade de vida, vista de várias formas, desde um rio que sumiu, um recanto que foi destruído ou o empobrecimento estético. Alguns movimentos começaram a ser estimulados e foram realizadas importantes conferências, tratados, acordos e mobilizações para sensibilização e conscientização (DIAS, 2006).

Vários eventos marcaram o desenvolvimento da educação ambiental: a Conferência de Estocolmo, em 1972; o Seminário Internacional sobre Educação Ambiental, em Belgrado (Iugoslávia, atualmente Sérvia), em 1975; a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, em Tbilisi (Geórgia, então parte da União Soviética), em 1977; a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92 (Rio de Janeiro), em 1992; a Rio+10, em Johannesburgo (África do Sul), em 2002; e, por fim, a Rio+20, no Rio de Janeiro, em 2012, cujo objetivo foi a renovação do compromisso público com o desenvolvimento sustentável por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto e do tratamento de temas novos e emergentes (SAITO, 2002).

Diante de todos os eventos e marcos históricos da área ambiental, a educação ambiental é definida

como um conjunto de processos a partir dos quais os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências (art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental — PNEA, Lei nº 9.795/99). Tem como finalidade promover a compreensão da existência e da interdependência econômica, social, política e ecológica da sociedade; proporcionar às pessoas conhecimento, desenvolvimento de valores, interesse e atitudes para proteger e melhorar a qualidade ambiental; e induzir novas formas de conduta dos indivíduos e da sociedade na busca de soluções para os problemas ambientais como forma de melhoria da sua qualidade de vida (DIAS, 2006).

É entendida como um processo no qual se vivenciam experiências de interações e de trocas motivadoras para a consecução de um ambiente socialmente justo e ecologicamente equilibrado (OLIVEIRA *apud* DIAS, 2006). A consciência ecológica, por si só, não traz resultados; ela precisa estar associada a uma ação transformadora, segundo Philippi Jr. & Pelicioni (2014). Esses autores destacam que a redução da desigualdade social é primordial para atingir plenamente a sustentabilidade em todas as suas dimensões. Uma educação ambiental crítica deve considerar os interesses das classes sociais historicamente excluídas.

Conhecer o público com o qual vai ser desenvolvido um projeto de educação ambiental é extremamente importante para o seu sucesso. É preciso saber sobre o seu modo de vida, suas crenças, valores, cultura e condições econômicas para conceber um projeto que caracterize essa comunidade e faça sentido para ela.

A educação ambiental pode ser trabalhada formalmente, nos ambientes escolares e universitários, e informalmente em diferentes ambientes e organizações. Gadotti (2014) preconiza que a educação é indispensável para a sobrevivência humana e não deve ser objeto apenas de crianças ou jovens, mas se estender aos demais grupos da sociedade. Dessa forma, é importante discutir a educação ambiental no âmbito empresarial.

Educação ambiental nas empresas

A educação ambiental nas empresas acaba se restringindo, na maioria dos casos, aos treinamentos, isso quando eles são conduzidos não apenas para treinar o colaborador em determinada tarefa ou assunto, mas também para sensibilizá-lo sobre a importância da preservação ambiental. No entanto, a educação ambiental deve ir além; precisa de um programa, um encadeamento de ações interligadas que permita a sensibilização ambiental.

A PNEA (Lei nº 9.795, de 24 de abril de 1999) (BRASIL, 1999) prevê em seu artigo 3º que as empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas devem promover programas de capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente.

Segundo Kitzmann & Asmus (2002), é possível traçar um paralelo entre a educação ambiental exercida nas escolas e comunidades e o treinamento e a capacitação desenvolvidos nas empresas, pois ambos atuam sobre o mesmo sujeito (ser humano) e buscam transformar variáveis (conhecimento, habilidades e atitudes). Atualmente, há uma demanda crescente para a inserção da variável ambiental nas indústrias devido à busca por certificações e também para a adequação às legislações. Dessa forma, a educação ambiental pode e deve ser exercida utilizando o espaço dos treinamentos já instaurados nas organizações, mas com aplicação mais ampla, como valor cultural.

Um programa de educação como esse pode melhorar a comunicação, resgatar valores ambientais, sensibilizar, motivar, facilitar a gestão ambiental da empresa e estimular o desenvolvimento da autoestima dos colaboradores (VILELA JUNIOR & DEMAJOROVIC, 2006).

A capacitação de adultos trabalhadores é diferente da educação de crianças. Destaca-se o conceito da andragogia, definida como a ciência e a arte de direcionar o adulto ao aprendizado. As premissas que a diferencia da educação de crianças (KNOWLES *apud* DRAGANOV *et al.*, 2011) são:

1. à medida que amadurece, o ser humano torna-se independente e responsável;

2. passa a ter personalidade autodirecionada; age por si só;
3. tem experiências que baseiam as suas decisões e atitudes;
4. aprende o que tem interesse, direcionando para a sua vida social ou profissional;
5. aprende o que tem imediata aplicação;
6. a motivação é interna e não por nota ou avaliações.

Segundo Cattani (1997), as atividades de treinamento nas empresas têm caráter técnico, de adestramento, em busca do “saber-fazer” e não do “saber-pensar” e “aprender a aprender”, como definido por Régnier *apud* Kitzmann & Asmus (2002).

De acordo com Kitzmann & Asmus (2002), o treinamento pode ser um processo integral quando leva em conta o ser humano como cidadão, considerando-o na sua complexidade, podendo, então, ser chamado de capacitação.

Isto também é previsto na Agenda 21:

O treinamento é um dos instrumentos mais importantes para desenvolver recursos humanos e facilitar a transição para um mundo mais sustentável. Ele deve ser dirigido a profissões determinadas e visa preencher lacunas no desenvolvimento e nas habilidades que ajudarão os indivíduos a achar emprego e participar de atividades de meio ambiente e desenvolvimento como um processo de aprendizagem de duas mãos (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2002).

A educação ambiental extrapola o treinamento quando construída para a reflexão e a consciência crítica e quando o trabalhador, na sua diversidade social, profissional, econômica, política, está inserido em diferentes contextos geográficos e históricos e tem ciência da relação entre produção e meio ambiente (GIESTA, 2013).

Dessa forma, promove-se sucesso na implantação de um SGA, o que, conseqüentemente, facilita a busca pela certificação na NBR ISO 14001/2004.

Sistemas de Gestão Ambiental e a Norma Brasileira (NBR) ISO 14001/2004

Como reflexo da preocupação ambiental e da busca pelo desenvolvimento sustentável, o repensar do modo de produção agregou aos processos a variável ambiental, considerando não somente as suas ações internas, mas toda a sua área de influência.

A visão dos atuais administradores de empresas como instituições econômicas vem mudando e assumindo um papel também sociopolítico, com preocupações com seu entorno, ecológicas, de segurança, de proteção e defesa do consumidor em relação à qualidade dos produtos. A responsabilidade social tem ganhado força desde a década de 1960, quando a sociedade começou a mudar o seu modo de pensar. Essa responsabilidade seria pelo fato de a sociedade permitir a existência de organizações que devem ajudá-la a resolver os seus problemas e viver melhor (DONAIRE, 2007).

Nesse contexto surge a gestão ambiental, que é o gerenciamento dos processos de produção de bens e serviços para preservar os recursos naturais, a integridade física e emocional das pessoas e reduzir perdas de materiais e recursos (SELL, 2006). Esse autor ressalta que a gestão ambiental deve ser um compromisso de toda a empresa, do comprador, ao adquirir produtos que tenham menor impacto ambiental, ao setor de manutenção, que separa e descarta corretamente seus resíduos de óleo, graxa e tintas, às faxineiras, ao recolher e destinar os lixos, e ao setor de projetos, ao escolher as tecnologias.

Donaire (2007) ressalta que, além de ter um SGA implementado, é preciso transformar a questão ambiental em um valor para a organização, o que depende das ações da alta administração e das gerências.

As empresas podem trabalhar a gestão ambiental sob três abordagens:

1. controle da poluição, que estabelece práticas para evitar a contaminação ambiental que pode ser gerada por seus processos, controlando as saídas (*end of pipe*);
2. prevenção da poluição, atuando sobre produtos e processos para evitar, reduzir ou modificar a geração de impactos; e

3. estratégica, tratando as questões ambientais como parte do negócio (BARBIERI, 2011).

A NBR ISO 14001 (ABNT, 2004), norma que estabelece os itens mínimos para a certificação de um SGA, define que ela deve ter abordagem de processos e ser feita nas quatro fases que constituem o ciclo PDCA (*plan, do, check e act*): planejamento, execução do que se planejou, verificação do que foi feito e tomada de ação após verificação dos resultados. Seiffert (2010) reforça a necessidade dessas fases serem desenvolvidas com uma busca permanente por melhoria contínua, conforme representado na Figura 1 (adaptada da NBR ISO 14001/2004):

- 1ª fase — Política: a instituição deve definir uma política apropriada ao negócio; apresentar compromisso com a melhoria contínua e o atendimento à legislação; e fornecer estrutura para o atendimento dos objetivos e metas. A política deve ser implementada, documentada e divulgada ao público;
- 2ª fase — Planejamento: nela faz-se o levantamento dos aspectos e impactos e das legislações ambientais aplicáveis, definindo-se os objetivos, as metas e os programas para reduzir os impactos ambientais;
- 3ª fase — Implementação e operação: definição dos recursos e responsabilidades, treinamentos, conscientização, forma de comunicação, documentação (manuais e procedimentos) e controle dos documentos, controles operacionais associados aos aspectos ambientais e plano de emergência ambiental;
- 4ª fase — Verificação: fase em que se realizam os monitoramentos e medições dos processos com potencial de impacto ambiental. Além de serem feitos e controlados os registros, controla-se o atendimento às legislações ambientais, aplica-se o procedimento de tratamento de não conformidades e realizam-se auditorias;
- 5ª fase — Análise pela administração: nela, a alta administração deve analisar os resultados do SGA e definir as diretrizes para a sua melhoria.

Embora a norma NBR ISO 14001/2004 coloque como primeira etapa a política ambiental, Cajazeira (1998) defende que, inicialmente, deve ser feito o levantamento de aspectos e impactos para conhecer o potencial poluidor da empresa e aplicar uma política coerente.

O aspecto ambiental compreende o uso dos recursos naturais (água, energia, matéria-prima e espaço, entre outros) e do meio ambiente, absorvendo os resíduos. Já o impacto é o efeito do aspecto, ou seja, a modificação que ele causa no meio ambiente, podendo ser benéfica ou maléfica (BARBIERI, 2011). O levantamento dos aspectos e impactos pode ser feito por atividades, conforme o Quadro 1, apresentado por Bacci *et al.* (2006).

Segundo Sell (2006), o principal objetivo de um SGA é a melhoria contínua do desempenho ambiental, visando à redução dos impactos, o que permanece na versão da ISO 14001 de 2015. Lewandowska e Matuszak-Flejszman (2014) indicam que, nessa revisão da norma, é incluída uma importante chave para a busca da melhoria contínua e da consecutiva minimização dos impactos: a avaliação da cadeia de abastecimento das empresas que procuram essa certificação, provocando uma reação em cadeia, motivada principalmente pelos novos contratos.

Para que esse PDCA seja aplicado e a melhoria contínua aconteça, é necessário o envolvimento de todas

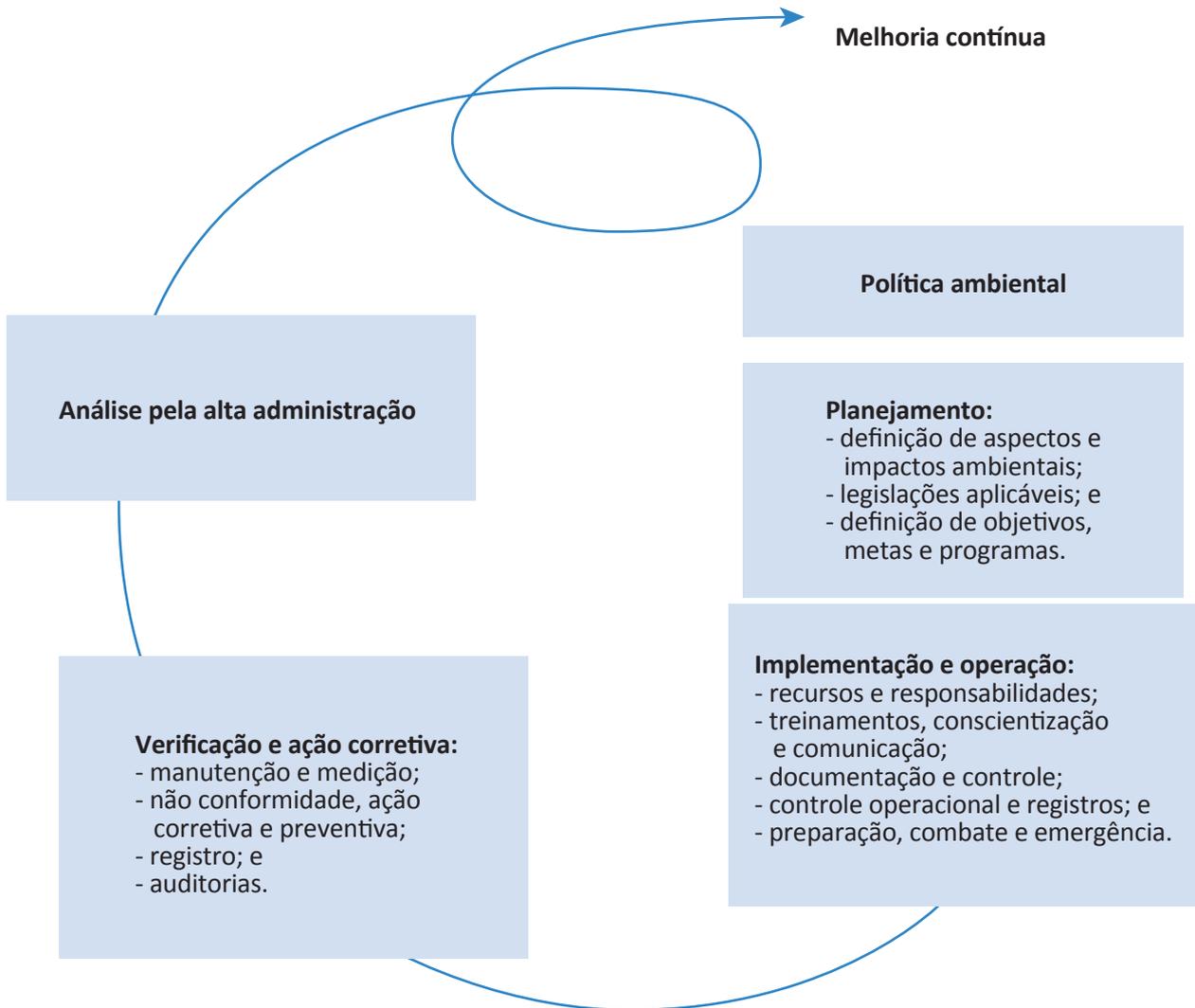


Figura 1 – Ciclo *Plan, do, check e act* — PDCA (adaptado de CAJAZEIRA, 1998, p. 16).

as áreas e colaboradores, tendo como valor a preservação do meio ambiente. Um bom programa de edu-

Educação ambiental e a NBR ISO 14001/2004

A Educação Ambiental é parte muito importante do processo de implantação e manutenção da certificação NBR ISO 14001/2004. Segundo Abreu (2000), com um programa de educação ambiental muda-se a postura das pessoas por meio da sensibilização e do sentimento de pertencimento e responsabilidade.

No item 4.4.2 (treinamento e conscientização) da NBR ISO 14001/2004 está previsto que todas as pessoas que trabalham na instituição ou para a instituição, em atividades que podem gerar impactos ambientais, devem ser treinadas e estar conscientes dos riscos, e que esses treinamentos devem ser registrados. A empresa precisa definir um procedimento de capacitação por meio do qual as pessoas tomem ciência:

- da importância de atender à política ambiental e aos requisitos do sistema de gestão;
- dos aspectos e impactos ambientais associados às suas atividades e dos benefícios de um bom desempenho ambiental;
- do seu papel para o atendimento aos requisitos do sistema de gestão;
- das consequências do não atendimento aos procedimentos.

O desempenho ambiental depende do engajamento de todos, os quais devem ter a capacitação necessária e, principalmente, a consciência ambiental, o que é trabalhado por meio de programas de educação ambiental e treinamento. É importante que as pessoas façam as coisas não apenas por que alguém as mandou fazer daquela forma, mas por consciência de que daquela maneira estamos preservando o meio ambiente. Os programas

de educação ambiental, pautado nos requisitos da NBR ISO 14001/2004, pode auxiliar nesse processo.

de educação e treinamento devem ir além da simples comunicação da política e do funcionamento do SGA; eles precisam motivar nos colaboradores a sua participação ativa, com ideias e sugestões (SELL, 2006).

Ter um canal de comunicação de fácil acesso a todos é importante para que os funcionários possam registrar as suas observações e dar sugestões, tornando a educação ambiental um processo de duas vias.

Na fase de estruturação e implementação de um SGA é importante um programa de educação ambiental para sensibilizar as pessoas para essa causa, considerando os exemplos da empresa e da própria equipe. Os treinamentos são imprescindíveis para capacitar os funcionários para as diferentes atividades, considerando os riscos ambientais atrelados e a importância de evitar os impactos. Ligada a eles deve estar a educação ambiental, para manter a motivação e a consciência sobre o meio ambiente (SELL, 2006).

A verdadeira educação ambiental não é apenas uma palestra pontual, mas um processo contínuo e permanente, evoluindo em conteúdo e abordagem. O ideal é montar um programa que, além de trabalhar a conscientização, dê suporte para a implantação do SGA. Devem ser utilizadas técnicas e ferramentas diferenciadas para fazer o colaborador perceber a sua responsabilidade nas atividades que desempenha e também como cidadão, extrapolando os muros da empresa. Esse sentimento desperta a motivação para participar, opinar e atuar em iniciativas de preservação (ABREU, 2000).

A norma NBR ISO 14001/2004 está pautada em requisitos, alguns dos quais podem ser aplicados em um programa de educação, conforme o Quadro 2 (adaptado da NBR ISO 14001/2004). Tratam-se dos requisitos de caráter prático, que exigem um entendimento e uma aplicação não apenas documentais, mas também o envolvimento das

Quadro 1 – Levantamento de aspectos e impactos (BACCI *et al.*, 2006).

Atividade	Aspecto	Impacto
Limpeza das instalações administrativas	Consumo de energia elétrica	Consumo de recurso natural
	Consumo de água	Consumo de recurso natural
	Geração de efluentes e resíduos sólidos	Poluição ambiental (água, solo, ar)

peças. Pode haver incompreensão desses requisitos pelos funcionários e comprometimento da eficiência de sua implementação, portanto, eles são passíveis de serem trabalhados em um programa de educação ambiental.

Para a implantação de um SGA e sua certificação na norma NBR ISO 14001/2004 deve haver uma mudança cultural, que vá além dos elementos tangíveis (instalações, processos e produtos) e intangíveis (comportamentos, atitudes e

conhecimentos) nos diferentes níveis hierárquicos da empresa. Hábitos e costumes inerentes a cada cidadão, que podem causar impactos devem ser combatidos, e os positivos precisam ser assimilados pela organização (DIAS, 2011). Para isso existe uma ferramenta que auxilia no conhecimento do estilo de vida de cada pessoa: a pegada ecológica (PE). O objetivo do conhecimento sobre ela é identificar qual atividade ou segmento está causando maior impacto e, a partir disso, buscar o consumo consciente.

Pegada ecológica

A PE é o rastro deixado no planeta, seja pelo consumo de recursos naturais, seja pela geração de resíduos (líquidos, sólidos e gasosos).

Segundo González e Rincón (2012), os recursos naturais da Terra são finitos, e não é possível crescer inde-

finitivamente e sustentar esse incremento. Para medir a sustentabilidade, foram estabelecidos indicadores como a pegada hídrica, que calcula a quantidade de água inclusa nos bens e serviços; o Índice de Planeta Vivo (IPV), que mede o estado da biodiversidade no

Quadro 2 – Requisitos da norma NBR ISO 14001/2004 que podem ser trabalhados em um programa de educação ambiental.

Requisitos da norma	Descrição	Requisito aplicável à educação ambiental
4.1	Requisitos gerais	
4.2	Política ambiental	X
4.3	Planejamento	
4.3.1	Aspectos ambientais	X
4.3.2	Requisitos legais e outros	X
4.3.3	Objetivos, metas e programas	X
4.4	Implementação e operação	
4.4.1	Estrutura e responsabilidades	
4.4.2	Competência, treinamento e conscientização	X
4.4.3	Comunicação	X
4.4.4	Documentação	
4.4.5	Controle de documentos	
4.4.6	Controle operacional	X
4.4.7	Preparação e resposta à emergência	X
4.5	Verificação	
4.5.1	Monitoramento e medição	X
4.5.2	Avaliação do atendimento a requisitos legais	
4.5.3	Não conformidade, ação corretiva e preventiva	X
4.5.4	Controle de registros	
4.5.5	Auditoria interna	
4.6	Análise pela administração	

mundo por meio de estimativa da população de vertebrados marinhos; e a PE, focada na medição da pressão humana sobre o meio ambiente em termos de área de terra necessária para manter as atividades produtivas e de consumo, entre outras.

A PE foi criada em 1996, por Mathis Wackernagel e William Rees, os quais definiram que esse indicador estabelece o impacto dos indivíduos, processos, atividades ou região sobre as áreas de terra produtiva necessárias para produzir recursos e assimilar os resíduos gerados (PEREIRA, 2008). Para o cálculo, são considerados alimentação, habitação, transporte, bens de consumo e serviços. As áreas levadas em conta são as produtivas — excluindo desertos, geleiras permanentes e florestas protegidas —, as urbanizadas e as utilizadas para absorção de CO₂ e para disposição de resíduos (WACKERNAGEL & REES *apud* GONZÁLEZ & RINCÓN, 2012). O indicador é expresso em hectares globais, resultado do cálculo da área produtiva mandatória para satisfazer a necessidade do indivíduo, da população, cidade, região ou país (AMARAL *et al.*, 2012).

González e Rincón (2012) descrevem os métodos de cálculo da PE salientando que um não substitui o outro; eles são complementares e a escolha de algum depende da precisão considerada para o cálculo. São eles:

- método composto: primeiro calcula-se o consumo, que se dá pela produção *menos* exportação *mais* importação. Então, divide-se o consumo pela população para saber a média *per capita*. Depois, calcula-se a área *per capita* para a produção de cada item, dividindo o consumo médio de cada item (t/pessoa) pelo rendimento anual por hectare (t/ha). Assim, calcula-se a PE total *per capita*, somando as áreas apropriadas para cada bem e serviço. A PE total será o total *per capita* multiplicado pelo tamanho da população. Para avaliar se a pegada está equilibrada ou não, deve-se calcular a capacidade de suporte (CS), que contabiliza quanto recurso se pode fornecer e quanto resíduo se pode absorver do local. Para isso, somam-se todas as áreas de terra produtiva onde reside a população de estudo e divide-se pelo número de habitantes. Esse resultado (CS) pode ser comparado com a PE a fim de verificar se existe equilíbrio ecológico, uma vez que a CS deve ser igual ou maior que a PE, ou seja, para a população ser categorizada como autossuficiente e sustentável. Quando a CS é menor que a PE, esta

população não é considerada autossuficiente, dependendo de outras áreas para se sustentar, o que pode levar ao colapso ambiental;

- método de componente de base: analisa impactos locais, de estilos de vida diferentes, sem considerar unidades mais agregadas, como países. Utiliza dados primários, e não dados estatísticos nacionais. Considera as mesmas áreas de terra, e a forma de cálculo da PE total é igual ao método composto;
- método da análise de *input-output*: baseia-se na análise de insumo-produto e permite considerar as necessidades das indústrias.

A PE pode ser aplicada a diferentes escalas, seja individual, seja regional, familiar, nacional ou mundial, devendo apenas adequar os dados (BELLEN & ANDRADE, 2012). Na última década, ela começou a ser implantada em nível de empresa, dando origem ao conceito de PE corporativa (SOARES, 2013).

Maduro-Abreu *et al.* (2009) destacam que a PE tem algumas limitações, pois se concentra na dimensão ecológica e não considera as dimensões econômica e social. Em seu estudo, os autores verificaram o grau de relação do indicador com outras variáveis socioeconômicas, destacando-se a renda *per capita*, que representou 74% da variação. Quanto maior a renda, maior o consumo; por outro lado, quanto maior a pobreza, menor o consumo e, conseqüentemente, menor a PE.

É importante ressaltar que nos estudos de Silva *et al.* (2015) visualiza-se uma perspectiva de análise global da pressão humana sobre o planeta quando se aliam as pegadas hídricas e de carbono à PE, constituindo-se, assim, a pegada ambiental.

Diante dessa revisão bibliográfica, pode-se resgatar um pouco da história da educação ambiental, conhecer mais sobre a educação ambiental nas corporações e sua interação como ferramenta facilitadora, para a implementação do SGA e da certificação NBR ISO 14001, assim como conceituar e entender o cálculo da PE como indicador e instrumento de subsídio para a sensibilização ambiental. Tendo em vista os objetivos deste trabalho e as reflexões do levantamento bibliográfico, descrevem-se a seguir as metodologias utilizadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Thiollent (2004) define a metodologia como um conjunto de técnicas utilizadas para captar e processar dados a fim de resolver problemas e práticas de investigação. A metodologia mais adequada depende dos objetivos do estudo.

No caso do presente trabalho, as metodologias utilizadas: levantamento bibliográfico, estudo de caso do programa de educação ambiental e levantamento com aplicação de questionário para a identificação da PE dos colaboradores da empresa Hercosul Alimentos Ltda.

Prodanov & Freitas (2013) conceituam o levantamento bibliográfico como uma revisão de fontes teóricas atuais (artigos, livros e teses) sobre o tema que embasa o trabalho e que traz os conceitos abordados na pesquisa. Ao mesmo tempo, o estudo de caso investiga um fenômeno atual em seu contexto, tendo uma série de variáveis de interesse e podendo incluir casos únicos ou múltiplos. É utilizado em várias áreas para contribuir com o conhecimento dos eventos sociais, políticos e organizacionais, entre outros (YIN, 2014).

Metring (2009) conceitua levantamento como uma investigação direta da população cujo comportamento se deseja conhecer. Na empresa, o levantamento para identificar a PE dos colaboradores foi desenvolvi-

Fases

Prodanov & Freitas (2013) definem a pesquisa exploratória como quantitativa, com levantamento bibliográfico e documental (análise de fontes secundárias de dados); a descritiva como de cunho qualitativo, que abrange o levantamento com aplicação de questionário, entrevista e formulário, além de experimento e *ex-pos-exposfacto* (conhecer comportamento, interrogação direta); e a explicativa englobando estudo de campo e estudo de caso.

Este trabalho foi desenvolvido em quatro fases — exploratória, explicativa, descritiva e avaliação dos resultados —, conforme a seguir:

1. exploratória: inicialmente foram feitas leituras de artigos e livros pertinentes ao tema para embasar o trabalho. Posteriormente, realizou-se um diagnóstico na Hercosul Alimentos contemplando a análise

do aplicando o questionário da Revista Exame (2012), disponível eletronicamente, de duas formas e em duas campanhas. A primeira foi por meio do envio de um e-mail (endomarketing) com link para a pesquisa, disponibilização do link na tela do computador, divulgação nos murais e liberação de um computador na sala de descanso para os funcionários que não tinham acesso no seu posto de trabalho. A segunda campanha foi realizada prorrogando a pesquisa pelo computador e disponibilizando o questionário impresso junto ao ponto eletrônico onde os funcionários registram a entrada e a saída da empresa. Houve abordagem pelos integrantes do Comitê de Meio Ambiente na entrada ou na saída dos colaboradores, entregando o questionário e explicando sobre a pesquisa.

A primeira campanha resultou em 28 respondentes, dos quais 24 trabalham com computador e apenas 4 não têm acesso ao equipamento. Na segunda campanha, totalizaram-se 48 respostas, sendo 15 pelo computador e 33 em formulários impressos. Gonzalez (2009) previa a necessidade de testar o instrumento de coleta de dados para verificar a sua aderência. Considerando que a empresa tem cerca de 340 funcionários, trabalhou-se com um total de 300 colaboradores, uma vez que o grupo de motoristas e ajudantes não foi incluído. Desses, 76 responderam à pesquisa, ou seja, 25%.

das documentações existentes (licenças ambientais, planilhas de controles de resíduos, efluentes e materiais de treinamentos existentes na área de meio ambiente) para identificar o que a empresa já possui de estrutura e práticas ambientais;

2. explicativa: estudo de caso do Hercológico, programa de educação ambiental da Hercosul Alimentos por meio de acompanhamento do programa e seus projetos;
3. descritiva: levantamento com aplicação de questionário para conhecimento da PE dos colaboradores da Hercosul Alimentos;
4. avaliação dos resultados: foi realizada qualitativamente, avaliando o atendimento dos itens da NBR ISO 14001/2004 aplicáveis à educação ambiental no Pro-

grama Hercológico e dos resultados do questionário da PE dos colaboradores respondentes da pesquisa.

A combinação dessas metodologias propiciou desenvolver um trabalho que permitisse boa análise da edu-

cação ambiental na empresa, com exemplo prático, e sua contribuição para o SGA e a certificação pela NBR ISO 14001/2004, assim como aplicar uma ferramenta prática que avalia o impacto individual do cidadão no meio ambiente, a PE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Hercosul Alimentos

A Hercosul Alimentos é uma empresa de *pet food* localizada na cidade de Ivoti, no Rio Grande do Sul, na qual são produzidos alimentos extrusados para cães e gatos. Nasceu em 2001, com o lançamento das marcas *Three Dogs* e *Three Cats*. Desde então vem lançando produtos inovadores e marcas consagradas por sua performance, segurança e qualida-

de, tais como: Adore, Primocão, Primogato, Apolo e Átila. Atualmente, os produtos Hercosul podem ser encontrados nos continentes americano e africano. A organização tem cerca de 340 funcionários em sua matriz e possui uma filial em Vacaria, também no Rio Grande do Sul, onde são produzidos patês e sachês para cães e gatos.

Programa Hercológico-Pets são a nossa vida, meio ambiente nosso compromisso

No ano de 2014, a área de meio ambiente da Hercosul Alimentos implantou o Comitê de Meio Ambiente com o intuito de trabalhar a educação ambiental visando à implantação da NBR ISO 14001/2004. Seus integrantes são representantes indicados por lideranças de cada área: Qualidade, Meio Ambiente, Laboratório, Expedição, Produção, Pesquisa e Desenvolvimento, Contábil-Fiscal, Suprimentos, Recursos Humanos, Segurança, Marketing e Manutenção. O comitê se reúne uma vez por mês, ou quando necessário, para elaborar as atividades, e seu objetivo é implantar e manter um programa de educação ambiental para os colaboradores da empresa.

A fim de estimular o engajamento dos funcionários, o comitê definiu que o nome do projeto seria criado por meio de um concurso. Abreu (2000) já previa que, para o sucesso de um programa de educação ambiental, é importante sensibilizar os colaboradores e despertar neles o sentimento de pertencimento e responsabilidade. O concurso teve premiação ecológica, ou seja, o segundo e o terceiro colocados ganharam brindes reciclados (sacola, caneca, caneta e caderno) e o vencedor recebeu ingressos para o Gramado Zoo, zoológico de espécies brasileiras. O nome escolhido foi Programa Hercológico.

No concurso, embora não fosse o objetivo, também surgiram alguns *slogans*. O comitê valorizou a iniciativa e premiou o autor de “Pets são a nossa vida, meio am-

biente nosso compromisso”. A partir desse momento, o Programa Hercológico ganhou uma marca e começou a ser divulgado. Além disso, os integrantes do comitê definiram os projetos que seriam trabalhados e fariam parte do programa, conforme a seguir:

- Educação para o meio ambiente: trabalha a educação para a preservação do meio ambiente. Foi realizada capacitação básica para todos os colaboradores, com conceitos e a estrutura de meio ambiente na empresa, abordando gestão dos resíduos, efluentes líquidos, gasosos, consumo de água e energia, entre outros, enfatizando o papel de cada um e, com abordagem mais ampla, referenciando as questões da sociedade. Também fazem parte do projeto diálogos semanais sobre o meio ambiente, que acontecem juntamente aos de segurança. Diferentemente dos treinamentos, que visam orientar sobre um assunto ou atividade, as capacitações abordam os temas de forma mais ampla, considerando o colaborador da empresa um cidadão, como defendem Kitzmann & Asmus (2002). Foram considerados ainda a localização geográfica, o contexto histórico-cultural e a diversidade social, profissional e econômica dos funcionários, de acordo com Giesta (2013);
- Datas verdes: o projeto foca as seguintes datas comemorativas: Dia da Água, Semana da Qualidade e Meio Ambiente e Dia da Árvore. Em 2014 foi reali-

zada a 1ª Semana da Qualidade e Meio Ambiente, com palestras, concurso de redação para os filhos, cruzadinha com sorteio de bicicleta, plantio de uma árvore no estacionamento (por setor) e distribuição de mudas de tempero. Já em 21 de setembro, Dia da Árvore, foi retomada a ação de plantio no estacionamento, com limpeza e adubação, fotos e medição para montar um *book* de acompanhamento. Além disso, foram distribuídos cartões-semente com mensagem sobre o uso de papel reciclado e a preservação das florestas. O objetivo é que as atividades não sejam apenas pontuais, mas se configurem em educação ambiental, ou seja, tenham encadeamento e resultem na evolução dos assuntos. Elas estão sendo desenvolvidas de forma a estarem interligadas e serem acompanhadas, a exemplo do plantio das árvores. Segundo Abreu (2000), a educação ambiental deve ser conduzida de forma a

apresentar uma sequência, evoluindo nas informações e nas metodologias;

- Consumo consciente: este foi o terceiro projeto implantado e visa despertar os colaboradores para a redução do uso de recursos naturais. Iniciou-se com a colocação de adesivos sobre consumo consciente de água, papéis toalha, impressão e energia por toda a empresa. Uma série de diálogos semanais aborda o tema.

Cada projeto tem um coordenador, responsável por seu andamento. Com base nas necessidades identificadas em 2014, foi elaborado no ano seguinte um plano de trabalho para cada uma das propostas. Além disso, para o bom andamento do programa, criou-se um regulamento para o Comitê de Meio Ambiente.

NBR ISO 14001/2004 no programa de educação ambiental

Um programa de educação ambiental pode ser um instrumento de auxílio na preparação da empresa para a certificação de seu SGA na NBR ISO 14001/2004. Como esse é um dos objetivos do Programa Herculógico, elaborou-se o Quadro 3 avaliando os itens possíveis de serem trabalhados, como esses estão atendidos e como podem ser melhorados.

Dos dez itens possíveis de serem abordados, o Herculógico atende a sete. No período de um ano, o comitê conseguiu estruturar um programa diversificado, que embasasse o SGA e preparasse para a certificação na NBR ISO 14001/2004. Alguns itens precisam ser incluídos e outros, aprofundados, de acordo com os requisitos da norma. Cajazeira (1998) defende que a primeira ação para a implantação de um SGA deve ser o levantamento de aspectos e impactos, que dará embasamento para os demais itens; no caso do presente trabalho, esse levantamento aparece em quatro itens.

Análise da pegada ecológica do grupo de estudo

O teste da PE foi disponibilizado para todos os funcionários que trabalham diariamente na unidade ou têm acesso a e-mails (vendedores), de duas formas e em duas campanhas, conforme descrito na metodologia, exceto para os motoristas e ajudantes, por não trabalharem dentro da unidade e não utilizarem computadores. Utilizou-se a versão da Revista Exame (2012), disponível

Para aperfeiçoar o Herculógico, é necessário trabalhar a questão ambiental como um valor para a organização em todos os níveis hierárquicos. Donaire (2007) ressalta que isso depende das ações da alta administração e das gerências. Também é necessário melhorar a distribuição das atividades e a divulgação, mantendo o programa sempre ativo e presente no dia a dia dos colaboradores. Percebeu-se que há foco concentrado em datas comemorativas, no entanto, alguns programas não estão bem sistematizados, como os diálogos, as capacitações e a abrangência, uma vez que se acaba não atingindo todos os funcionários. Trabalhando esses pontos, os resultados podem ser ainda melhores.

Como contribuição ao Herculógico, trabalhou-se o Consumo consciente, mais recente projeto implantado na empresa, com a aplicação do teste da PE nos colaboradores, identificando e propondo ações de melhoria.

eletronicamente e que se enquadra na metodologia do Método de Componentes de Base descrito por González & Rincón (2012). O teste traz o resultado em hectares globais, dividido em categorias por faixas e cores:

- Até 1,95 hectare — cor verde: dentro do ideal, pratica plenamente o consumo consciente;

- Entre 1,96 e 3,99 hectares — cor amarela: consumo moderado, pode melhorar;
- Acima de 4,00 hectares — cor vermelha: precisa repensar o estilo de vida e reduzir a pegada.

Quadro 3 – Requisitos da NBR ISO 14001/2004 aplicáveis à educação ambiental no Programa Hercológico.

Item da NBR ISO 14001/2004	Como está sendo atendido	Como podem melhorar
4.2 Política ambiental	Não está	Definir a política ambiental da empresa para nortear o programa e o Sistema de Gestão Ambiental
4.3.1 Aspectos ambientais	Por meio de treinamentos mostrando os aspectos e impactos ambientais macros; dos Diálogos semanais de saúde, segurança e meio ambiente e nas diversas atividades dos demais projetos. São abordados consumo de energia e de água, geração de resíduos e emissões atmosféricas, odoríferas e sonoras, entre outros	Fazer levantamento por setor dos aspectos e impactos de acordo com Bacci <i>et al.</i> (2006) e propor ações direcionadas
4.3.2 Requisitos legais e outros	Abordado nas capacitações	Realizar levantamento dos requisitos legais por setor e propor ações direcionadas
4.3.3 Objetivos, metas e programas	Estruturado para dois aspectos ambientais: geração de efluentes e geração de resíduos. Trabalhados por meio dos treinamentos, nos quais são apresentados os programas de coleta seletiva, gerenciamento de efluentes e emissões, indicadores e metas	Ampliar, baseando-se no levantamento de aspectos e impactos ambientais e selecionando os mais críticos
4.4.2 Competência, treinamento e conscientização	Pelos projetos Educação para meio ambiente, Datas verdes e Consumo consciente	Fazer matriz de treinamentos por função com base nos aspectos e impactos
4.4.3 Comunicação	Nas atividades do programa, por meio de e-mail, mural, Diálogos semanais de saúde, segurança e meio ambiente, capacitações, cartazes, intervenções lúdicas e reuniões de comunicação	Definir procedimento de comunicação
4.4.6 Controle operacional	Nos treinamentos e Diálogos semanais de saúde, segurança e meio ambiente são abordadas questões sobre controle de efluentes, resíduos e emissões	Levantar aspectos e impactos e definir matriz de treinamentos por função
4.4.7 Preparação e resposta à emergência	Não está	Elaborar procedimento, capacitar e fazer simulados
4.5.1 Monitoramento e medição	Por procedimentos e treinamentos, pelas verificações de conformidade ambiental realizadas pelo comitê	
4.5.3 Não conformidade, ação corretiva e preventiva	Não está	Estruturar e capacitar

Analisando as metodologias eletrônica *versus* formulário impresso com abordagem pessoal, percebeu-se aumento considerável da participação das pessoas que não têm acesso ao computador na empresa (trabalhadores da produção, manutenção e expedição) com a segunda campanha. Embora os formulários estivessem ao lado do ponto, disponíveis para qualquer pessoa, principalmente as que não têm acesso ao computador, foram utilizados mais intensamente após a abordagem pessoal. Observou-se ainda que, para obter mais participação do público operacional nessa empresa, foi necessário facilitar a pesquisa com os impressos, que podiam ser levados para serem respondidos em casa, colocados ao lado do ponto, onde os colaboradores passam todos os dias, e com abordagem pessoal, explicando sobre a pesquisa e enfatizando a sua importância.

Na metodologia eletrônica oferecida às pessoas que têm acesso ao computador na empresa, também se

obteve pequena quantidade de respostas no início, as quais aumentaram somente quando foi solicitado aos integrantes do comitê que abordassem seus colegas e falassem sobre a importância da pesquisa.

Dos 76 formulários respondidos, e após sua caracterização conforme a metodologia desenvolvida, 3 encontram-se na categoria verde (ideal), 3 na categoria vermelha (precisa repensar o estilo de vida) e 70 na categoria amarela (moderado, mas pode melhorar). Então, separaram-se os resultados em grupos por setor, calculou-se a média da PE em cada um deles (Figura 2) e realizou-se uma análise crítica desse resultado com base em observações feitas durante a vivência no projeto. A seguir, destacam-se os resultados:

- Comercial (Administrativo e vendedores): setor com a maior média de PE e com 20 respondentes. Neste grupo ocorre o uso de veículo para o trabalho, com o qual são percorridos vários quilômetros por dia.

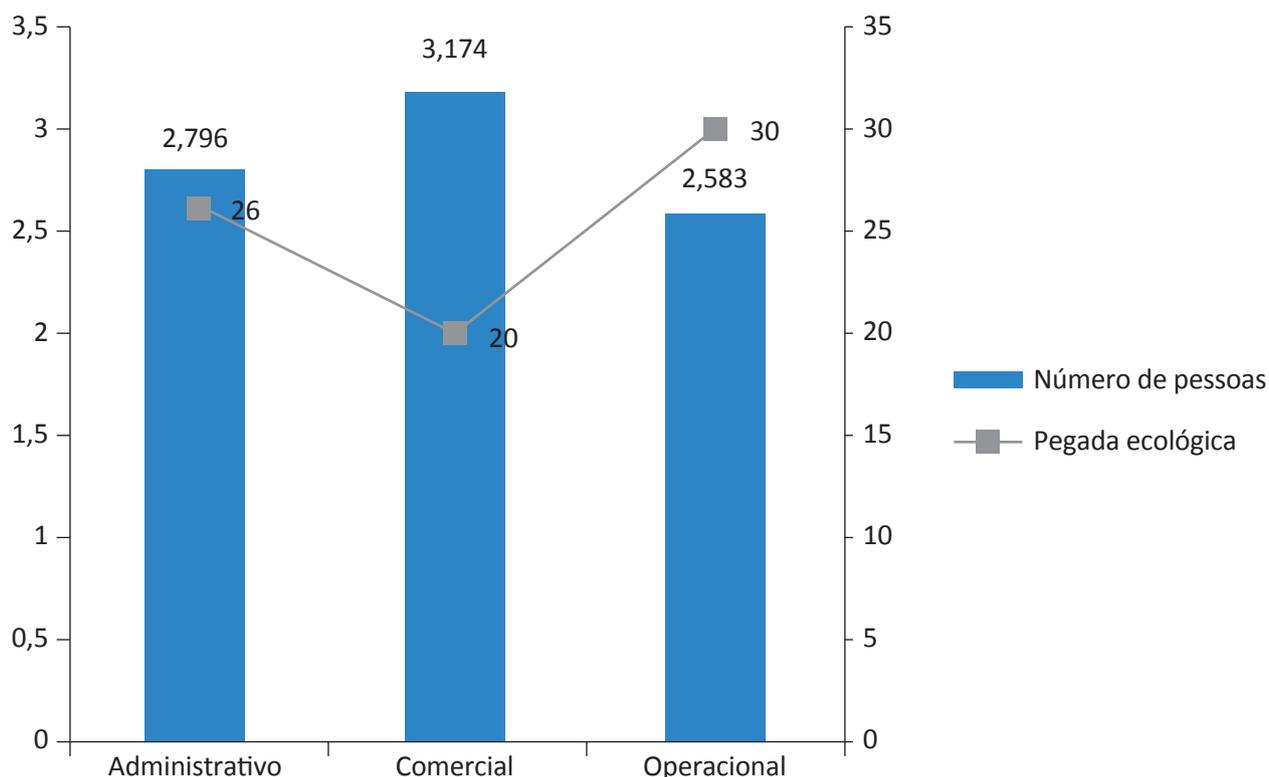


Figura 2 – Média da pegada ecológica por setor da empresa.

O maior poder aquisitivo destes colaboradores também possibilita outros consumos;

- Administrativo (Expedição, Manutenção, Qualidade, Segurança, Meio ambiente, Contabilidade e Suprimentos): registrou a segunda maior média, com 26 respondentes. Nele, foram constatados maior grau de instrução, maior poder aquisitivo — o que possibilita o uso de carro para trabalhar —, maior consumo de carne e realização de viagens. Grande parte dos trabalhadores deste setor reside em apartamento e, conseqüentemente, não faz compostagem;
- Operacional (Produção, Manutenção e Expedição): menor média de PE, considerando 30 respondentes. Os funcionários deste grupo têm menor grau de instrução e menor poder aquisitivo. Eles se deslocam ao trabalho de bicicleta, a pé ou de transpor-

te público, sendo que grande parte mora perto da empresa. São de cultura alemã, cultivam pomar e horta e fazem compostagem.

É importante salientar que as justificativas consideram uma avaliação do setor na média, podendo haver exceções. Observa-se forte relação dos aspectos socioeconômicos com os resultados, destacando-se o poder aquisitivo, corroborando o que Maduro-Abreu *et al.* (2009) encontraram em sua pesquisa, na qual 74% do indicador dependiam da renda, ou seja, a pessoa com baixa renda tinha baixo consumo e baixa PE, enquanto a pessoa com alta renda tinha maior consumo e, conseqüentemente, maior PE. Nos resultados, além do aspecto econômico, destaca-se o aspecto cultural, com influência nos hábitos de consumo, na prática de plantio de horta e pomares e na realização de compostagem.

CONCLUSÕES

A educação ambiental, alinhada a um bom SGA, pode ser uma excelente ferramenta para facilitar a certificação na NBR ISO 14001/2004, precedendo e permeando o sistema. Se conduzida de forma constante, interligada e progressiva, tornando-se um valor para a organização, se manterá ativa e contribuirá para a melhoria contínua do SGA.

Outros dois objetivos foram analisar o estudo de caso do Programa Hercológico e comparar a sua estrutura com os requisitos sugeridos pela NBR ISO 14001/2004 para a certificação do SGA. No estudo de caso, constatou-se a possibilidade de utilizar como referência os requisitos da NBR ISO 14001/2004 para montar um programa de educação ambiental empresarial que vá além dos treinamentos, contribuindo para a formação da consciência ecológica dos colaboradores. O Hercológico atendeu a sete dos dez itens possíveis de serem trabalhados num programa de educação ambiental. Ele pode ser aprimorado com a redistribuição das atividades e a divulgação e sistematização de algumas ações, de modo a melhorar sua abrangência e mantê-lo sempre ativo e presente no dia a dia dos colaboradores. Destacam-se a criação de um comitê e a descentralização da questão ambiental, o que mobilizou mais as pessoas e ajudou na questão do “pertencimento”, facilitando a sua implantação.

Já a pesquisa da PE dos colaboradores da Hercosul, quarto objetivo deste trabalho, resultou em informa-

ções de acordo com a realidade e o contexto histórico, cultural, econômico e geográfico dos funcionários, o que possibilitou o desenvolvimento de novas atividades e o avanço do Projeto Consumo Consciente. Com os resultados obtidos pode-se trabalhar dicas de consumo consciente nos quesitos mais impactantes por meio de murais, cartazes e painel itinerante; remodelar o formato dos diálogos semanais para uma metodologia mais dinâmica, abrangendo todos os setores e turnos; fazer uma campanha para substituir copos descartáveis por canecas individuais; abordar o tema na semana do meio ambiente, com palestra, oficina de material reciclado, parceria com o Serviço Social da Indústria (SESI), com alimentação saudável e aproveitamento integral de frutas e verduras, entre outras iniciativas. Vale destacar que os resultados da PE ressaltaram a renda como influência direta na PE, mas que deve ser ponderada com outros aspectos — social, cultural, político e institucional — para ser utilizada como indicador de sustentabilidade, de acordo com Sachs (2000).

Este trabalho pôde ser desenvolvido com riqueza de informações pela acessibilidade da empresa pela pesquisadora e por esta ser pesquisadora-participante. Observou-se pequena dificuldade na adesão ao teste da PE, que foi superada com a alteração da metodologia, na qual destacou-se a abordagem pessoal como

facilitador do processo. Os meios eletrônicos, as redes sociais, entre outros, contribuem para a divulgação das informações, mas a sensibilização e a mobilização exigem contato verbal. Outra dificuldade encontrada foi a falta de publicações referentes à educação ambiental em ambiente empresarial, o que aponta que essa ainda é pouco desenvolvida nesse âmbito, sendo mais relacionada com atividades para crianças.

O presente artigo pode contribuir para a educação ambiental empresarial e servir como base de consulta para empresas que desejam implantar um SGA baseado na NBR ISO 14001/2004. Recomenda-se fazer o levantamento de aspectos e impactos ambientais e das legislações pertinentes para aperfeiçoar a gestão ambiental da empresa, bem como realizar a PE corporativa para subsidiar essa educação e os objetivos, metas e programas da organização em busca da melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D. *Sem ela, nada feito!*: Educação Ambiental e a ISO 14001. Salvador: Casa da Qualidade, 2000.
- AMARAL, R.; HERAS, D. B.; LEME, P. C. S.; MALHEIROS, T. F. Aplicabilidade da Pegada Ecológica em contextos universitários. In: PHILIPPI JR., T. F. (Coord.). *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*. Barueri: Manole, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental — Requisitos com orientação para uso*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BACCI, D.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 59, n. 1, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672006000100007&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- BARBIERI, J. C. *Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.
- BELLEN, H. M.; ANDRADE, B. B. Método da Pegada Ecológica na avaliação da gestão do desenvolvimento territorial. In: PHILIPPI JR., T. F. (Coord.). *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*. Barueri: Manole, 2012.
- BRASIL. Lei n.º 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a EA, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. *Diário Oficial*, Brasília, 28 abr. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 10 maio 2014.
- CAJAZEIRA, J. E. R. *ISO 14001: Manual de Implantação*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.
- CATTANI, A. D. (Org). *Trabalho e tecnologia: dicionário crítico*. Porto Alegre: Vozes, 1997.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Agenda 21, capítulo 36: Promoção do Ensino, da Conscientização e do Treinamento*. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 maio 2014.
- DIAS, G. F. *Educação e Gestão Ambiental*. São Paulo: Gaia, 2006.
- DIAS, R. *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- DONAIRE, D. *Gestão Ambiental na Empresa*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- DRAGANOV, P. B.; FRIEDLÄNDER, M. R.; SANNA, M. C. Andragogia na Saúde: estudo bibliométrico. *Escola Anna Nery*, v. 15, n. 1, p. 149-156, 2011. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br>>. Acesso em: 26 mar. 2017.
- GADOTTI, M. *Por uma Política Nacional de Educação Popular de Jovens e Adultos*. São Paulo: Moderna, 2014.

GUESTA, L. C. Educação ambiental e gestão ambiental no ativo Mossoró da Unidade RN/CE da Petrobrás. *Revista Eletrônica de Administração*, Porto Alegre, n. 2, p. 453-484, 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

GONZALEZ, L. A. S. (Coord.). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GONZÁLEZ, L. V. A.; RINCÓN, M. A. Indicador da Pegada Ecológica: aspectos teóricos e conceituais no âmbito de universidades. In: PHILIPPI JR., F. (Coord.). *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*. Barueri: Manole, 2012.

KITZMANN, D. I. S.; ASMUS, M. L. Do treinamento à capacitação: a inserção da educação ambiental no setor produtivo. In: RUSCHEINSKY, A. (Org.). *Educação ambiental: abordagens múltiplas*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LEWANDOWSKA, A.; MATUSZAK-FLEJSZMAN, A. Eco-design as a normative element of Environmental Management Systems — the context of the revised ISO 14001:2015. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, n. 11, p. 1794-1798, 2014.

MADURO-ABREU, A.; NASCIMENTO, D. T.; MACHADO, L. O. R.; COSTA, H. A. Os limites da pegada ecológica. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, n. 19, p. 73-87, 2009. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/made/article/view/12847/10886>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

MANIGLIA, E. *Sustentabilidade e Saúde do Trabalhador*. São Paulo: UNESP, 2012. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000112012000100039&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 mar. 2015.

METRING, R. A. *Pesquisas científicas: planejamento para iniciantes*. Curitiba: Juruá Editora, 2009.

PELICIONI, A. F. Movimento Ambientalista e Educação Ambiental. In: PHILIPPI JR., F. (Coord.). *Educação Ambiental e Sustentabilidade*. 2. ed. Barueri: Manole, 2014.

PEREIRA, L. G. *Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise energética para diagnóstico da sustentabilidade de países: o Brasil como estudo de caso*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2008. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/Tese-LucasPereira.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

PEREIRA, N. A. Desenvolvimento Sustentável. *Revista Jurídica do Uniaraxá*, 2003. Disponível em: <<http://www.uniaraxa.edu.br/ojs/index.php/juridica/article/view/175/164>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

PHILIPPI JR., A.; PELICIONI, M. C. F. Bases Políticas, Conceituais, Filosóficas e Ideológicas de Educação Ambiental. In: PHILIPPI JR., A. (Coord.). *Educação Ambiental e Sustentabilidade*. 2. ed. Barueri: Manole, 2014.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2015.

REVISTA EXAME.COM. *Calculadora da Pegada Ecológica*. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. Disponível em: <<http://www.suapegadaecologica.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

SACHS, I. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SAITO, C. H. Política nacional de educação ambiental e construção da cidadania: desafios contemporâneos. In: RUSCHEINSKY, A. (Org.). *Educação Ambiental: abordagens múltiplas*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SELL, I. *Guia de implementação e operação de sistemas de gestão ambiental*. Blumenau: Edifurb, 2006.

SEIFFERT, M. E. B. *Sistemas de gestão ambiental (ISO 14001) e saúde e segurança ocupacional (OHSAS 18001): vantagens da implantação integrada*. São Paulo: Atlas, 2010.

SILVA, V. D. P. R.; ALEIXO, D. D. O.; ALMEIDA, R. S. R.; CAMPOS, J. H. B. D. C.; ARAÚJO, L. E. D. Modelo integrado das pegadas hídrica, ecológica e de carbono para o monitoramento da pressão humana sobre o planeta. *Ambiência*, Guarapuava, v. 11, n. 3, p. 639-649, set./dez. 2015.

SOARES, L. *Pegada Ecológica Corporativa: Discussão Metodológica e Aplicação à STEF*. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Portugal, 2013. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/faup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=25286>. Acesso em: 26 mar. 2017.

THIOLLENT, M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

TOZZONI-REIS, M. F. C. *Educação Ambiental: natureza, razão e história*. 2. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

VILELA JUNIOR, A.; DEMAJOROVIC, J. (Orgs.). *Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental: desafios e perspectivas para as organizações*. 2. ed. São Paulo: Editora SENAC, 2006.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS EM UNIDADES DE SAÚDE EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

WASTE MANAGEMENT IN HEALTH UNITS IN MUNICIPALITIES IN THE STATE OF GOIAS, BRAZIL

Poliana Nascimento Arruda

Doutoranda em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiás (GO), Brasil.

Aline Souza Carvalho Lima

Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela UFG – Goiás (GO), Brasil.

Karla Alcione da Silva Cruvinel

Professora assistente na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG – Goiás (GO), Brasil.

Paulo Sérgio Scalize

Professor associado na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG – Goiás (GO), Brasil.

Endereço para correspondência:

Paulo Sérgio Scalize –
Avenida Universitária, 1.488 –
Setor Universitário – 74605-220 –
Goiânia (GO), Brasil –
E-mail: pscalize.ufg@gmail.com

Recebido: 29/07/2015

Aceito: 21/03/2017

RESUMO

A presente pesquisa objetivou analisar o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS) em unidades de saúde públicas municipais em 17 municípios do estado de Goiás. Foram aplicados formulários aos gestores dos hospitais e postos de saúde, baseados em normas específicas para RSS. O levantamento das informações ocorreu no período de fevereiro de 2013 a janeiro de 2014, e verificou-se que a incineração é o método de tratamento utilizado total ou parcialmente em 100% dos municípios, sendo que 11% lançam parte de seus resíduos no mesmo local destinado aos resíduos domiciliares. Nota-se que os profissionais envolvidos no processo de gerenciamento dos RSS não possuem conhecimento sobre o mesmo em sua totalidade, refletindo em falhas na segregação e, conseqüentemente, nos custos de tratamento e disposição final, sendo necessária maior atenção do Poder Público e dos gestores para a questão dos RSS, promovendo a saúde dos trabalhadores e a qualidade ambiental do município.

Palavras-chave: resíduos de serviços de saúde; gestão municipal; segregação.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the management of health care waste (HCW) in municipal public health facilities in 17 municipalities in the state of Goiás, Brazil. Forms have been applied to managers of hospitals and clinics based on specific standards for HCW. The survey of information occurred from February 2013 to January 2014, and it was found that incineration is the main method of treatment used in 100% of the municipalities, and 11% disposed part of the waste in the same place of the household waste. It was noticed that professionals involved in the HCW management processes have no knowledge of it at all, reflecting on failure on segregation and, therefore, on the treatment and disposal costs, being necessary higher attention of the public authorities and managers to the issue of HCW, promoting health of workers and the environmental quality of the city.

Keywords: health care waste; municipal management; segregation.

INTRODUÇÃO

A problemática da produção excessiva de resíduos sólidos, causada pelo desenvolvimento econômico e tecnológico, aliada ao crescimento populacional é um dos maiores desafios da atualidade, sendo necessárias ações para o seu gerenciamento correto por meio de técnicas empregadas desde a geração até a disposição final, sendo primordial quando se trata de resíduos perigosos.

No Brasil, entre os anos de 2011 e 2012 houve um aumento de 1,3% na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), contudo, a abrangência de sua coleta também sofreu um crescimento de 1,9%. Porém, em relação à destinação final, 24 milhões de toneladas de RSU ainda são encaminhados para lixões e aterros controlados, não havendo diferença significativa em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2012).

Além dos RSU, os resíduos de serviços de saúde (RSS) merecem significativa atenção devido ao seu potencial de contaminação, apesar de seu volume ser relativamente baixo, representando de 1 a 3% do montante de RSU, e sua má gestão acarreta riscos aos trabalhadores dos estabelecimentos de saúde, à população e ao meio ambiente (ABRELPE, 2012; ROCHA, 2012).

Diante do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) concluiu que dos 5.565 municípios estudados em 2012, 4.282 municípios prestaram, total ou parcialmente, serviços relativos ao manejo dos RSS, levando a um índice médio de 1,5 kg.hab⁻¹ por ano, resultando em um crescimento de 3% no total coletado em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2012). Nota-se que o aumento da geração dos RSS foi superior ao dos RSU devido à crescente abrangência dos serviços de saúde oferecidos à população nesses últimos anos, resultando em serviços mais especializados com simultânea ampliação da oferta de materiais descartáveis no ambiente hospitalar, objetivando a segurança dos pacientes. Sendo assim, o manejo correto é de substancial importância para um ambiente limpo e saudável, colaborando com a segurança dos trabalhadores e do ambiente (PEREIRA, 2012).

Segundo PÉPIN et al. (2014), o descarte incorreto de seringas utilizadas nos serviços de saúde oferece riscos aos profissionais de saúde, da limpeza, além de criar oportunidades de reutilização desses materiais, sendo

essa última prática responsável por cerca de 33.877 novas infecções por HIV, 1,7 milhões de infecções por hepatite B e 315.120 por hepatite C, em 2010. Portanto, o cumprimento de todas as etapas do gerenciamento, a destinação de recursos e o desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento e descarte corretos e seguros dos RSS devem ser parte integrante do sistema de saúde do país.

Devido a importância do manuseio adequado e o potencial crescimento da geração desses resíduos, foram criadas no Brasil legislações para nortear a gestão por meio de ações que visam à segurança e qualidade ambiental. Em 2004, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) implantou a RDC nº 306 (ANVISA, 2004), que estabelece normas e responsabiliza os geradores pela gestão de seus resíduos, desde a coleta até a disposição final, por meio da implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS), além de classificar os resíduos em grupos de acordo com sua natureza em: A (infectantes), B (químicos), C (rejeitos radioativos), D (comuns) e E (perfurocortantes). Em 2005, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) definiu e classificou os RSS como feito anteriormente pela ANVISA, e estabeleceu orientações quanto ao tratamento e a disposição final adequada de acordo com as características de cada classe por meio da Resolução nº 358 (CONAMA, 2005).

Nesse contexto, cada classe de resíduos deve seguir um fluxo de gerenciamento sendo devidamente segregados, acondicionados e armazenados. A deficiência no cumprimento de todas essas etapas propostas pelas legislações pertinentes resulta no aumento de volume de resíduos, bem como no custo de seu tratamento (HOS-SAIN *et al.*, 2011). Estudos realizados em hospitais concluíram que as práticas que caracterizam o manejo adequado também influenciam na redução da ocorrência de acidentes de trabalho dos profissionais de saúde e da limpeza, quando os resíduos são armazenados em locais seguros, sem o risco de contato, favorecendo a saúde ocupacional (SCHNEIDER, 2004; DINIZ *et al.*, 2013).

Deve-se mencionar ainda que os cuidados requeridos pelos RSS precisam ser alcançados por meio de etapas de planejamento que abrangem aspectos referentes à estrutura física das unidades de saúde, à disponibilidade de materiais de trabalho, além de profissionais

capacitados acerca dos RSS, levando em consideração suas características quantitativas e qualitativas norteados pelo PGRSS, que deve ser elaborado e implantado por um responsável técnico (ANVISA, 2004).

Um dos fatores determinantes para a definição do tratamento adequado é a quantidade de resíduos, que pode variar conforme o potencial econômico da região onde está localizada a instituição médica e o nível de desenvolvimento do país, pois o poder de consumo influencia significativamente no montante de resíduos gerados. A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2014) destaca que os dados quantitativos e qualitativos de geração de resíduos são essenciais para fins de planejamento, além de subsidiar a melhoria dos processos dentro das unidades de saúde, conforme pode ser observado em diversas pesquisas em âmbito internacional (DEBERE *et al.*, 2013; SANIDA *et al.*, 2010; ZAZOULI *et al.*, 2015; BAMBARÉN-ALATRISTA & ALATRISTA-GUTIÉRREZ, 2014).

A gestão no ambiente hospitalar também reflete na quantidade e qualidade dos resíduos, e sua deficiência durante a segregação na fonte geradora acarreta o seu aumento devido à mistura de resíduos recicláveis aos resíduos contaminados, inviabilizando a parcela que poderia ser reaproveitada (CHENG *et al.*, 2009). Para isso, deve-se ter uma visão holística da gestão, pois os procedimentos a serem seguidos para o gerenciamento adequado não devem concentrar-se apenas no manejo dos RSS e especificamente nas unidades geradoras, existindo assim uma dinâmica que envolve aspectos financeiros, políticos e educacionais, refletindo na qualidade ambiental do município (DINIZ *et al.*, 2013). No Brasil, apesar das legislações existentes, ainda é necessário discutir sobre o uso e a viabilidade de novas tecnologias para o tratamento e a disposição final, que sejam acessíveis às diversas realidades encontradas no país. Deve-se levar em consideração que para alcançar a conformidade são necessários investimentos de or-

dem financeira e científica, além de capacitação para os envolvidos no processo, visando à proteção dos trabalhadores, bem como a saúde ambiental (SILVA *et al.*, 2011; GARCIA & ZANETTI-RAMOS, 2004).

Outra questão que influi diretamente na gestão é a falta de conhecimento dos profissionais quanto à importância da totalidade das ações do gerenciamento. Em pesquisa realizada com 29 profissionais responsáveis pelos resíduos de diferentes unidades de saúde, Gessner *et al.* (2013) constatou-se que muitos dos entrevistados não souberam responder como era feita a coleta dos RSS na unidade, assim como o adequado tratamento e destinação final para os resíduos das classes A, B e E. Esse fato evidencia a realidade encontrada em várias unidades de saúde, em que há falta de investimentos na área de capacitação e treinamento dos profissionais, necessitando ações para que o gerenciamento dos resíduos seja reconhecido como parte integrante do trabalho a ser realizado.

Nos últimos anos tem crescido a preocupação com os RSS por meio da criação de legislações específicas que subsidiem sua gestão. Porém, em muitas prefeituras, apesar de terem instituído processos de coleta e tratamento nas unidades de saúde dos municípios, a preocupação com o manejo dentro das unidades de saúde ainda é deficitária, necessitando uma maior atenção por parte dos gestores e dos profissionais envolvidos (PEREIRA, 2012).

Diante do exposto, esta pesquisa teve por objetivo realizar um diagnóstico do gerenciamento dos RSS de unidades de saúde públicas municipais em 17 municípios do estado de Goiás. Os dados obtidos podem ser utilizados para subsidiar modelos de gestão adequados nas unidades geradoras, além de contribuir para a composição de banco de dados dos órgãos competentes, a fim de elaborar diretrizes e programas para buscar o manejo correto dos RSS, e favorecer a promoção da saúde da população e a qualidade ambiental dos municípios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se uma pesquisa com abordagem quali-quantitativa e descritiva observacional, que utilizou o emprego de formulários para o levantamento de informações com visitas em campo. Os formulários foram elaborados a fim de abranger os procedimentos gerenciais, operacionais e as características qualitativas e quantitativas dos RSS gerados nas unidades da rede pública

de saúde em 17 municípios do estado de Goiás, e aplicados aos gestores ou responsáveis técnicos pelos resíduos gerados nas unidades visitadas, com o intuito de levantar informações sobre as etapas de segregação, acondicionamento, armazenamento interno e externo, transporte, tratamento e disposição final, baseado na Resolução CONAMA nº 358 (CONAMA, 2005) e na RDC

nº 306 (ANVISA, 2004). Foram abordadas também, perguntas referentes ao conhecimento e treinamento dos funcionários. O formulário utilizado no presente trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Goiás, sendo aprovado conforme o Parecer 391.907/2013, sendo composto de 16 questões, descritas a seguir:

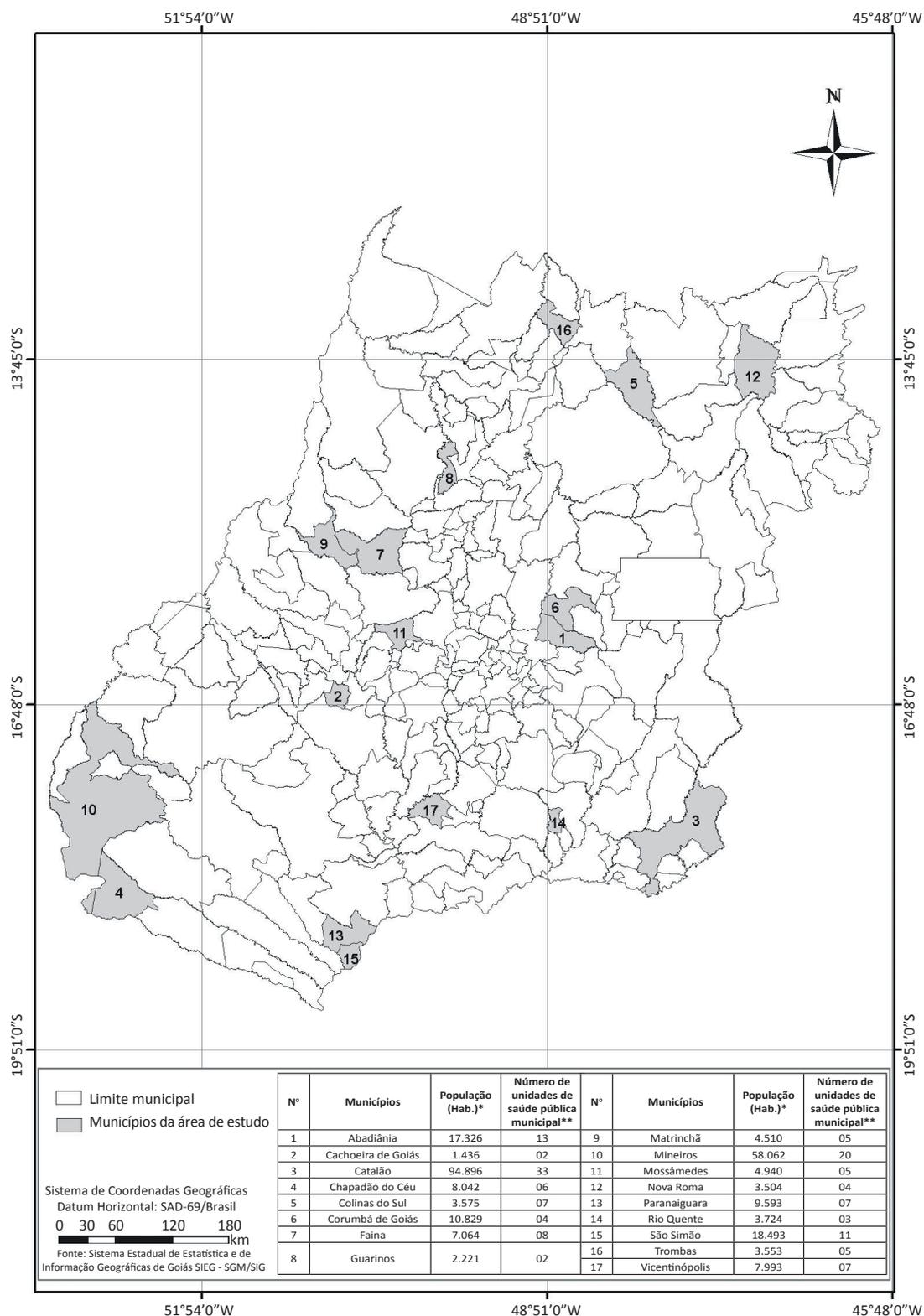
1. As unidades de saúde possuem o Plano de Gerenciamento de Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS)?
() SIM () NÃO
2. Em caso afirmativo, qual profissional/empresa foi responsável pela confecção do PGRSS?
3. Há a separação dos resíduos por classes? () SIM () NÃO
4. Quais são as classes de resíduos gerados nas unidades de saúde? () A () B () C () D () E
5. É realizado algum tipo de aproveitamento ou beneficiamento dos resíduos da classe D, nas unidades de saúde? () SIM () NÃO
6. Os resíduos da classe D são destinados à coleta seletiva? () SIM () NÃO
7. Qual a quantidade de resíduos gerados por classe A, B, C, D e E? (kg/mês, kg/semana)?
8. Houve treinamento para os funcionários em relação à classificação, segregação e acondicionamento correto dos resíduos? () SIM () NÃO
9. Os funcionários responsáveis pelo manejo dos RSS fazem uso de equipamentos de proteção (individuais e coletivos)? () SIM () NÃO
10. Forma de armazenamento externo, o local possui quais características: () Abrigo coberto e impermeabilizado; () Exclusivo; () Identificado; () Não há abrigo
11. Frequência de coleta dos resíduos? () semanal; () mensal; () quinzenal; outra/qual?
12. Responsável pela coleta de RSS nas unidades de saúde? () Prefeitura; () Empresa Terceirizada. Se empresa, qual o nome?
13. É realizado algum tipo de tratamento dos resíduos nas unidades de saúde? () Autoclave; () Queima a céu aberto; () Micro-ondas; () Outra; () Nenhuma
14. Qual tratamento/destinação final é realizado pela empresa responsável pela coleta dos resíduos? () Incineração; () Autoclavagem; () Queima a céu aberto; () Micro-ondas; () Disposição em aterro; () Lixão; () outra. Qual?
15. É cobrado pela empresa algum valor pelo tratamento dos resíduos (Kg)? () Sim, quanto?; () Não
16. Qual é o veículo utilizado para coleta dos resíduos? () Veículo destinado a coletar exclusivamente lixo das unidades de saúde hospitalares; () Veículo destinado a coletar o lixo comum; () Outro/qual?

Para a realização do estudo foram pesquisadas 142 unidades de saúde públicas incluindo postos e unidades básicas de saúde da família, hospitais, clínicas odontológicas e secretarias de saúde do âmbito municipal (BRASIL, 2010) nos 17 municípios do estudo, que representam 6,91% dos 246 municípios goianos, englobando 4,03% da população (259.701 habitantes) do estado, que possui 6.434.048 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

A escolha dos municípios foi realizada em função da distribuição espacial pelo estado de Goiás, que permite avaliar todas as suas regiões, e pela variação populacional de cada município, aliados ao fato dos serviços de água e esgoto não serem operados pela Companhia Saneamento de Goiás (SANEAGO) e sim pela prefeitura local por meio de autarquias, secretarias ou sem nenhuma gestão. Esses municípios estão destacados na Figura 1, juntamente com as quantidades existentes de unidades de saúde públicas, objeto de estudo da pesquisa. A área de estudo inicial foi composta por 21 municípios, porém, em 1 não foi possível marcar a visita e 3 deles não aceitaram participar e não puderam ser incluídos nesta pesquisa conforme as exigências do Comitê de Ética da UFG, embasado pela Resolução CNS nº 196/1996 que contém as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

A coleta de dados foi iniciada em fevereiro de 2013 e dividida em três etapas:

1. contato telefônico e apresentação do projeto ao gestor responsável pelos RSS do município;



*IBGE (2010); **BRASIL (2010).

Figura 1 – Estado de Goiás com a distribuição espacial dos 17 municípios integrantes da pesquisa e a quantidade existente de unidades públicas de saúde.

2. aplicação do formulário aos gestores; e
3. observação direta dos procedimentos referentes aos resíduos nas unidades de saúde, verificando as etapas do gerenciamento que são realizadas no interior das mesmas.

Os dados coletados foram subdivididos e relacionados com as diferentes etapas do gerenciamento, com o objetivo de avaliá-los conforme legislação pertinente. Para isso, utilizou-se como recurso metodológico o *software* Excel para inserção dos dados por meio de planilhas eletrônicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos municípios estudados, verificou-se que há três formas de estruturação dos serviços de coleta, tratamento e disposição final. Em 13 municípios analisados (76,47%) esses serviços são realizados por empresa privada contratada pela prefeitura. Nota-se ainda que em 3 municípios (17,64%), a prefeitura compartilha a realização desses serviços com uma empresa contratada e, em apenas 1 município (5,89%), a prefeitura gerencia todas as etapas.

De acordo com a ANVISA (2004), os geradores de RSS devem elaborar o PGRSS, que deve conter todas as etapas do gerenciamento, a fim de obter um diagnóstico das características quantitativas e qualitativas dos resíduos gerados nas unidades de saúde para subsidiar a definição de ações para o alcance do manejo eficiente, visando à diminuição da produção dos resíduos gerados, assim como o seu encaminhamento para o tratamento e a disposição adequados. Essas ações refletem na manutenção da saúde pública e ambiental, bem como na proteção dos trabalhadores, sendo essencial a revisão periódica e o acompanhamento do plano. Constatou-se que as secretarias da saúde de 8 municípios (47,05%) possuem o PGRSS, sendo que em 6 desses municípios (75%) os planos foram elaborados por profissionais da área de enfermagem pertencentes ao quadro funcional da própria secretaria municipal, e nos 2 municípios restantes (25%), por empresas contratadas.

Com relação a cursos de capacitações direcionados aos profissionais envolvidos no processo, observou-se que em 6 municípios (35,29%) não eram oferecidos tais cursos, limitando o conhecimento dos trabalhadores ao que foi recebido em sua formação profissional. Dos 9 municípios que não possuem o PGRSS, apenas 4 relataram não oferecer cursos de capacitações, enquanto dos 8 municípios que possuem o plano, 2 deles (25%) não o cumpriam quanto à promoção das capacitações, evidenciando a falta de comprometimento com o documento.

A realização de cursos de capacitação profissional reflete diretamente no gerenciamento dos RSS, uma vez que o conhecimento quanto aos procedimentos adequados a serem utilizados dentro das unidades é importante para uma segregação efetiva e consequente redução. Oli *et al.* (2016) verificaram em sua pesquisa, com 660 questionários aplicados em hospitais públicos e privados do sudeste da Nigéria, que apenas 71 profissionais haviam participado de algum treinamento referente ao gerenciamento de RSS, corroborando a alta geração de resíduos dos hospitais, resultado da deficiência na segregação e falta de conhecimento dos profissionais de saúde. Araújo *et al.* (2013), Narendra *et al.* (2013) e Gessner *et al.* (2013) também obtiveram resultados semelhantes quanto ao conhecimento relacionado ao gerenciamento dos RSS pelos profissionais de saúde.

Em todos os municípios estudados nesta pesquisa, os funcionários entrevistados relataram a interferência da mudança de gestão municipal na organização do estabelecimento de saúde, influenciando não somente na elaboração do PGRSS nos municípios que não o possuem, mas também na efetivação dos planos dos municípios que já possuíam tal plano.

Dentre as soluções para redução dos problemas relacionados com os RSS, a minimização de sua produção é uma das melhores opções, o que se torna difícil em decorrência do aumento progressivo do uso de materiais descartáveis, da dificuldade na manipulação de alguns resíduos devido à sua carga infecciosa e à reduzida oferta de cursos de capacitação. Portanto, a segregação correta no momento da geração é a solução mais apropriada e deve ser realizada por profissionais conscientes acerca dos problemas que envolvem o manejo dos RSS, resultando em uma gestão eficiente (CIPLAK & BARTON, 2012).

Em estudo realizado por Araujo *et al.* (2013) em um hospital público no estado do Piauí, que avaliou o co-

nhecimento dos enfermeiros sobre as etapas de gerenciamento dos RSS, foi verificado que 29,2% dos entrevistados não detinham conhecimento suficiente sobre esses resíduos, resultando no descarte incorreto, podendo comprometer a segregação dos resíduos na unidade de saúde. Da mesma forma, Narendra *et al.* (2013) constataram a falta de conhecimento referente às legislações pertinentes aos RSS, mesmo pelos profissionais mais capacitados em um hospital em Mysore, na Índia, concluindo sobre a importância da educação para o aprimoramento das ações relacionadas ao manejo de RSS.

Outro fator importante relacionado aos trabalhadores da limpeza nas unidades de saúde é quanto ao uso dos equipamentos de proteção individual (EPI), sendo observado que em apenas 1 município pesquisado (5,88%) os responsáveis pela higienização da unidade de saúde não faziam uso de EPI. Nos demais municípios os profissionais utilizavam somente luvas e botas, fato esse também apontado por Pereira *et al.* (2010), comprometendo a proteção do trabalhador em sua totalidade, principalmente nos casos em que o gerenciamento dos resíduos não é realizado de maneira adequada, aumentando ainda mais os riscos.

Quanto à segregação dos resíduos, todos os gestores afirmaram realizar a separação de acordo com as classes, porém em 5 municípios (29,41%) foi observado o imprevisto dos recipientes de acondicionamento dos resíduos do grupo E (Figura 2), não obedecendo às normas estabelecidas pela ANVISA (2004). Os recipientes

improvisados não são próprios para esse tipo de acondicionamento, uma vez que não foram submetidos a testes que comprovem sua eficiência quanto à rigidez e resistência à punctura, ruptura e vazamento como estabelecido pela NBR 13853 (ABNT, 1997), além de ausência de identificação.

Em 5 municípios (29,41%) estudados foram encontradas irregularidades com relação ao acondicionamento dos resíduos do grupo A (Figura 3), uma vez que, na falta de sacos brancos, são utilizados sacos pretos e azuis, entrando em divergência com a legislação vigente. Esse tipo de problema também foi encontrado em estudos realizados em três hospitais do estado de Mato Grosso do Sul onde os resíduos eram acondicionados em recipientes impróprios que extrapolavam o limite da capacidade permitida pela RDC nº 306 (ANVISA, 2004), sendo também os sacos frágeis, maximizando os riscos aos trabalhadores e ao meio ambiente no momento do transporte interno e externo (TIVIROLLI *et al.*, 2010). Esse fato também foi constatado por Pereira *et al.* (2010) em um hospital público da cidade de Campina Grande, na Paraíba. A justificativa encontrada na presente pesquisa para esse problema, relatada pelos entrevistados, foi a dificuldade na compra desses materiais, que depende de verba da prefeitura, prejudicada pela burocracia envolvida no processo de compra.

Em relação aos resíduos recicláveis pertencentes ao grupo D, verificou-se que não é realizado o encaminhamento para reciclagem em nenhum dos municípios estudados, mesmo naqueles que ofereciam o programa



Figura 2 – Condições de imprevisto dos recipientes utilizados para acondicionamento dos resíduos da classe E.

de coleta seletiva, inviabilizando a reciclagem daqueles que poderiam ser comercializados e servir como fonte de receita para o hospital, tais como embalagens de papelão e sacos plásticos, presentes em grande quantidade nos estabelecimentos de saúde estudados. Foi observada a mistura de resíduos da classe D com a da classe A em 5 municípios (29,41%), o que dificulta uma possível reciclagem e reflete no aumento da quantidade de resíduos infectantes, que são encaminhados a um processo de tratamento, elevando os custos para a unidade de saúde. Situação semelhante foi verificada por Nicosia *et al.* (2013) em quatro departamentos de um hospital público em Palermo, na Itália, onde os resíduos da classe D são destinados ao mesmo saco, ou seja, não são segregados de acordo com sua classe. Destes, 65,7% eram passíveis de reciclagem, representando cerca de 34% do total produzido pela unidade, sendo imprescindível a implantação de programas de coleta seletiva, além de concluir que os resíduos infectantes representam a menor parcela da produção da unidade de saúde.

Schneider *et al.* (2013), em pesquisa realizada objetivando avaliar os custos com os RSS em um hospital escola no Rio Grande do Sul, enfatizam que a segregação inadequada, além de refletir em elevados custos para a unidade, também traz riscos aos profissionais de saúde, de higienização e da coleta interna e externa. Portanto, a sensibilização dos responsáveis pela gestão dos resíduos nos municípios e nas unidades de saúde é essencial para que a etapa de segregação seja vista com maior seriedade, oferecendo espaço físico e

materiais necessários aos profissionais da saúde para o manejo adequado, além buscar a inserção de novas políticas públicas que beneficiem o cumprimento das legislações estabelecidas pelos órgãos responsáveis.

Moreira & Günther (2016) avaliaram, no prazo de um ano, quatro unidades básicas de saúde, propondo o desenvolvimento de um instrumento facilitador a fim de caracterizar a geração dos RSS. Foi observado que o montante de resíduos não recicláveis, recicláveis e os contaminados, estava, respectivamente, em torno de 52 a 60%, de 5 a 17% e de 31 a 42%. Os autores concluíram que a falta de capacitação dos profissionais envolvidos no processo contribuiu para a segregação dos resíduos de forma deficiente. Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2014), tipicamente a maior parcela de resíduos produzidos em ambientes hospitalares é de caráter não perigoso (75 a 90%), enquanto os resíduos perigosos representam entre 10 e 25%. Desse modo, é possível observar como o conhecimento dos profissionais de saúde quanto ao gerenciamento adequado dos RSS contribui significativamente para a quantidade de resíduos a serem tratados.

Durante a coleta de dados foram encontradas dificuldades no levantamento de informações referentes à quantificação dos RSS por classe, pois quando a quantificação era existente, apenas a quantidade total do resíduo coletado era contabilizada, ou seja, o somatório das classes A, B e E. Dos 17 municípios estudados, 2 não realizavam a pesagem e não estimavam a massa dos RSS gerada e, em outros 2, o entrevistado não pos-



Figura 3 – Condições de improviso dos sacos utilizados para acondicionamento dos resíduos da classe A.

suía tal informação. Os 13 municípios restantes apresentaram uma variação de geração de resíduos entre 0,02 e 1,26 kg.hab⁻¹.ano⁻¹, disparidade explicada pela variação populacional da área de estudo e pelos órgãos geradores de RSS atendidos. Essa variação pode ser observada na Figura 4, com destaque para o município 3, que produz 1,26 kg.hab⁻¹.ano⁻¹, e para o município 4 com 0,64 kg.hab⁻¹.ano⁻¹. Nesses dois municípios os serviços de coleta, tratamento e disposição final são de responsabilidade da prefeitura, que realiza a coleta nos estabelecimentos de saúde municipal e de todos os geradores de RSS do município. Esses estabelecimentos incluem farmácias, clínicas veterinárias, odontológicas e de estética, entre outros. A quantidade de resíduos gerados nos municípios 2, 6, 8, 11, 15 e 16 (Figura 4), é aquela estabelecida no contrato para sua retirada, ou seja, é um valor estimado mensalmente. Para a quanti-

ficação da produção de RSS gerados diariamente, a forma mais comumente usada é a kg de resíduo por leito por dia (kg.leito⁻¹.d⁻¹) e kg de resíduo por paciente por dia (kg.paciente⁻¹.d⁻¹), que deve ser definida de acordo com as informações fornecidas pelo prestador de serviço, bem como a diversidade das atividades existentes nas unidades de saúde. Essa forma de quantificação pode ser observada em diferentes estudos, tais como o de Debere *et al.* (2013), que realizaram o levantamento em 5 hospitais de Addis Ababa (Etiópia) e verificaram que a taxa de geração de RSS variou de 0,361 a 0,669 kg.paciente⁻¹.d⁻¹. Em um órgão da saúde na Macedônia (norte da Grécia) verificou-se que a geração dos RSS foi de 0,51 a 1,22 kg.paciente⁻¹.d⁻¹ (SANIDA *et al.*, 2010). Na presente pesquisa, devido à falta de informações da quantidade total de resíduos dos estabelecimentos visitados e da estruturação das unidades, foi utilizada a

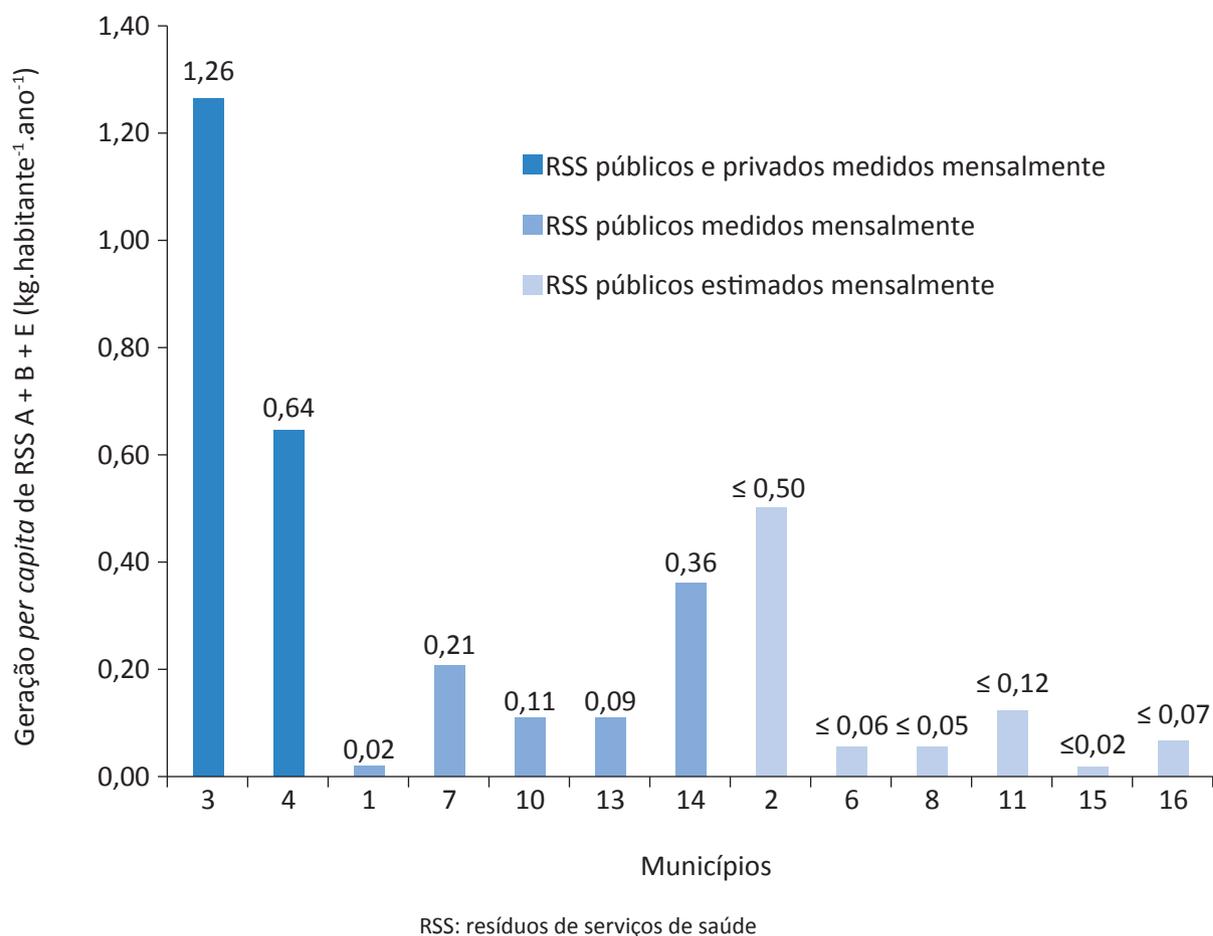


Figura 4 – Geração de resíduos de serviços de saúde per capita em função das fontes geradoras (públicas e privadas) e formas de contabilização.

geração *per capita*, que relaciona a quantidade de resíduos gerados com o número de habitantes do município estudado. De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil referente ao ano de 2012, o estado de Goiás coletou cerca de 1,285 kg.hab⁻¹.ano⁻¹, apresentando uma quantidade maior quando comparado aos municípios da presente pesquisa (ABRELPE, 2012).

Quanto ao armazenamento externo, observa-se que em 2 municípios (11,76%) não havia abrigo e os RSS ficavam em um espaço na área do hospital sem nenhuma estrutura de proteção, não sendo de acesso restrito, oferecendo riscos aos trabalhadores e à população. Foi observado também que 40% dos abrigos visitados não possuíam identificação sobre o armazenamento de resíduos infectantes.

Em nenhum dos municípios estudados foi encontrada a presença de abrigo exclusivo para os resíduos do grupo B, conforme estabelece a RDC nº 306, sendo armazenados indevidamente juntamente com o grupo A e E. O armazenamento desse tipo de resíduo deve ainda seguir as orientações da NBR 12235 (ABNT, 1992) e a sua identificação, a NBR 7500 (ABNT, 2009).

Em apenas 3 municípios (17,64%) os sacos contendo os resíduos eram armazenados em recipientes adequados, como preconiza a RDC nº 306 (ANVISA, 2004), que foram fornecidos pela empresa prestadora de serviço. Já em relação ao tratamento prévio dos resíduos dentro das unidades de saúde antes da coleta interna, apenas 1 município (5,88%) faz uso do processo de autoclavagem, como estabelece a Resolução CONAMA nº 358 (CONAMA, 2005), acarretando riscos aos trabalhadores e ao meio ambiente.

Em todos os municípios utiliza-se a incineração como método de tratamento total ou parcial. Em 2 deles (11,76%) esse serviço é prestado pela própria prefeitura e no restante (88,23%) é realizado por empresa contratada. Nos municípios onde o incinerador é operado pela prefeitura, ocorre a queima de aproximadamente 10 toneladas.mês⁻¹, que corresponde ao tratamento do RSS gerado por 23% da população da área de estudo. Dessa forma, o funcionamento correto dos equipamentos, tanto dos sistemas municipais quanto das empresas contratadas, é de extrema importância, visto que apesar da incineração reduzir significativamente o volume dos resíduos, libera uma grande variedade e quantidade de gases poluentes, tais como metais pesa-

dos, gases ácidos, monóxido de carbono e óxido de nitrogênio, podendo causar impactos ao meio ambiente e conseqüentemente à saúde pública, se não tratados da forma adequada. Para isso é necessário o incentivo no desenvolvimento de novas tecnologias ambientalmente seguras para o tratamento dos RSS, levando em consideração características relacionadas ao custo e à acessibilidade (HOSSAIN *et al.*, 2011; CIPLAK & BARTON, 2012).

Em 2 municípios (11,76%) os resíduos do grupo E são encaminhados devidamente segregados à empresa contratada que realiza os serviços de coleta, tratamento e disposição final utilizando a incineração como método de tratamento. Os resíduos restantes, incluindo os grupos A, B e D, são coletados pelas prefeituras utilizando os mesmos profissionais e veículo de coleta dos RSU e, em seguida, dispostos em valas no lixão, onde são queimados e recobertos com solo. Essa situação desencadeia riscos, principalmente aos profissionais envolvidos nos processos de coleta interna e externa, sendo necessário o uso de EPIs específicos, os quais são preconizados pela NBR 12810 (ABNT, 1993). Nessa configuração, a disposição dos RSS diretamente no solo, sem qualquer tratamento, o contamina, podendo alcançar o lençol freático, comprometendo a saúde ambiental da região (GOMES, 2011). De acordo com os gestores desses dois municípios, o acúmulo dos resíduos do grupo A pode chegar a até dois meses, um período muito longo, o que contribui para a geração de um forte mau cheiro. Uma forma encontrada para tentar minimizar esse problema foi dispor esses resíduos no lixão, juntamente com os RSU do município. Esse período de tempo entre as coletas diverge do que preconiza a norma da NBR 12.810 (ABNT, 1993), na qual são estabelecidos que os intervalos máximos de coleta não devem ultrapassar 24 horas, podendo ser realizada em dias alternados, desde que os resíduos do grupo A estejam armazenados em um local com temperatura inferior a 4° C. Verificou-se que as frequências de coleta quinzenal e mensal se destacaram com 41% cada uma (Figura 5), porém, somente 3 municípios (17,6%) dispunham de refrigerador para o armazenamento desse resíduo.

Nos municípios onde ocorrem longos períodos de armazenamento, os principais motivos relatados pelos gestores estão relacionados ao difícil acesso à cidade, com vias sem pavimentação e estradas pre-

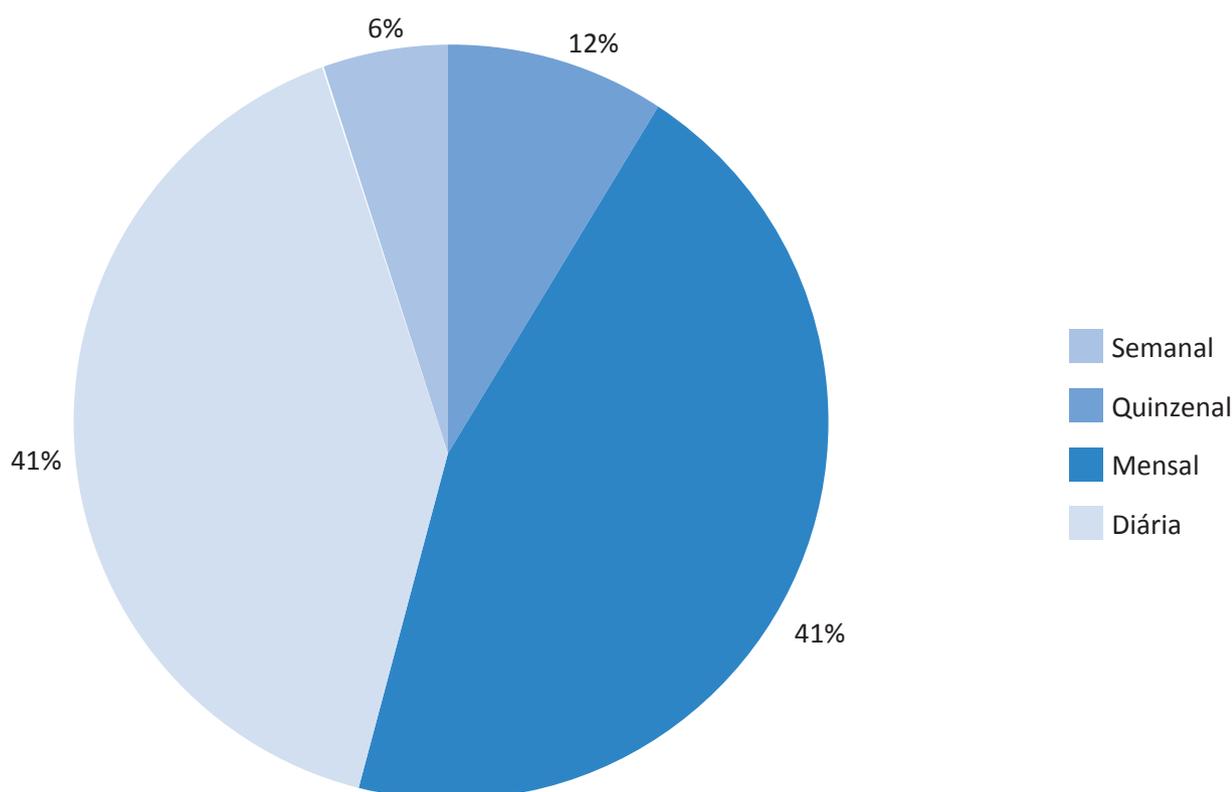


Figura 5 – Frequência de coleta dos resíduos de serviços de saúde.

cárias, e pela pequena quantidade de RSS produzida, prejudicando a relação custo-benefício para as empresas que realizam o trabalho. Nota-se que, nos

municípios com menor contingente populacional, a frequência de coleta é menor em função da menor geração de RSS.

CONCLUSÃO

Apesar do conhecimento dos gestores sobre a obrigatoriedade da implantação do PGRSS e sua aplicação no cotidiano dos profissionais, constatou-se que apenas 47,05% dos municípios possuíam esse documento, o que resulta em falhas no cumprimento das etapas do gerenciamento em sua totalidade, refletindo no aumento de material contaminado e no descarte em local inadequado.

As informações sobre a caracterização quantitativa e qualitativa dos RSS são deficientes, o que dificulta a completa avaliação. A obtenção desses dados é essencial para o planejamento das ações tanto no âmbito de capacitações dos profissionais quanto para diminuição dos custos. Desse modo, os gestores devem estabelecer rotinas nas unidades de saúde, a fim de promover

esforços na segregação efetiva na fonte geradora, o qual deve estar em consonância com a implantação de programas de capacitações de forma contínua, buscando o aperfeiçoamento de técnicas seguras voltadas ao manejo adequado.

Em relação à disposição final, dois municípios ainda dispõem parte dos RSS em lixões, apesar do conhecimento sobre sua periculosidade e diante das leis existentes. Os gestores das unidades de saúde e o Poder Público devem promover o cumprimento das legislações existentes e o apoio na busca de novos métodos de tratamento, que sejam acessíveis a todos os municípios (incluindo os com dificuldade de acesso), além da disponibilização de recursos para infraestrutura e insumos, reconhecendo a gestão

adequada dos RSS como ação indispensável para a manutenção da saúde coletiva.

A consolidação de procedimentos de gerenciamento dos RSS nas unidades de saúde é primordial, uma vez que nos municípios estudados foi encontrada uma forte intervenção política, influenciando no andamento dos processos de gestão dos resíduos.

O presente trabalho permitiu concluir que a gestão segura dos RSS é imprescindível para a qualidade do ambiente hospitalar, reduzindo riscos aos profissionais

da saúde, dos pacientes e do meio ambiente. Nota-se uma tendência no aumento da geração de RSS devido ao uso cada vez maior de materiais descartáveis em decorrência da preocupação quanto à seguridade dos pacientes, porém, esse avanço deve ser acompanhado de ações cada vez mais pontuais no gerenciamento dos resíduos dentro das unidades de saúde, visando sua minimização por meio da segregação adequada, além do incentivo à reciclagem dos resíduos do grupo D, que são passíveis desse processo, o que contribui para a qualidade ambiental da localidade.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) sob o Processo nº 201010267000775, referente à

chamada pública 03/2010, e aos profissionais das unidades de saúde visitadas, que colaboraram com a pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada n.º 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. *Diário Oficial da União*, 10 dez. 2004.

ARAÚJO, R. I.; OLIVEIRA, E. A. R.; FORMIGA, L. H. F.; FORMIGA, L. M. F.; DE BRITO, B. B. Conhecimento do enfermeiro acerca do destino dos resíduos hospitalares. *Revista Multiprofissional em Saúde do Hospital São Marcos*, v. 1, n. 1, p. 31-39, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7945/1/2013_art_lholima2.pdf>. Acesso em: jun. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil*. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7500*: identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. *NBR 12235*: armazenamento de resíduos sólidos perigosos. São Paulo: ABNT, 1992.

_____. *NBR 12810*: coleta de resíduos de serviços de saúde: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. *NBR 13853*: coletores para resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BAMBARÉN-ALATRISTA, C.; ALATRISTA-GUTIÉRREZ, M. S. Impacto ambiental de un hospital público en la ciudad de Lima, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, v. 31, n. 4, p. 712-715, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n4/a15v31n4.pdf>>. Acesso em: dez. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)*. 2010. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. Acesso em: jul. 2013.

CHENG, Y. W.; SUNG, F. C.; YANG, Y.; LO, Y. H.; CHUNG, Y. T.; LI, K. C. Medical waste production at hospitals and associated factors. *Waste Management*, v. 29, p. 440-444, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.01.014>>. Acesso em: jul. 2013.

CIPLAK, N.; BARTON, J. R. A system dynamics approach for healthcare waste management: a case study in Istanbul Metropolitan City, Turkey. *Waste Management & Research*, v. 30, n. 6, p. 576-586, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1177/0734242X12443405>>. Acesso em: jul. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n.º 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos de serviços de saúde, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 4 maio 2005.

DEBERE, M. K.; GELAYE, K. A.; ALAMDO, A. G.; TRIFA, Z. M. Assessment of the health care waste generation rates and its management system in hospitals of Addis Ababa, Ethiopia. *BMC Public Health*, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-13-28>>. Acesso em: dez. 2016.

DINIZ, É. J. D. M.; AZEVEDO, G. L. D.; SILVA, C. R. A. D.; FERREIRA, C. M. F. Estudo observacional da gestão dos resíduos hospitalares em um hospital público da região do Trairi. *Revista Bioterra*, v. 13, n. 1, p. 89-94, 2013. Disponível em: <<http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/680-2773-1-pb-53df91c221ba6.pdf>>. Acesso em: maio 2014.

GARCIA, L. P.; ZANETTI-RAMOS, B. G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. 3, p. 744-752, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2004000300011>>. Acesso em: maio 2014.

GESSNER, R.; PIOSIADLO, L. C. M.; FONSECA, R. M. G. S.; LAROCCA, L. M. O manejo dos resíduos dos serviços de saúde: um problema a ser enfrentado. *Cogitare Enfermagem*, v. 18, n. 1, p. 117-123, 2013. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/cogitare/article/view/31316/20023>>. Acesso em: mar. 2014.

GOMES, J. N. Condições ambientais e análise social dos moradores do entorno do lixão no município Benevides, estado do Pará. *Caminhos de Geografia*, v. 12, n. 37, p. 305-309, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16217/9116>>. Acesso em: mar. 2014.

HOSSAIN, M. S.; SANTHANAM, A.; NIK NORULAINI, N. A.; OMAR, A. K. Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment – a review. *Waste Management*, v. 31, p. 754-766, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.008>>. Acesso em: jun. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Série Cidades*. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: jun. 2012.

MOREIRA, A. M. M.; GÜNTHER, W. M. R. Gestión de residuos sólidos en las unidades básicas de salud: aplicación de instrumento facilitador. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 24, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.0646.2768>>. Acesso em: dez. 2016.

NARENDRA, M.; KOUSAR, H.; PUTTAIAH, E. T.; THIRUMALA, S. Assessment of Biomedical waste of various hospitals in Mysore City Karnataka, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 2, n. 3, p. 1-5, 2013. Disponível em: <<http://www.ijcmas.com/Archives/vol-2-3/Madhu%20Narendra%20et%20al.pdf>>. Acesso em: dez. 2013.

NICOSIA, S.; LANZA, P. A.; PRESTIGIACOMO, S.; MANCUSO, R.; VIVIANI, G. Experimental sorting of municipal-like waste in the hospital “Civico”, Palermo (IT). *American Journal of Environmental Protection*, v. 2, n. 2, p. 64-71, 2013. Disponível em: <<https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/91750/85450/10.11648.j.ajep.20130202.16.pdf>>. Acesso em: dez. 2013.

OLI, A. N.; EKEJINDU, C. C.; ADJE, D. U.; EZEGBI, I.; EJIOFOR, O. S.; IBEH, C. C.; UBAJAKA, C. F. Healthcare waste management in selected government and private hospitals in Southeast Nigeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 6, n. 1, p. 84-89, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.09.019>>. Acesso em: dez. 2016.

- PÉPIN, J.; CHAKRA, C. N. A.; PÉPIN, E.; NAULT, V.; VALIQUETTE, L. Evolution of the global burden of viral infections from unsafe medical injections, 2000–2010. *PLoS One*, v. 9, n. 6, p. e99677, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4049770/pdf/pone.0099677.pdf>>. Acesso em: abr. 2017.
- PEREIRA, S. S. Reflexões sobre o processo de urbanização e a necessidade de gestão ambiental: o caso dos resíduos de serviço de saúde da cidade de Campina Grande, PB. *Reunir*, v. 2, n. 1, p. 87-103, 2012. Disponível em: <<http://150.165.111.246/revistaadmin/index.php/uacc/article/view/48>>. Acesso em: dez. 2013.
- PEREIRA, S. S.; LUCENA, L. L.; FERNANDES, A. Resíduos de serviço de saúde em um hospital de Campina Grande/PB: gestão e percepção ambiental. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 6, n. 3, p. 255-286, 2010. Disponível em: <<http://rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/322/220>>. Acesso em: dez. 2013.
- ROCHA, L. F. L. *Análise comparativa das tecnologias empregadas para o tratamento de resíduos de serviços de saúde no Brasil*. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Faculdade de Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina, 2012. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4086/1/2012_LuisFelipeLinoRocha.pdf>. Acesso em: mar. 2013.
- SANIDA, G.; KARAGIANNIDIS, A.; MAVIDOU, F.; VARTZOPOULOS, D.; MOUSSIOPOULOS, N.; CHATZOPOULOS, S. Assessing generated quantities of infectious medical wastes: a case study for a health region administration in Central Macedonia, Greece. *Waste Management*, v. 30, n. 3, p. 532-538, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19944583>>. Acesso em: dez. 2016.
- SCHNEIDER, V. E. *Sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde: contribuição ao estudo das variáveis que interferem no processo de implantação, monitoramento e custos decorrentes*. 242f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5982/000478819.pdf?sequence=1>>. Acesso em: mar. 2013.
- SCHNEIDER, V. E.; STEDILE, N. L. R.; BIGOLIN, M.; PAIZ, J. C. Sistema de Informações Gerenciais (SIG): Ferramenta de monitoramento do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) e dos Custos de tratamento. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 2, n. 1, p. 166-188, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi:10.5585/geas.v2i1.18>>. Acesso em: jul. 2013.
- SILVA, A. C. N.; CARVALHO, J. J. S.; LUÍS, A. S. B.; SILVA, A. C. R.; MOTA, E. L. A.; REIS, M. G. Regulamentação do tratamento de resíduos infectantes em serviços de saúde: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 22, n. 4, p. 28-37, 2011. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/22-06_Materia_4_final_artigos287.pdf>. Acesso em: maio 2014.
- TIVIROLLI, K.; TIVIROLLI, S. C.; LUZ, P. C.; FUJINO, L. B. V.; SHINZATO, M. P.; SKOWRONSKI, J.; GOMES, A. O.; VASCONCELOS, L. H. A.; HESS, S. C. Gerenciamento dos resíduos em três hospitais públicos do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, v. 23, n. 3, p. 213-220, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi:10.5020/18061230.2010.p221>>. Acesso em: maio 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Safe management of wastes from health-care activities*. 2. ed. Geneva: World Health Organization, 2014. Disponível em: <http://www.searo.who.int/srilanka/documents/safe_management_of_wastes_from_healthcare_activities.pdf> Acesso em: 24 nov. 2016.
- ZAZOULI, M. A.; ALAVINIA, S. M.; BAY, A. Medical Waste Generation in Gorgan Hospitals. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, v. 25 n. 132, p. 309-313, 2015. Disponível em: <http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/600139413230.pdf>. Acesso em: dez. 2016.

PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES DO MUNICÍPIO DE IMIGRANTE (RS) SOBRE OS RISCOS DA EXPOSIÇÃO A AGROTÓXICOS

PERCEPTION OF FARMERS OF IMIGRANTE CITY (RS) ABOUT THE RISK OF EXPOSURE TO PESTICIDES

Mônia Graziela Wahlbrinck

Bióloga pelo Centro
Universitário Univates –
Lajeado (RS), Brasil.

Jonas Bernardes Bica

Biólogo e Mestre em Ambiente
e Desenvolvimento Centro
Universitário Univates –
Lajeado (RS), Brasil.

Claudete Rempel

Bióloga pelo Centro Universitário
Univates e Doutora em Ecologia
pela Universidade Federal do
Rio Grande do Sul (UFRGS)
e Professora do programa de
pós-graduação em Ambiente e
Desenvolvimento e do mestrado
em Sistemas Ambientais
Sustentáveis do Centro
Universitário Univates –
Lajeado (RS), Brasil.

Endereço para correspondência:

Claudete Rempel – Rua São Pedro,
1190 – Moinhos – 95900-000 –
Lajeado (RS), Brasil –
E-mail: crempel@univates.br

Recebido: 19/01/2016

Aceito: 08/05/2017

RESUMO

Desde o início do uso de agrotóxicos no Brasil, sua aplicação vem aumentando. Eles acarretam danos à saúde humana e ao ambiente natural. O presente estudo teve como objetivo verificar a percepção de agricultores do município de Imigrante (RS) sobre os danos causados pelos agrotóxicos à saúde humana e ao meio ambiente. Foram entrevistados 130 agricultores cadastrados na Secretaria Municipal de Agricultura de Imigrante (RS). Os agricultores foram visitados nos meses de julho e agosto de 2015, quando responderam a um questionário, composto por 25 questões. As respostas foram tabuladas e analisadas por meio de estatística descritiva. Os dados demonstram que a maioria dos agricultores são homens que não leem os rótulos e a bula dos agrotóxicos. Além disso, a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPIs) é realizada de maneira parcial, bem como a forma como descartam as embalagens dos agrotóxicos é inadequada, o que gera, além de efeitos nocivos à saúde, a predisposição ao descuido em relação à contaminação do meio ambiente. Observa-se, a partir dos questionários, que os agricultores conhecem os problemas que os agrotóxicos podem gerar ao meio ambiente e à sua saúde, no entanto, não relacionam o uso inadequado dos agrotóxicos com seu estado de saúde.

Palavras-chave: agroquímicos; defensivos agrícolas; saúde; meio ambiente.

ABSTRACT

Since the beginning of pesticide use in Brazil, its application has been increasing. They cause harm to human health and to the natural environment. This study aimed to verify the perception of farmers in the municipality of Imigrante (RS) about the damage caused by pesticides to human health and to the environment. 130 registered farmers were interviewed in the municipal department of agriculture in Imigrante (RS). The farmers were visited in July and August 2015 and answered to a questionnaire containing 25 questions. The answers were tabulated and analyzed using descriptive statistics. The data demonstrate that the majority of farmers are men who do not read the labels and instructions of pesticides. In addition, the use of personal protective equipment (PPE) is partially accomplished, as well as the way that the packaging of pesticides is discarded improperly, which generates, besides harmful health effects, predisposition to carelessness in relation to contamination of the environment. It is observed from the questionnaires, that farmers know the problems that pesticides can cause to the environment and to health, however, they do not relate the inappropriate use of pesticides to their health.

Keywords: agrochemicals; pesticides; health; environment.

INTRODUÇÃO

Na intenção de aumentar a produtividade e modernizar a agricultura, teve início na década de 1950, nos Estados Unidos, uma grande mudança no processo de produção agrícola, denominada Revolução Verde (SILVA *et al.*, 2005). Na essência dessa modernização estava um progressivo processo de automação das lavouras, com uso de maquinários e de produtos agroquímicos no processo de produção (PERES & MOREIRA, 2003).

No Brasil, a Revolução Verde teve início na década de 1960 e adquiriu força em meados de 1970 com a criação do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) (PREZA & AUGUSTO, 2012). Um dos objetivos do PNDA era o estímulo ao aumento da produção com consequente elevação na utilização nacional de agrotóxicos, cujo crédito rural era concedido ao agricultor, sendo que este tinha que empregar parte dos recursos na compra de agrotóxicos. Entretanto, a política de modernização da agricultura, que subsidiou o crédito e incentivou a implantação da indústria de defensivos agrícolas no Brasil, acabou por ignorar diversos fatores importantes como o despreparo da mão de obra, não oferecendo ao trabalhador rural capacitação e treinamento necessários para a aplicação dessas novas tecnologias (SOARES *et al.*, 2005). As vendas de agrotóxicos movimentam bilhões de dólares em todo o mundo, e, conforme dados obtidos em estudos da consultoria alemã Kleffmann Group, em 2008, o Brasil foi considerado o maior mercado consumidor de agrotóxicos do planeta, sendo que naquele ano a indústria movimentou US\$ 7,1 bilhões (PACHECO, 2009).

O modelo de produção agrícola brasileiro, historicamente, baseou-se no uso de agrotóxicos para compensar problemas do processo produtivo. Nesse contexto, os agrotóxicos foram introduzidos na agricultura brasileira como uma tentativa de prevenir e eliminar as pragas que prejudicariam a produtividade (VEIGA, 2007). O uso indevido de agrotóxicos contribui imensamente para a degradação ambiental, além de ser constante a ocorrência de intoxicações durante o seu manuseio, constituindo assim um dos principais problemas de saúde pública do meio rural do país. Souza *et al.* (2011) descrevem que ainda são escassos os estudos de base populacional sobre as características da utilização ocupacional ou sobre as intoxicações por agrotóxicos.

O termo agrotóxico, em vez de defensivo agrícola, passou a ser utilizado no Brasil para denominar os venenos agrícolas somente após grande mobilização da sociedade civil organizada, sendo que este termo coloca em evidência a toxicidade desses produtos para o meio ambiente e a saúde humana (SIQUEIRA & KRUSE, 2008).

De acordo com a Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989) regulamentada por meio do Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 (BRASIL, 2002) (antes regulamentada pelo Decreto nº 98.816) agrotóxicos são

produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Os agrotóxicos são classificados, de acordo com o fim a que se destinam controlar, em: inseticidas, fungicidas, herbicidas, desfolhantes, fumigantes, rodenticidas e raticidas, moluscocidas, nematocidas e acaricidas. Existem cerca de 300 princípios ativos em duas mil formulações comerciais diferentes, classificados quanto à sua ação e ao grupo químico a que pertencem, sendo utilizados no país (STOPPELLI & MAGALHÃES, 2005).

Embora a produção de agrotóxicos seja realizada para afetar alvos específicos como insetos, ácaros e fungos, essa seletividade nunca é atingida, pois a história evolutiva dos seres vivos os tornam parecidos nas características bioquímicas e fisiológicas, sendo que diversos dos componentes celulares ou das vias metabólicas, que são alvos dos princípios ativos dos agrotóxicos, são parecidos com os que se encontram nos seres humanos (PREZA & AUGUSTO, 2012).

A exposição aos agrotóxicos tem se configurado um sério problema de saúde pública (PREZA & AUGUSTO, 2012). A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não consiste apenas na ausência de doença ou de enfermidade (OMS, 1946). A abordagem pode ter sido considerada avançada na época em

que foi proposta, no entanto, autores como Segre & Ferraz (1997) a consideram irreal, ultrapassada e unilateral. Este conceito pode ser considerado utópico, à medida que leva a uma condição de equilíbrio que não condiz com o modo de viver atual (ANDRADE, 2006; MENICUCCI, 2009), além de ser questionável uma definição de perfeito bem-estar (SEGRE & FERRAZ, 1997). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o conceito proposto pela OMS tem profunda relação com o desenvolvimento e expressa a associação entre qualidade de vida e a saúde da população. A saúde, nesse sentido, é resultado de um processo de produção social e sofre influência de condições de vida adequadas de bens e serviços (ANVISA, 2009). Em relação ao uso de agrotóxicos, pouco se sabe sobre a ação de uma exposição continuada a compostos sobre o corpo humano ainda em desenvolvimento e que diversas substâncias usadas como agrotóxicos são suspeitas de apresentarem atividade carcinogênica ou hormonal (MOREIRA *et al.*, 2002).

Considerando que os agrotóxicos são uma realidade constante e cada vez mais presentes na prática da agricultura, deveriam ser criadas estratégias educacionais para que o aplicador possa optar por produtos menos tóxicos e sempre estar informado sobre mudanças e desenvolvimento de práticas alternativas no controle de pragas (LYZNICKI, 1997).

O uso de agrotóxicos tem aumentado porque é dito ao produtor que apenas com os mesmos é possível uma produção em larga escala, devido ao combate de agentes patógenos (LEITE & SERRA, 2013). Para a maioria dos trabalhadores rurais, uma cultura agrícola sem a presença de agrotóxicos não seria uma alternativa viável e seu uso se tornou comum, inclusive em pequenos municípios (VEIGA, 2007).

O Vale do Taquari é composto por 36 municípios e é uma região de tradição agrícola, na qual a economia da maioria dos municípios está baseada no setor primário, caracterizando-se predominantemente pela agricultura familiar.

Para a região do Vale do Taquari não foram encontradas pesquisas referentes à percepção dos agricultores sobre os riscos que o uso de agrotóxicos pode oferecer, somente investigações com cultivos específicos e sobre os problemas e impactos que eles podem causar à saúde, conforme os estudos de Souza *et al.* (2011) e Troian *et al.* (2009). Souza *et al.* (2011) realizaram pesquisa para avaliar a possível associação entre contato com agrotóxicos e prevalência de doenças crônicas na população rural em três municípios do Vale do Taquari e constataram que o contato direto ou indireto com agrotóxicos se associou ao relato de diversas doenças, sendo as neurológicas e as orais as mais citadas. O estudo de Troian *et al.* (2009) versava sobre o uso de agrotóxicos na produção do fumo, na cidade de Arvorezinha (RS).

Existe necessidade de diminuir o impacto do uso de agrotóxicos no meio ambiente e, por conseguinte, na saúde pública. Para isso, é necessário que se tenha conhecimento de como os agricultores estão fazendo emprego desses produtos químicos na prática da agricultura. Conhecer de forma detalhada os fatores que interferem na percepção dos trabalhadores, em relação aos riscos a que estão expostos no ambiente de trabalho, transforma-se em uma ferramenta essencial para os que pretendem construir uma atividade educativa realmente transformadora junto a esse público (GARCIA & ALVES FILHO, 2005). Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a percepção de agricultores do município de Imigrante (RS) sobre os danos causados pelos agrotóxicos à saúde humana e ao meio ambiente.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

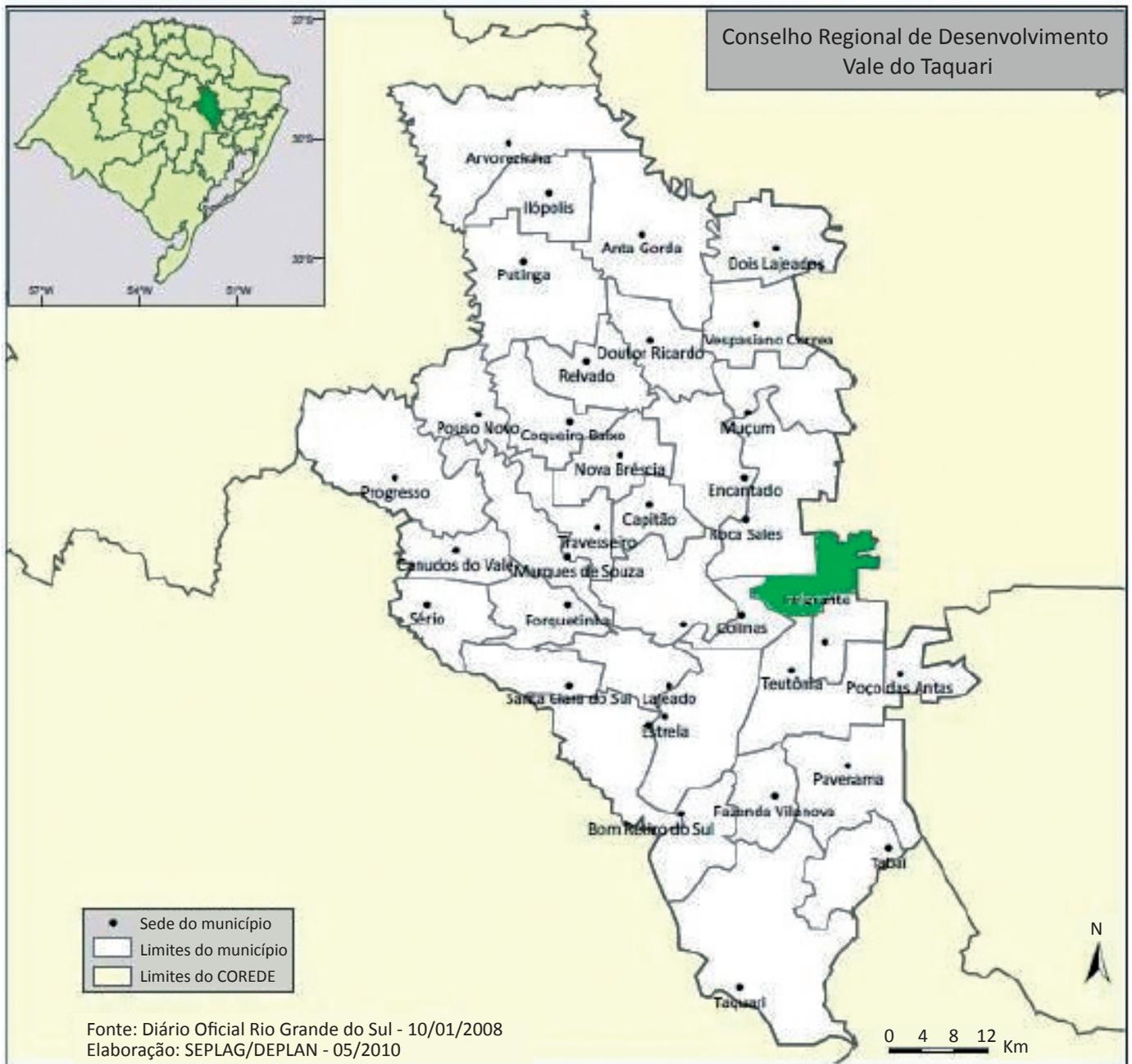
O estudo foi desenvolvido com agricultores do município de Imigrante (Figura 1, elaborado por Zerwes *et al.*, 2015). O município de Imigrante, localizado na região do Vale do Taquari, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, possui uma população de 3.146 habitantes e área de 73,36 km² (IBGE, 2015).

A base da economia do município de Imigrante está diretamente ligada à agricultura e pecuária, baseada na pequena propriedade rural. Conforme levantamentos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, residiam na área rural do referido município 1.524 habitantes, e conforme dados de 2015, da Secretaria Municipal da Agricultura, Meio

Ambiente e Desenvolvimento Econômico, o município possui em torno de 400 propriedades rurais ativas com seus respectivos grupos familiares. Para uma amostra com 95% de confiança e 7% de erro, selecionaram-se, de forma aleatória, 130 agricultores e, destes, incluídos

os que possuíam inscrição estadual de produtor rural junto ao município e que fazem uso de agrotóxico em sua propriedade.

Os agricultores participantes da pesquisa foram visitados nos meses de julho e agosto de 2015 e respon-



Legenda: Município de Imigrante (RS).
Fonte: Zerwes *et al.* (2015).

Figura 1 – Área do estudo.

deram a um questionário, composto por 25 questões, lido pelas pesquisadoras, que assinalaram as respostas dadas pelos participantes da investigação.

As questões versavam sobre o perfil do trabalhador (cinco questões):

- a utilização de agrotóxicos (oito questões);
- a saúde do trabalhador (cinco questões);
- a segurança do trabalhador (cinco questões) e

- a higiene do trabalhador (duas questões).

Tabularam-se e analisaram-se os dados obtidos com os questionários por meio de estatística descritiva no Microsoft Excel, sendo as frequências apresentadas na forma percentual (%) e os dados de tendência central, na forma de média (desvio padrão).

Este estudo seguiu os preceitos éticos da Resolução do CNS nº 466/2012 e foi aprovado pelo Comitê de Ética da Univates, sob o protocolo nº CAAE 45636215.6.0000.5310.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do perfil dos participantes do estudo mostrou que, dos 130 agricultores entrevistados, 122 (93,8%) eram do sexo masculino. A média da idade dos indivíduos foi de 54,7 (DP 10,4) anos. Em relação à aquisição da propriedade, 111 (85,4%) se declararam proprietários das terras cultivadas e 19 (14,6%) filhos de proprietários. Quanto ao nível de escolaridade, nenhum dos agricultores se revelou analfabeto, sendo

que 108 (83,1%) possuem Ensino Fundamental incompleto e apenas quatro (3,1%) concluíram o Ensino Médio. Nenhum dos entrevistados possui Ensino Superior. A maioria declara que começou a trabalhar desde a infância na propriedade, e, de acordo com as respostas, a média de idade dos que começaram a trabalhar na propriedade rural foi de 12 (DP 3,3) anos. Os dados socioeconômicos podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados socioeconômicos dos produtores rurais de Imigrante (RS).

Variável	n	%
Sexo		
Masculino	122	93,8
Feminino	8	6,2
Escolaridade		
Analfabeto	0	0,0
Ensino Fundamental incompleto	108	83,1
Ensino Fundamental completo	13	10,0
Ensino Médio incompleto	5	3,8
Ensino Médio completo	4	3,1
Ensino Superior	0	0,0
Relação de trabalho		
Proprietário	111	85,4
Filho de proprietário	19	14,6
Empregado	0	0,0
Variável	Média	Desvio padrão
Idade	54,7	10,4
Média de idade com a qual começou na atividade rural	12,0	3,3
Tempo médio de utilização de agrotóxico (em anos)	18,1	6,1

Estudos realizados por Oliveira-Silva *et al.* (2001) relacionaram o impacto da contaminação humana por agrotóxicos a fatores socioeconômicos, como renda familiar, nível educacional e habilidade de leitura e escrita. Os agricultores entrevistados, embora não sejam analfabetos, possuem baixo grau de instrução, o que pode prejudicar a compreensão da bula do agrotóxico, por exemplo.

Quando os agricultores foram questionados a respeito do tempo que faziam uso de agrotóxicos, obteve-se uma média de 18,1 (DP 6,1) anos, sendo que 93,8% dos pesquisados afirmam utilizar agrotóxico entre 10 e 30 anos. Dados que se equiparam com estudo realizado por Bedor *et al.* (2009), em que 62,0% dos entrevistados utilizam agrotóxicos há cerca de 10 a 30 anos.

Grande parte dos agricultores de Imigrante (89,2%) diz ter conhecimento sobre os riscos que o uso de agrotóxicos pode ocasionar e nenhum afirma comer ou fumar durante a aplicação dos mesmos. Outros estudos também apontam que boa parte dos agricultores reconhece que a exposição a agrotóxicos pode ocasionar danos à saúde (PERES *et al.*, 2004; RECENA & CALDAS, 2008; RANGEL *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2013).

Em relação ao armazenamento dos agrotóxicos, 112 agricultores (86,2%) relatam que armazenam o produto em local adequado, a uma distância segura de crianças, alimentos e fontes de água, o que vai ao encontro dos estudos realizados no município de Chapecó (SC), que apontam que 93,3% dos agricultores armazenam os agrotóxicos distante de alimentos, 90,0% longe de fontes de água e 76,7% em local fechado (BOHNER *et al.*, 2013). No estudo de Castro *et al.* (2011) foi analisado o uso de agrotóxicos em dois assentamentos de reforma agrária em Russas (CE), e os pesquisadores verificaram que grande parte dos entrevistados armazenava os agrotóxicos em suas casas, ou o depositava fora, junto a outros materiais, sem estabelecer uma distância mínima de segurança, situação diferente do que afirmam os agricultores de Imigrante.

Quando questionados sobre a disposição dos restos do agrotóxico preparado, 96 agricultores (73,8%) afirmam não haver sobra de produtos, sendo comum a prática de percorrer novamente a plantação e refazer a aplicação até que não sobre mais nada no pulverizador. Atitude esta que demonstra que os agricultores não utilizam a quantidade prescrita para a área e, na ilusão

de não perder o produto e, conseqüentemente, o valor investido no mesmo, aplicam quantidades superiores às necessárias. Outros 31 participantes (23,8%) relataram utilizar as sobras em outra aplicação e outros três agricultores (2,4%) disseram jogar as sobras no solo. Situação semelhante foi encontrada nos estudos de Preza e Augusto (2012), em que 55,2% relatam não haver sobra de produto, 41,3% as utilizam em outra aplicação e 3,5% mencionam jogá-las no solo.

O relato da ausência de sobras após a aplicação muitas vezes ocorre não pelo cálculo correto da quantidade a ser empregada, mas pela reaplicação, o que pode acarretar em uma aplicação com quantidades superiores às realmente necessárias para os cultivos (PREZA & AUGUSTO, 2012). No que diz respeito à reutilização das sobras do produto, sabe-se que estes não devem ser armazenados após preparo, pois se desconhece os efeitos à saúde das interações químicas e dos subprodutos gerados nessas misturas (PREZA & AUGUSTO, 2012).

A prática de lavar as embalagens vazias está relacionada com a diminuição dos riscos de contaminação do meio ambiente e também sua proteção. Ainda permite o aproveitamento integral do produto (QUINTELA, 2004). Conforme o § 5º do art. 53 do Decreto Federal nº 4.074/2002 (BRASIL, 2002), as embalagens rígidas, que contiverem formulações miscíveis ou dispersíveis em água, deverão ser submetidas pelo usuário à operação de tríplice lavagem, ou tecnologia equivalente, conforme orientação constante de seus rótulos, bulas ou folheto complementar. No presente estudo, 98 agricultores (75,4%) relataram realizar a tríplice lavagem das embalagens. Em outro estudo, foi encontrado um índice mais alto, em que 93,3% dos entrevistados disseram realizá-la (BOHNER *et al.*, 2013). Essa prática, apesar de ser difundida e prescrita, ainda não foi incorporada por muitos produtores, que não veem nela uma forma de diminuição dos danos causados ao meio ambiente. Em estudo de Carneiro *et al.* (2004), na cidade de Guaíra (SP), técnicos do Centro de Vigilância Sanitária relataram frequentemente recolher nas matas e nos acostamento de rodovias regionais embalagens descartadas de agrotóxicos, sem qualquer norma de segurança.

Sobre a devolução das embalagens de agrotóxico, 67 agricultores (51,5%) relatam devolvê-las em coleta realizada pelo município, outros três agricultores (2,3%) devolvem as embalagens na loja de insumos agrícolas, um agricultor (0,8%) devolve as embalagens

na cooperativa e 59 agricultores (45,4%) dizem dar outro destino às embalagens. Dentre estes últimos a maioria (81,4%) armazena-as em algum lugar da propriedade, 13,6% afirmam queimar as embalagens, 3,4% enterram em algum lugar da propriedade e 1,7% as destinam para o lixo comum.

Preza e Augusto (2012) encontraram percentuais semelhantes em estudo realizado no município de Conceição do Jacuípe (BA), onde 62% dos entrevistados relatam devolver as embalagens vazias nas lojas de insumos agrícolas e 31% as descartam inadequadamente no campo.

Delgado e Paumgartten (2004), em estudo realizado em Paty do Alferes (RJ), em 1997, verificaram que não existia um padrão quanto à prática de descarte das embalagens de agrotóxicos, que muitas vezes eram inutilizadas de maneira incorreta (enterradas, deixadas na própria lavoura, jogadas na mata), contribuindo para contaminação ambiental.

No Brasil, para a correta destinação das embalagens vazias de agrotóxicos foi criado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV),

visando o atendimento às exigências da Lei Federal nº 9.974/2000 (BRASIL, 2000), regulamentada dois anos depois pelo Decreto Federal nº 4.074 (BRASIL, 2002), que passou a distribuir responsabilidades dentro da cadeia produtiva agrícola, ou seja, entre agricultor, fabricante e sistema de comercialização. Observa-se, no município de Imigrante, que muitos agricultores ainda não cumprem essa lei, pois quase metade deles (45,4%) não destina corretamente as embalagens de agrotóxicos.

Alguns estudos estabelecem relações entre a exposição aos agrotóxicos e prejuízos à saúde humana. No estudo realizado em Minas Gerais, constatou-se, mediante análise sanguínea, que 50% dos trabalhadores entrevistados estavam intoxicados (SOARES *et al.*, 2003). Os dados referentes aos agricultores de Imigrante permitiram a realização de uma relação entre os sintomas relatados por eles nos últimos seis meses e a relação destes com o uso de agrotóxicos. Entre os entrevistados, 73,3% relatam ter sentido ao menos um dos sintomas, sendo que o mais citado foi dor de cabeça (70,2%), seguido por cansaço (52,1%), conforme apresentado no gráfico a seguir (Figura 2).

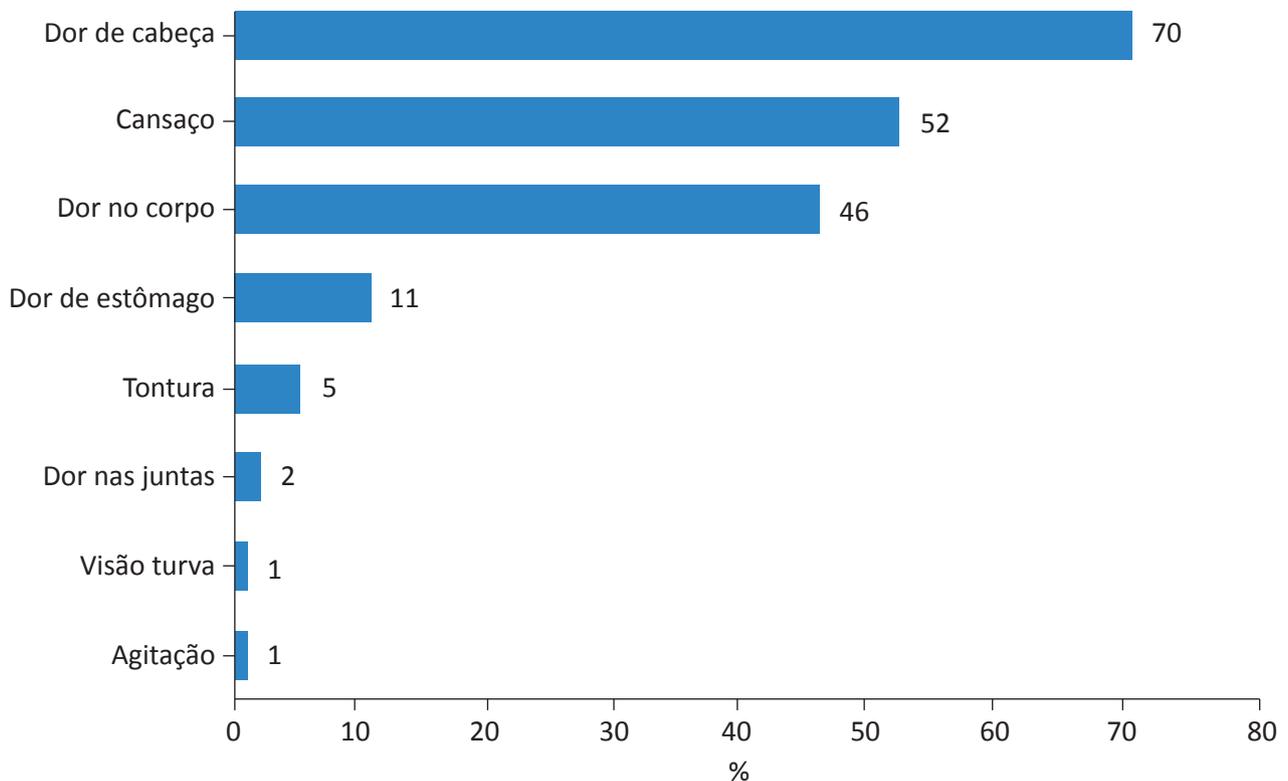


Figura 2 – Sintomas sentidos pelos agricultores do município de Imigrante (RS) nos últimos 6 meses.

Dos 73,3% que mencionaram ter sentido ao menos um dos sintomas 17 agricultores (18,1%) acreditam que estes podem ter alguma relação com o uso de agrotóxicos.

Quando questionados se ao longo da vida já haviam sentido algum mal-estar por ter usado agrotóxicos, 54 agricultores (41,5%) responderam que sim, sendo que dor de cabeça foi novamente o sintoma de intoxicação mais citado (55,6%), seguido por enjoo (48,1%) e fraqueza (11,1%) conforme apresentado no gráfico da Figura 3.

Em estudo realizado em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo (RJ) por Peres *et al.* (2004) coloca-se que, segundo os entrevistados, os principais sintomas de intoxicação são dor de cabeça, dor de barriga e tontura, corroborando com os sintomas descritos pelos agricultores de Imigrante. Preza e Augusto (2012) mencionam que 44,8% dos entrevistados referiram alguma queixa de saúde durante a aplicação de agrotóxicos e dor de cabeça também foi o sintoma mais citado.

Outros estudos identificaram como fatores de risco para intoxicação por agrotóxicos o não uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e o curto intervalo de tem-

po entre as recorrentes manipulações dos agrotóxicos (BEDOR *et al.*, 2009; RECENA & CALDAS, 2008; SOARES *et al.*, 2003). A legislação brasileira sobre EPI é a Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6). A NR-6 considera EPI todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

Dentre todos os agricultores participantes da pesquisa em Imigrante, 118 (90,8%) utilizam algum tipo de equipamento de proteção individual (EPI), enquanto 12 (9,2%) não utilizam nenhum tipo de EPI. Destes que utilizam EPIs, 95,0% usam botas; 93,3% usam roupa longa (calça e camisa de manga longa) e apenas 1,7% utilizam viseira, como pode ser visto na Figura 4. Bohner *et al.* (2013) encontraram resultados semelhantes, ou seja, 83,7% dos entrevistados usam algum tipo de EPI e 16,3% não utilizam nenhum tipo de EPI; a bota também foi o EPI mais citado, que 99,0% afirmam usar.

No estudo de Preza e Augusto (2012), 72,4% dos agricultores afirmam usar algum EPI, enquanto 27,6% não utilizam nenhum tipo de EPI. Já Gregolis *et al.* (2012) relatam que, em seu estudo com agricultores do Acre,

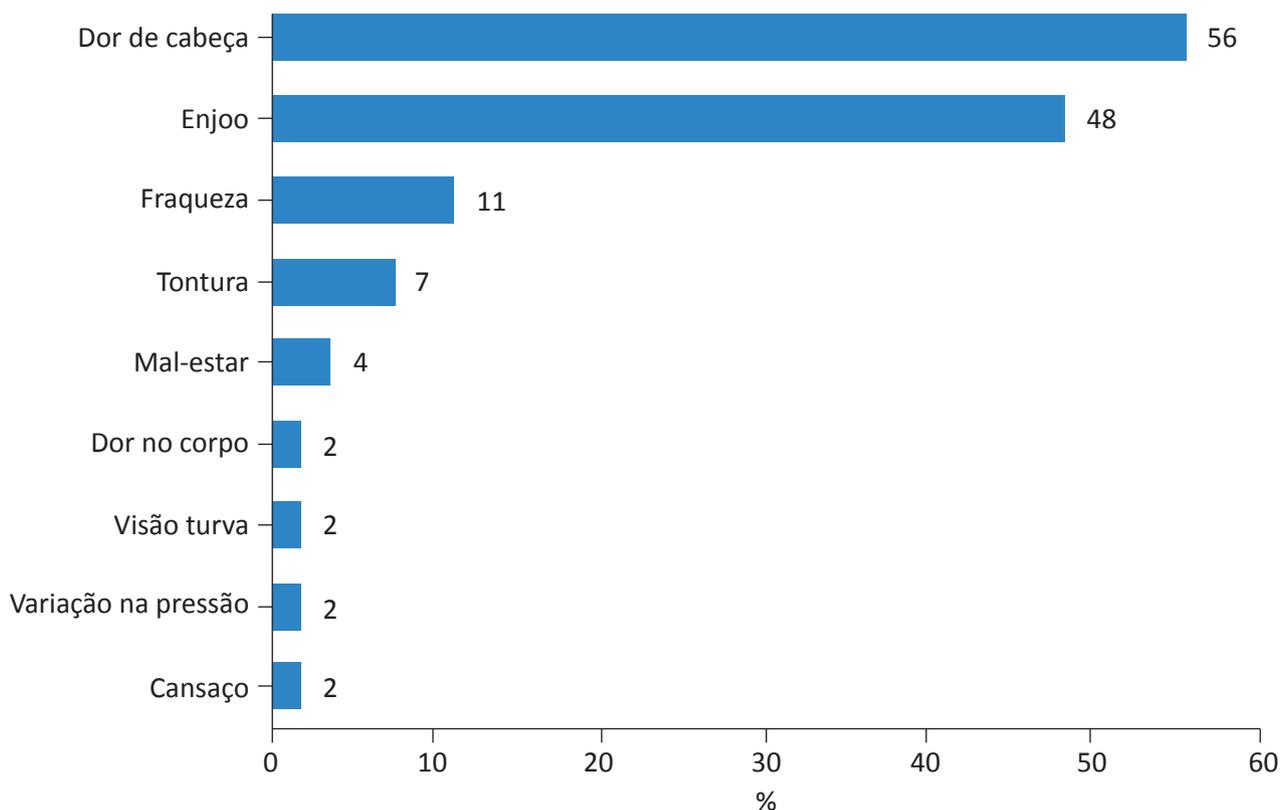


Figura 3 – Sintomas de intoxicação sentidos pelos agricultores do município de Imigrante (RS), atribuídos à utilização de agrotóxicos.

a maioria dos indivíduos pesquisados afirma usar EPI somente “às vezes” na pulverização de agrotóxicos, apresentando como razões para não utilizá-lo com frequência o fato de:

- não precisarem (13 indivíduos);
- não possuírem os equipamentos de proteção indicados (8);
- não se preocuparem (4);
- atrapalha (2); e
- falta de orientação (2).

Estudos relatam que os agricultores consideram o uso do EPI uma prática importante, mas grande parte ainda não faz uso, ou utiliza apenas alguns dos EPIs necessários (RECENA & CALDAS, 2008; BEDOR *et al.*, 2009). Agricultores entrevistados por Soares *et al.* (2003) conferem essa deficiência à dificuldade de locomoção, desconforto e calor excessivo. Fonseca *et al.* (2007) apontaram como principal motivo para a não adoção de EPI o relato dos agricultores de que a pulverização é uma tarefa rápida e que, por isso, não havia a necessi-

dade do uso de equipamento de proteção, mesmo que fosse repetida semanalmente, ao longo de toda uma vida de trabalho.

Em relação à leitura e compreensão do rótulo e da bula dos agrotóxicos, apenas 43 agricultores (33,1%) relatam ler e compreendê-los, enquanto 87 (66,9%) não leem ou não compreendem. Resultado semelhante é relatado por Bohner *et al.* (2013), que afirmam que 70% dos entrevistados não compreendem todas as informações contidas na bula, e por Oliveira-Silva *et al.* (2001), que constataram, em sua pesquisa, que 64,0% dos agricultores entrevistados no município de Magé (RJ) não realizavam a leitura dos rótulos dos produtos. Em estudo realizado por Santos *et al.* (2012) com agricultores familiares do assentamento Aroeira de Santa Terezinha (PB), apenas 13,64% dos entrevistados afirmam ler o rótulo, mas não seguem as instruções por não compreenderem o que está escrito.

Uma das causas responsáveis pelo uso inadequado de agrotóxicos é a não observação das instruções e orientações contidas no rótulo e bula dos produtos (GARCIA & ALVES FILHO, 2005). Oliveira-Silva *et al.* (2001) apontam que os níveis de escolaridade aliados à linguagem técnica das informações contidas no rótulo e bula jus-

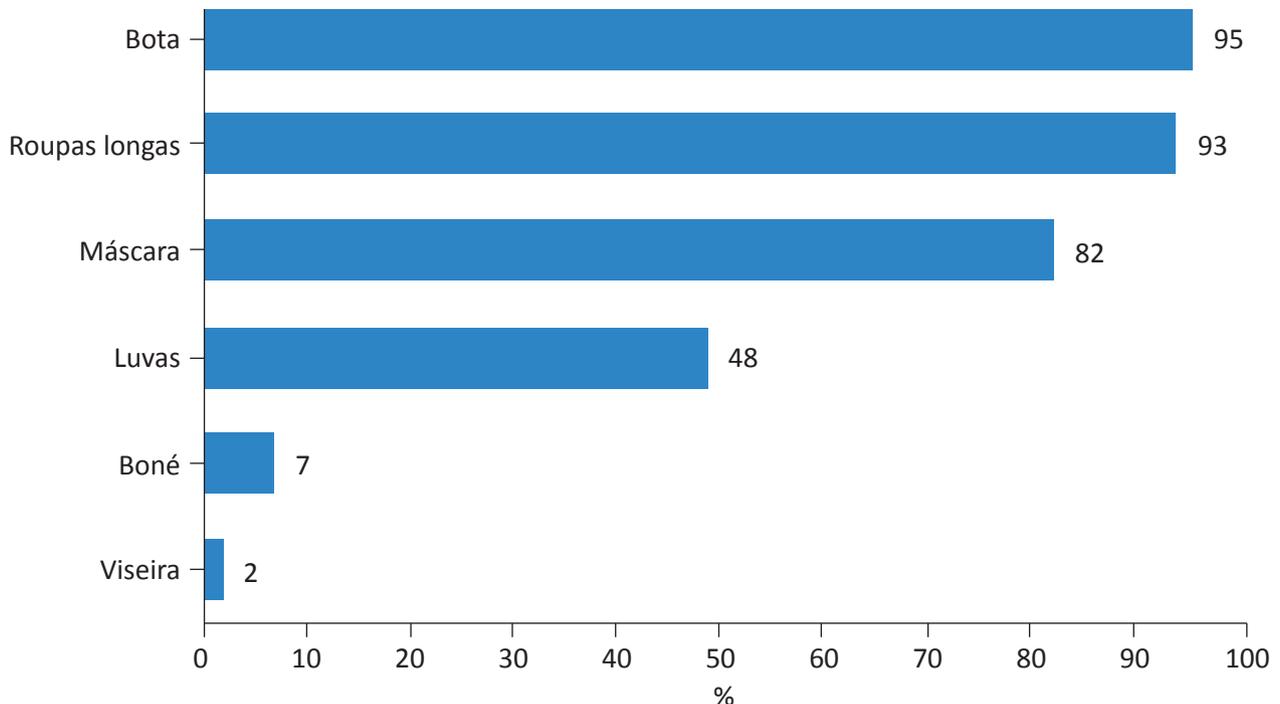


Figura 4 – EPIs utilizados pelos agricultores do município de Imigrante (RS).

tificam a deficiência na compreensão das informações pelos agricultores. No município de Imigrante, nenhum dos agricultores se declarou analfabeto, mas a maioria (83,1%) possui apenas o Ensino Fundamental incompleto, o que pode contribuir para o fato de menos da metade dos agricultores (33,1%) ler ou compreender o rótulo e a bula dos agrotóxicos.

No estudo de Waichman *et al.* (2007) sobre a associação entre o nível educacional e a leitura voluntária do rótulo do produto, concluiu-se que os mesmos não estão relacionados, uma vez que até os agricultores com mais anos de estudo não têm esse hábito. No mesmo estudo, os agricultores descreveram como principais limitantes quanto à leitura dos rótulos, sendo o uso de termos técnicos, a falta de clareza nas informações e a utilização de letras “miúdas”, que dificultam a leitura (WAICHMAN *et al.*, 2007).

Quando questionados sobre os procedimentos de higiene pessoal após contato com os agrotóxicos, 115 agricultores (88,5%) relatam tomar banho logo depois da aplicação do produto. Dos que utilizam algum EPI, 118 (90,8%) relatam lavá-lo separadamente das roupas comuns. Resultados diferentes foram encontrados em estudo realizado por Santos *et al.* (2012) em que apenas pouco mais da metade (59,09%) dos entrevistados relatam tomar banho após a aplicação do agrotóxico. A *Cartilha sobre Agrotóxicos*, distribuída pela Anvisa (2011), explica que é necessário tomar banho com sabão e bastante água corrente em caso de mal-estar após manuseio ou aplicação do agrotóxico, bem como indica a procura por ajuda médica. Além desses cuidados, essa cartilha também orienta aos agricultores que lavem as mãos sempre que puderem e bebam bastante água antes de trabalhar com os agrotóxicos e depois de se lavar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, os resultados obtidos revelam que existe um quadro de exposição humana e ambiental aos agrotóxicos. Grande parte dos agricultores afirma conhecer os riscos que essa exposição pode ocasionar, porém, é notável o uso parcial dos EPIs, bem como a não leitura e compreensão do rótulo e da bula dos agrotóxicos pela maioria dos agricultores, e, aliado a isso, observa-se que quase metade dos entrevistados já sentiu algum sintoma de intoxicação.

O descarte inadequado das embalagens também é uma preocupação constante em relação à atividade agrícola, pois contribui para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, podendo expor parte da população aos efeitos desses compostos.

Os dados obtidos neste trabalho mostram que os estudos de percepção de riscos são importantes instrumentos para a gestão ambiental e controle dos riscos associados ao uso de agrotóxicos no trabalho rural. O resultado alcançado aponta para a importância de implementação de políticas públicas que incentivem a prática agrícola mais sustentável e que reduza a vulnerabilidade a que os agricultores e o meio ambiente estão expostos.

É necessário, ainda, que se desfaça a visão de que o uso de agrotóxicos é inevitável, incentivando o enfoque agroecológico e o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis, assim contribuindo para a manutenção da capacidade produtiva e diminuindo os efeitos negativos que os agrotóxicos causam à saúde humana e ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *A Anvisa na redução à exposição involuntária à fumaça do tabaco*. Brasília: Anvisa, 2009.

_____. *Cartilha sobre agrotóxicos*. Brasília: Anvisa, 2011. (Série Trilhas do Campo).

ALVES, J. D. N.; OLIVEIRA, S. S.; MOTA, A. M.; ALMEIDA, R. H. C.; OKUMURA, R. S. Percepção de riscos do uso de agrotóxicos na cultura da laranja pela comunidade do Cubiteua, município de Capitão Poço – PA. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3594-3602, 2013.

ANDRADE, S. R. Gestão das práticas de saúde na perspectiva do cuidado complexo. *Texto & Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 483-491, 2006.

BEDOR, C. N. G.; RAMOS, L. O.; PEREIRA, P. J.; RÊGO, M. A. V.; PAVÃO, A. C.; AUGUSTO, L. G. S. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 39-49, 2009.

BOHNER, T. O. L.; ARAÚJO, L. E. B.; NISHIJIMA, T. O impacto ambiental do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. *Revista Eletrônica do Curso de Direito*, Santa Maria, v. 8, n. especial, p. 329-341, 2013. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/revistadireito/article/view/8383/5075#.Vik-__kwDnc>. Acesso em: 23 ago. 2015.

BRASIL. *Decreto Federal nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm>. Acesso em: 16 maio 2017.

_____. *Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm>. Acesso em: 16 maio 2017.

_____. *Lei Federal nº 9.974, de 6 de junho de 2000*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9974.htm>. Acesso em: 16 maio 2017.

CARNEIRO, R. M. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; NERY, A. A.; BARBOSA, A. L. M. Experiências municipais sobre resíduos perigosos: avaliação, percepção e comunicação de riscos. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, São Paulo, n. 2, p. 5-13, 2004.

CASTRO, M. G. G.; FERREIRA, A. P.; MATTOS, I. E. Uso de agrotóxicos em assentamentos de reforma agrária no município de Russas (Ceará, Brasil): um estudo de caso. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 245-254, 2011.

DELGADO, I. F.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Intoxicações e uso de pesticidas por agricultores do Município de Paty do Alferes, Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 180-186, 2004.

FONSECA, M. G. U.; PERES, F.; FIRMO, J. O. A.; UCHÔA, E. Percepção de risco: maneiras de pensar e agir no manejo de agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 39-50, 2007.

GARCIA, E. G.; ALVES FILHO, J. P. *Aspectos de prevenção e controle de acidentes no trabalho com agrotóxicos*. São Paulo: Fundacentro, 2005.

GREGOLIS, T. B. L.; PINTO, W. K.; PERES, F. Percepção de riscos do uso de agrotóxicos por trabalhadores da agricultura familiar do município de Rio Branco, AC. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 99-113, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Cidades*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431036&search=rio-grande-do-sul|imigrante>>. Acesso em: 11 set. 2015.

LEITE, M. F.; SERRA, J. C. V. Avaliação dos impactos ambientais na aplicação dos agrotóxicos. *Ambiência*, Guarapuava, v. 9, n. 3, p. 675-682, 2013.

LYZNICKI, M. S. Educational and information strategies to reduce pesticide risks. *Preventive Medicine*, Montreal, v. 26, p. 191-200, 1997.

MENICUCCI, T. M. G. O Sistema Único de Saúde – 20 anos: balanço e perspectivas. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 7, p. 1620-1625, 2009.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

OLIVEIRA-SILVA, J. J.; ALVES, S. R.; MEYER, A.; PEREZ, F.; SARCINELLI, P. N.; MATTOS, R. C. O. C.; MOREIRA, J. C. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 130-135, abr. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102001000200005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 jan. 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS. *Carta da Organização Mundial de Saúde*. OMS, 1946. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswho.html/>>. Acesso em: 16 dez. 2013.

PACHECO, P. Brasil lidera uso mundial de agrotóxicos. *Estado de S. Paulo*, São Paulo, 7 ago. 2009. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-lidera-uso-mundial-de-agrotoxicos,414820>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

PERES, F.; LUCCA, S. R.; PONTE, L. M. D.; RODRIGUES, K. M.; ROZEMBERG, B. Percepção das condições de trabalho em uma tradicional comunidade agrícola em Boa Esperança, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1059-1068, 2004.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Orgs.). *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. 384 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/sg3mt>>. Acesso em: 23 set. 2015.

PREZA, D. L. C.; AUGUSTO, L. G. S. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 89-98, jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0303-76572012000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 jan. 2016.

QUINTELA, E. D. Manejo integrado dos insetos e outros invertebrados: pragas do feijoeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 113-136, 2004.

RANGEL, C. F.; ROSA, A. C. S.; SARCINELLI, P. N. Uso de agrotóxicos e suas implicações na exposição ocupacional e contaminação ambiental. *Cadernos de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 435-442, 2011.

RECENA, M. C. P.; CALDAS, E. D. Percepção de risco, atitudes e práticas no uso de agrotóxicos entre agricultores de Culturama, MS. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 294-301, 2008.

SANTOS, M. E. O.; SANTOS, H. C.; DANTAS, H. J. O uso indiscriminado de agrotóxico na agricultura familiar no assentamento Aroeira no município de Santa Terezinha-PB. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7, 2012, Palmas. *Anais...* Palmas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012. Disponível em: <<http://propri.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/4672/3051>>. Acesso em: 12 set. 2015.

SEGRE, M.; FERRAZ, F. C. O conceito de saúde. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 538-542, 1997.

SILVA, J. M.; NOVATO-SILVA, E.; FARIA, H. P.; PINHEIRO, T. M. M. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 891-903, 2005.

SIQUEIRA, S. L.; KRUSE M. H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 584-590, 2008.

SOARES, W.; ALMEIDA, R. M. V. R.; MORO, S. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 1117-1127, 2003.

SOARES, W. L.; FREITAS, E. A. V.; COUTINHO, J. A. G. Trabalho rural e saúde: intoxicações por agrotóxicos no município de Teresópolis – RJ. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 43, n. 4, p. 685-701, 2005.

SOUZA, A.; MEDEIROS, A. R.; SOUZA, A. C.; WINK, M.; SIQUEIRA, I. R.; FERREIRA, M. B. C.; FERNANDES, L.; LOAYZA HIDALGO, M. P.; TORRES, I. L. S. Avaliação do impacto da exposição a agrotóxicos sobre a saúde de população rural: Vale do Taquari (RS, Brasil). *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3519-3528, ago. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232011000900020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 jan. 2016.

STOPPELLI, I. M. B. S.; MAGALHÃES, C. P. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, p. 91-100, 2005.

TROIAN, A.; OLIVEIRA, S. V.; DALCIN, D.; EICHLER, M. L. O uso de agrotóxicos na produção de fumo: algumas percepções de agricultores da comunidade de Cândido Brum, no município de Arvorezinha (RS). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/844.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

VEIGA, M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 145-152, 2007.

WAICHMAN, A. V.; EVE, E.; SILVA, N.; NAILSON, C. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. *Crop Protection*, Tehran, v. 26, n. 4, p. 576-583, 2007.

ZERWES, C. M.; SECCHI, M. I.; CALDERAN, T. B.; BORTOLI, J.; TONETTO, J. F.; TOLDI, M.; OLLIVEIRA, E. C.; SANTANA, E. R. R. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 651-663, 2015.

ANÁLISE ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NO ENTORNO DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL

SPATIAL ANALYSIS OF FOREST PATCHES IN A PROTECTED AREA SURROUNDING

Gabriela Galetti Rusca

Engenheira florestal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) e mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Mayra Cristina Prado de Moraes

Bacharel em Ciências Biológicas pela UNESP. Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental pela UFSCar e doutoranda no Programa de Ciências Ambientais na UFSCar.

Roberta Aversa Valente

Engenheira florestal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Mestre e doutora em Recursos Florestais e pós-doutora em Engenharia de Biosistemas pela ESALQ/USP. Professora da UFSCar, *campus* de Sorocaba.

Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues

Doutora em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Coordenadora do MBA em Restauração, Licenciamento e Adequação Ambiental, da UFSCar. Professora titular da UFSCar, *campus* de Sorocaba.

Endereço para correspondência:

Mayra Cristina Prado de Moraes – Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 – 13565-905 – São Carlos (SP), Brasil – E-mail: mayracpmoraes@gmail.com

Recebido: 04/04/2016

Aceito: 27/04/2017

RESUMO

O processo de expansão agrícola provoca um aumento na fragmentação florestal. Com o objetivo de identificar a situação espacial dos remanescentes florestais no entorno da Estação Ecológica de Avaré (EEA), no estado de São Paulo, foi realizado um mapeamento do uso e cobertura da terra e calculadas métricas de paisagem. Foram encontrados 21,2% de vegetação natural na área estudada, distribuídos em 59 manchas entremeadas por matriz agropecuária. As métricas da paisagem indicaram que a vegetação natural possui apenas 5% dos fragmentos maiores que 50 ha, sendo os outros 95% considerados pequenos para a manutenção da biodiversidade. Quando analisada a forma dos fragmentos em relação à área, notou-se que 29% possuem formas mais irregulares e alongadas, o que significa que estão mais suscetíveis a apresentar efeito de borda. Verificou-se que a EEA não se encontra isolada, e que a paisagem como um todo tem conectividade significativa, porém os remanescentes estão vulneráveis frente às pressões antrópicas exercidas pela expansão das atividades agropecuárias.

Palavras-chave: fragmentação florestal; Sistema de Informação Geográfica; conservação da biodiversidade.

ABSTRACT

The agricultural growth process leads to an increase in fragmentation of the natural vegetation. With the purpose of identify the spatial situation of the natural vegetation remaining around the Ecology Station of Avaré (EEA), São Paulo State, we conducted a mapping of land's use and coverage and calculated the landscape metrics. We found 21.2% of natural vegetation in the area, spreaded in 59 shares interspersed by agricultural and farming matrices. The landscape metrics indicated that the natural vegetation owned just 5% of the fragments larger than 50 ha and 95% of them were classified as small and not enough to keep the biodiversity's maintenance. When we analyzed the shape of the fragments, related to the area, we noticed that 29% own irregular and lengthened shapes. We found that the EEA is not isolated in the landscape, however the remaining are vulnerable upon the anthropogenic pressures performed by the agricultural and farming growth.

Keywords: forest fragmentation; Geographic Information System; biodiversity conservation.

INTRODUÇÃO

Estudos mostram que a perda da biodiversidade pode acarretar, até 2050, uma redução global de 15 a 37% das espécies endêmicas de plantas e animais, com o desaparecimento de cerca de 56 mil plantas (THOMAS *et al.* 2004; PEREIRA *et al.*, 2010). No cenário atual de conversão, em alta escala, dos ecossistemas naturais em paisagens agrícolas e urbanas, a manutenção de áreas protegidas é essencial para conservação da biodiversidade e de processos ecológicos (LAURANCE *et al.*, 2014). Muitos biomas encontram-se fragmentados na forma de pequenas manchas de vegetação natural dispersas em meio a matrizes antropizadas. Esse efeito, conhecido como fragmentação florestal, é capaz de reduzir significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes (TSCHARNTKE *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2014) e de afetar a qualidade dos recursos naturais nos ecossistemas (ALKHARABSHEH *et al.*, 2013; OZTURK *et al.*, 2013).

Nesse contexto, a forma, o tamanho do fragmento, a extensão da zona de efeito de borda (BLUMENFELD *et al.*, 2016), o tipo de vizinhança e a distância entre os fragmentos, ou grau de isolamento e conectividade (COSTA *et al.*, 2015; BLEICH & SILVA, 2013), são importantes para a persistência das populações, podendo afetar a resiliência desses fragmentos. Para verificar os pontos mencionados acima, as análises por meio de métricas da paisagem são utilizadas para mensurar o impacto da fragmentação florestal em uma paisagem (DANTAS *et al.*, 2017; PONCIANO *et al.*, 2015). Algumas análises de conectividade foram realizadas por Scolozzi e Geneletti (2012), que empregaram índices de área e de proximidade e forma na avaliação da fragmentação florestal causada por estruturas lineares (como estradas), e avaliaram tanto a conectividade de áreas naturais quanto, sobretudo, a influência da urbanização sobre essas áreas.

Moraes *et al.* (2017), através da análise histórica da paisagem do entorno de uma unidade de conservação (UC) localizada no sudeste brasileiro, realizada em um período de aproximadamente 40 anos — entre 1971

e 2008 —, concluíram que a paisagem se alterou conforme os ciclos econômicos: por exemplo, houve um acréscimo de 39% da cultura da cana-de-açúcar na paisagem e uma diminuição de quase 5% do total da cobertura florestal na área. A predominância de terras de monocultura na zona tampão de uma UC ameaçam a proteção da mesma e pode representar uma barreira para o fluxo de espécies da flora e da fauna.

A fragmentação de áreas como de Mata Atlântica e Savana afeta a conectividade funcional da paisagem no que se refere ao potencial de fluxo de polinizadores e dispersores. Esses agentes (dentre os quais as abelhas são os mais frequentes) são importantes na conservação da biodiversidade, visto que a maioria das espécies vegetais tropicais é polinizada por vetores bióticos. Quando ocorre o isolamento reprodutivo dessas populações, elas se tornam mais vulneráveis aos processos antrópicos, o que afeta todo o biosistema (MARIOT *et al.*, 2014; MAUÉS & OLIVEIRA, 2010). A Estação Ecológica de Avaré (EEA) é uma UC criada em 2010 para proteger amostras de ecossistemas de Savana e Mata Atlântica (SILVA & KANASHIRO, 2010), sendo importante também por abranger a área de recarga do Aquífero Guarani, que abriga recursos estratégicos para diversos países, além de apresentar extensas áreas de Campos Limpo e Sujo, fisionomias de Savana pouco comuns no estado de São Paulo (ARZOLLA *et al.*, 2012). Porém, para que os objetivos das UCs sejam alcançados em longo prazo, as mesmas não devem apenas atuar como unidades isoladas, mas também manter redes de fragmentos interligados, levando em consideração as pressões e os recursos presentes em seu entorno (MORAES *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o presente artigo é parte de um trabalho de mestrado (GALETTI, 2013), que teve como objetivo avaliar a atual distribuição espacial dos fragmentos de vegetação natural, em um raio de 3 km do entorno da EEA, através do uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

MATERIAIS E MÉTODOS

A EEA localiza-se no município de Avaré, a sudoeste do estado de São Paulo, entre as coordenadas 7453635N 721721,97E e 7455301,42N 725119,27E (Figura 1).

Para análise espacial do entorno da EEA, mapeou-se o uso e cobertura da terra de uma área de 3 km de distância a partir dos limites da UC, sendo a mesma

considerada na análise. A definição dos limites de estudo baseou-se na Resolução nº 428 de 2010, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabelece que, no entorno de uma UC sem zona de amortecimento estabelecida, como é o caso da EEA, o órgão gestor da UC poderá interferir na autorização de atividades impactantes em um raio de até 3 km a partir do limite da UC (BRASIL, 2010).

O mapeamento foi realizado com base na interpretação digital visual, por meio de vetorização em tela na escala 1:15.000, tomando por base uma imagem georreferenciada do satélite *RapidEye*, de março de 2010. O processo de interpretação e análise foi realizado por meio do *software* de Sistema de Informação Geográfica ARCGIS 10. Para obter a concordância entre a verdade terrestre e o mapa de uso e cobertura da terra foi estimada a exatidão de classificação por meio de matriz de erros pelo cálculo do coeficiente de *kappa* (CONGAL-

TON & GREEN, 1999), que é um indicativo da qualidade do mapa. Esse coeficiente foi de 0,78, o que indica que o mapeamento pode ser aplicado nas análises abordadas pelo estudo, pois o valor para esse índice varia de zero (0) a um (1) — quanto mais próximo de um, mais similar à realidade (MOREIRA, 2001).

Após o mapeamento do uso e cobertura da terra, foi realizada a análise espacial do entorno da EEA, baseada nas seguintes métricas: porcentagem de cada classe de cobertura, cobertura total de vegetação natural, tamanho do fragmento, área nuclear do fragmento e análise da conectividade.

As métricas da paisagem (tamanho, forma, área nuclear e conectividade dos fragmentos) foram calculadas utilizando-se a extensão V-LATE 2.0 beta (*Vector-based Landscape Analysis Tools*) do Arc GIS 10.0. Calculou-se a métrica de forma (*SHAPE*) em relação à forma de cada

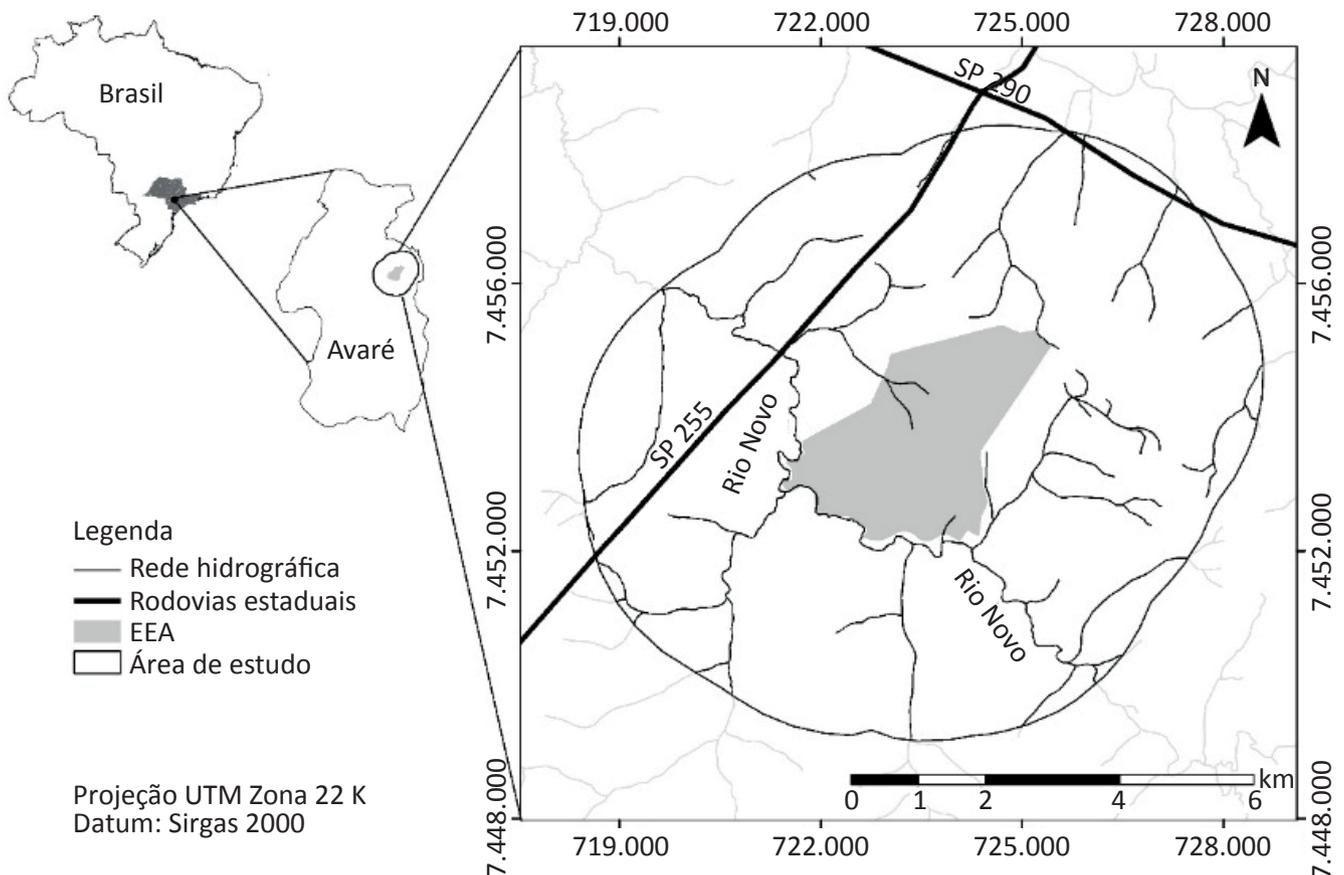


Figura 1 – Área de estudo: região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil.

um dos fragmentos de vegetação natural encontrados, comparando-os a um círculo. Para a área nuclear (*Core Area*), calculou-se o número de áreas nucleares de cada fragmento, considerando um efeito de borda de 30 m (VIDOLIN *et al.*, 2011). O processamento dos dados foi realizado com o auxílio do programa R 2.7.1 (*R Development Core Team* 2008).

Para avaliar a permeabilidade da paisagem em relação ao fluxo gênico via polinização, foi utilizado como modelo a subtribo *Euglossina*. A conectividade (*PROX*) foi calculada com base na distância de 500 m, assumida como sendo a máxima na qual espécies de *Euglossina* podem deslocar-se de um fragmento a outro para atravessar áreas abertas (BROSI, 2009).

RESULTADOS

A atividade predominante foi o cultivo da cana-de-açúcar, representada por uma área de 2131,51 ha, ou seja, 30,1% de toda área mapeada (Figura 2). A pastagem foi a segunda com maior representatividade, ocupando uma área de 1.514,4 há, o equivalente a 21,4% de classificação do mapa. Logo abaixo da pastagem, ficou a classe

vegetação natural, totalizando uma área de 1.496,9 ha, ou seja, 21,2% da área mapeada. Todos os remanescentes de vegetação natural mapeados situam-se em propriedades particulares, sendo que apenas uma área equivalente a aproximadamente 720 ha está protegida pelo poder público estadual através da EEA. A fruticultura

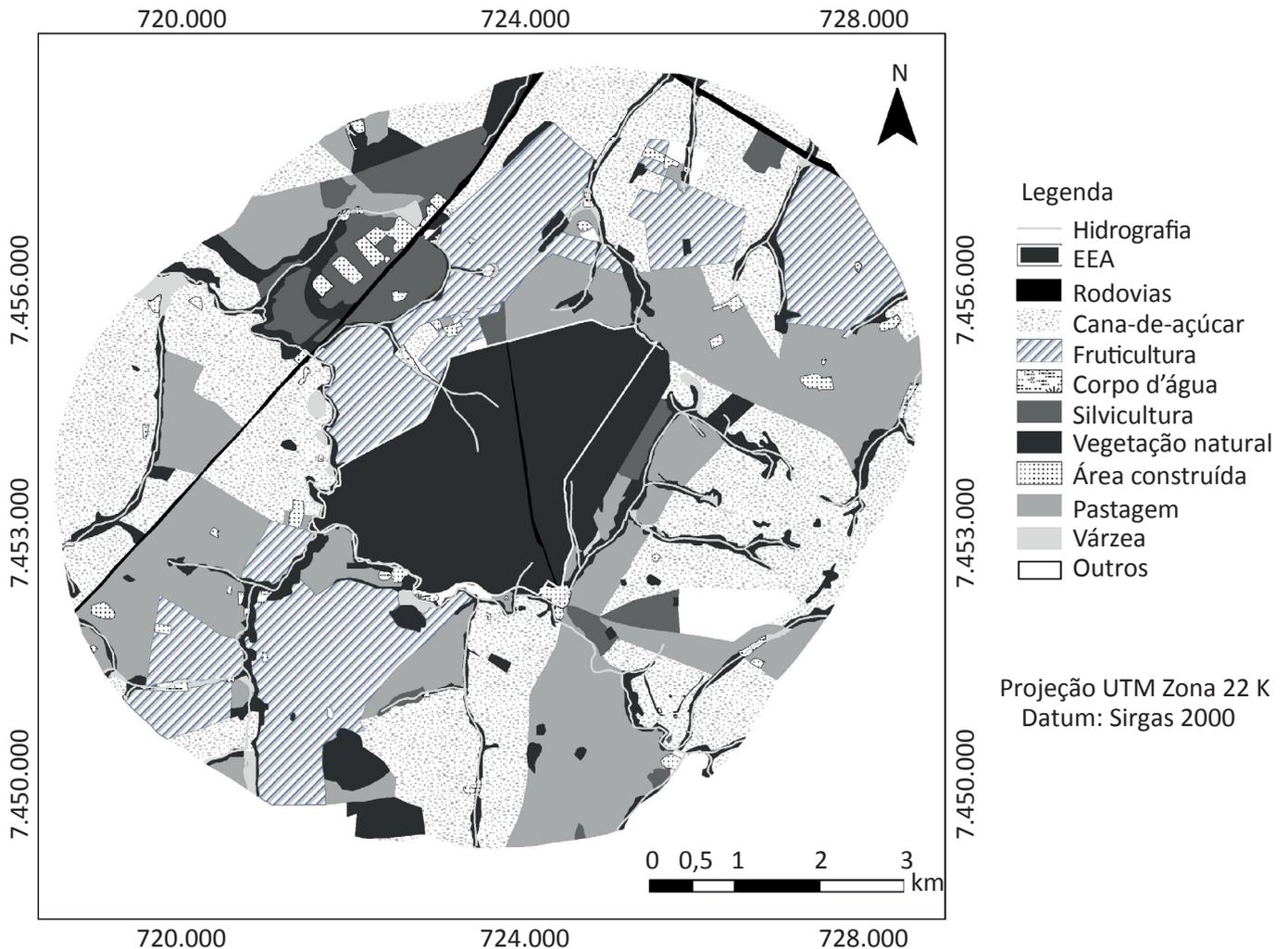


Figura 2 – Uso e cobertura da terra da região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil.

ra também se destacou na região de estudo, com uma área de 1.217 ha, ocupando 17,2% da paisagem. Tanto as classes de cana-de-açúcar e pastagem, como a de fruticultura se encontram distribuídas por toda a região de entorno da EEA com áreas contínuas e extensas.

Em relação à distribuição das classes de uso e cobertura da terra, foram identificadas 259 manchas, sendo que, destas, 59 são referentes às manchas de vegetação natural, 28 à cana-de-açúcar, 27 à pastagem e apenas 13 às manchas de fruticultura (Tabela 1). Isso reflete que, apesar de o pasto ocupar quase o mesmo território que a vegetação natural na paisagem, o número de manchas do mesmo é menor que o de vegetação natural, ou seja, as áreas com cultivo de pastagem, como também de cana-de-açúcar e fruticultura, no contexto do entorno da EEA se encontram menos fragmentadas do que os remanescentes de vegetação de Floresta Estacional Semidecidual e Savana.

A maior mancha de vegetação natural encontrada foi de 587,68 ha, sendo que nela encontra-se parte da EEA.

A maior parte das manchas de fragmentos mapeados na área de entorno da EEA foi menor ou correspondente a 10 ha, o que representa 76,3% do total de vegetação natural mapeada (Figura 3A).

Ribeiro *et al.* (2009) consideram pequenos para a manutenção da biodiversidade os fragmentos da Mata Atlântica menores que 50 ha, visto que fragmentos pequenos estão mais suscetíveis ao efeito de borda e

suportam apenas comunidades, de poucos grupos taxonômicos, muito empobrecidas.

Na área de entorno da EEA, apenas 3 fragmentos (5%) são maiores do que 50 ha; sendo assim, concluímos que cerca de 95% dos remanescentes de vegetação natural encontrados na paisagem de estudo não possuem resiliência para suportar alterações de longo prazo, tais como as esperadas oriundas das alterações do clima (RINAWATI *et al.*, 2013).

Quando analisada a forma dos fragmentos em relação à área, notou-se que 70,7% das manchas de vegetação natural apresentaram valores entre um (1) e dois (2) (Figura 3B), sendo que, destas, 29 apresentam valores bem próximo a um. Do total de manchas, 29% apresentaram índice de forma entre dois (2) e cinco (5). Quanto mais próximo de um, mais arredondado é o fragmento; já valores entre três e cinco correspondem a formas mais alongadas e irregulares (ABDALLA & CRUZ, 2015; FORMAN, 1995). Comparando a análise de tamanho de área dos fragmentos com a forma dos mesmos, foi possível diagnosticar que os fragmentos que apresentaram índice de forma entre dois e cinco correspondem em 56% àqueles com maiores áreas.

Em relação à análise da área nuclear, 69,6% dos fragmentos tiveram área nuclear menor que 1 ha e 18,2% ficaram entre 1 e 5 ha. Apenas dois fragmentos apresentaram área nuclear maior que 50 ha, as quais equivalem a 471,0 e 320,5 ha. Nesta mancha com alto valor de área nuclear se encontra a EEA. No geral, quanto

Tabela 1 – Métricas das classes de uso e cobertura da terra da região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, São Paulo, Brasil.

Classe	Área (ha)	PP (%)	MM (ha)	NM
Várzea	62,50	0,88	13,48	22
Cana-de-açúcar	2131,51	30,10	428,90	28
Fruticultura	1217,07	17,18	342,78	13
Corpo d'água	41,69	0,58	5,00	33
Silvicultura	328,52	4,64	70,36	17
Área construída	111,70	1,58	12,02	46
Pastagem	1514,36	21,40	436,20	27
Rodovia	59,18	0,83	34,90	3
Vegetação natural	1496,68	21,12	587,68	59
Outras culturas	122,60	1,73	66,56	11
Total	7085,00	100,00	587,68	259

PP: porcentagem da classe ocupada na paisagem; MM: tamanho da maior mancha em hectares; NM: número de manchas da classe.

maior a área total do fragmento, maior sua área nuclear, porém, quando ocorre alto índice de forma (*SHAPE*), fragmentos de mesma área total podem apresentar grande diferença de área nuclear.

Avaliando a conectividade funcional por meio da métrica *PROX* que varia de zero (0) a infinito, 10 fragmentos apresentaram valores entre zero (0) e um (1), sendo que o valor zero representa que a mancha é nula no raio de 500 m de distância. Os dois maiores fragmentos mapeados, com 587,7 e 346,3 ha, apresentaram altos valores de *PROX*, 20.404 e 32.270 respectivamente (Figura 3C), isto indica que estão diretamente conectados a outros

fragmentos, considerando que os valores de *PROX* aumentam à medida que aumentam as áreas dos fragmentos e diminuem as distâncias do alvo aos seus vizinhos.

De maneira geral, o resultado de conectividade entre os fragmentos foi alto, já que a média de distância entre um fragmento ao outro foi de aproximadamente 113 m, o que teoricamente permitiria que as abelhas da subtribo *Euglossina*, utilizadas como referência, pudessem atravessar a área. Apenas dois fragmentos da área de estudo se encontram a mais de 500 m de distância de outro, sendo que o fragmento mais isolado está a 590,4 m de distância do fragmento mais próximo.

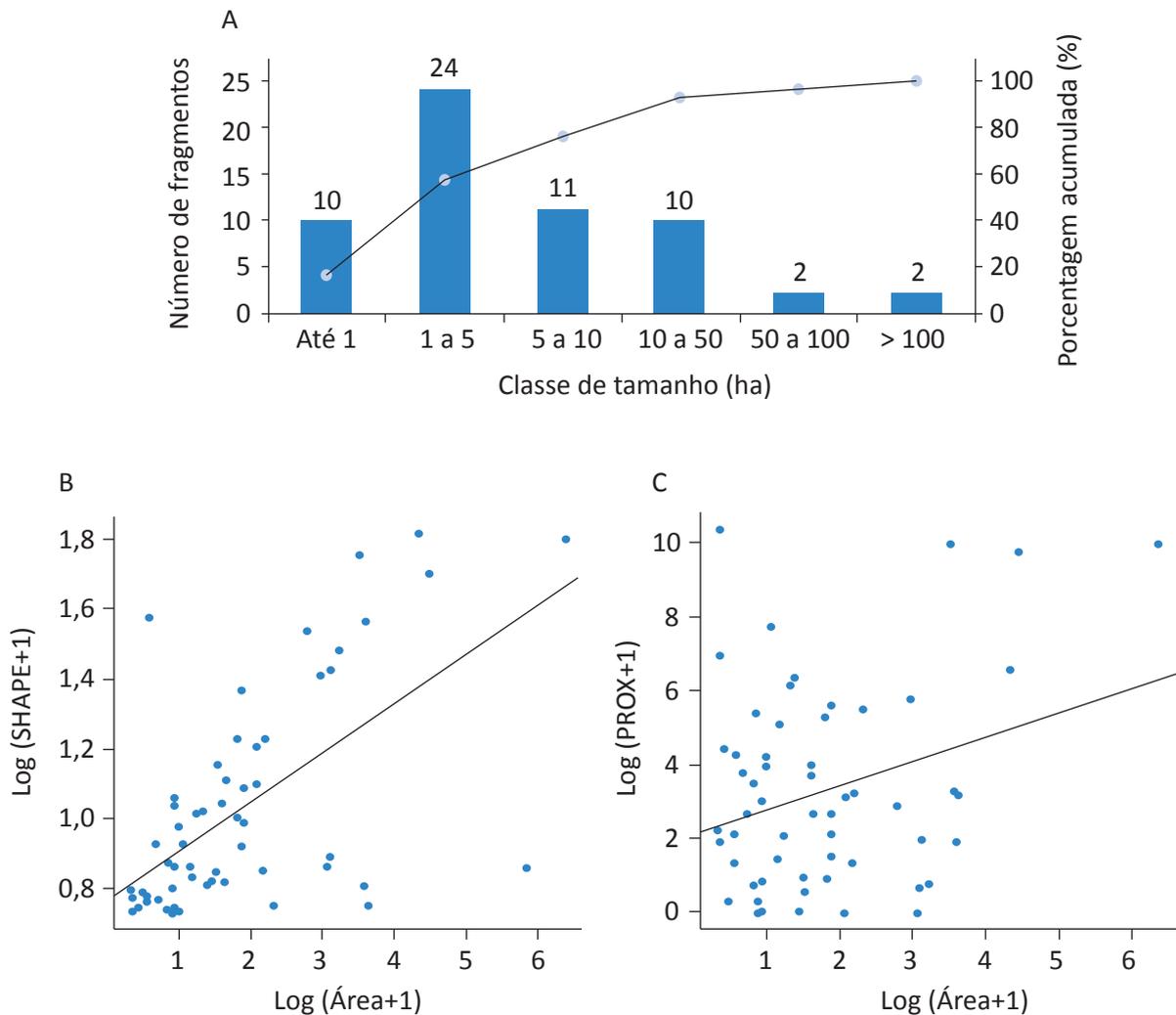


Figura 3 – (A) Número de fragmentos florestais por classe de tamanho e porcentagem acumulada de área (0% - 100%); (B) dispersão dos fragmentos florestais em função dos valores de área e forma (*SHAPE*); (C) dispersão dos fragmentos florestais em função dos valores de área e conectividade (*PROX*) utilizando o raio de 500 m.

DISCUSSÃO

A área de entorno da EEA é uma paisagem predominantemente agropecuária, sendo sua maior parte ocupada por monoculturas como a cana-de-açúcar (30,1%) e fruticultura (17,2%), e também por pastagens (21,4%). Os remanescentes de vegetação natural (21,2%) estão distribuídos em pequenos fragmentos ao redor da EEA, formada por dois fragmentos fontes, porém entremeados por matrizes agrícolas e pastos. Essa fragmentação ocorre devido à expansão e à intensificação da agricultura e é comum em paisagem de Mata Atlântica e Savana (ROMANINI *et al.*, 2016; FUSHITA *et al.*, 2016; SAWAKUCHI, 2010).

De acordo com Brancalion *et al.* (2016), apesar de a Lei nº 4771 de 1965, Código Florestal, recentemente revogada pela Lei nº 12.651 de 2012, ter evitado a retirada total da vegetação natural existente, também favoreceu a fragmentação da vegetação natural das diversas propriedades rurais, na medida em que priorizava a proteção das áreas de proteção permanente e reserva legal. A maior quantidade de manchas dos remanescentes na paisagem analisada está associada aos locais de preservação permanente ao longo de rios e possui formatos mais alongados e irregulares, assim como evidenciados em outros estudos em áreas do interior do estado de São Paulo com Savana e Mata Atlântica (MELLO *et al.*, 2014; MORAES *et al.*, 2015). Os fragmentos com forma irregular estão suscetíveis a apresentar efeito de borda, principalmente aqueles de menor área, em virtude de exporem um perímetro maior a efeitos ambientais resultantes de ações antrópicas (MORAES *et al.*, 2017; VIDOLIN *et al.*, 2011). Esses fragmentos irregulares concentrados ao longo dos rios formam corredores biológicos, os quais facilitam o fluxo de animais, de pólen e de sementes ao longo da paisagem.

Estudos mostraram que paisagens com menos de 30% de remanescentes tendem a ter apenas fragmentos pequenos e isolados; por consequência, suportam apenas comunidades, de poucos grupos taxonômicos, muito empobrecidas (MARTENSEN *et al.*, 2008; METZGER *et al.*, 2009). Com isso a área de entorno da EEA, com apenas 21,2% de vegetação nativa, em sua maioria com fragmentos menores do que 10 ha, está ameaçada no que tange aos seus processos biológicos relacionados à conservação da biodiversidade e mesmo ameaçada no que diz respeito à sua autossustentabilidade ao longo do tempo considerando um cená-

rio como o esperado por Pereira *et al.* (2010) para as atuais mudanças do clima.

A dinâmica de populações desses remanescentes depende da qualidade dos habitat. Isso é explicado através do conceito de dinâmica fonte-sumidouro, que considera o movimento dos indivíduos entre os fragmentos para a manutenção de populações (TAYLOR *et al.*, 1993). Nos habitat denominados fontes, a taxa de nascimento de indivíduos de determinada população excede a taxa de mortalidade; já nos sumidouros, a taxa de mortalidade excede a taxa de nascimento (RITCHIE, 1997). As populações localizadas em áreas consideradas como sumidouros ocupam manchas de habitat de baixa qualidade que não as suportam por longo tempo. As populações de plantas nessas áreas, principalmente árvores, são constituídas por poucos indivíduos da mesma espécie, gerando percentual considerável de cruzamento entre parentes (endogamia) e alta probabilidade de extinção das espécies no local. Já as populações das áreas fontes — habitat de maior qualidade — resistem por mais tempo, contribuindo para a recolonização de outros remanescentes, por meio da dispersão de indivíduos (COSTA, 2003). Nesse contexto, levando em consideração que a maioria dos pequenos fragmentos florestais encontrados no entorno da EEA sejam sumidouros, a EEA pode ser considerada na paisagem onde se insere como uma área fonte essencial para a manutenção dos processos de polinização, dispersão, e como fonte de propágulos, criando condições favoráveis para a manutenção da biodiversidade local.

Esses pequenos fragmentos também podem funcionar como trampolins ecológicos ou pontos de ligação (*stepping stones*), pequenas áreas de habitat dispersas do fragmento fonte de habitat original, que podem facilitar o fluxos entre os remanescentes para algumas espécies (SAURA *et al.*, 2014)..

Segundo a classificação proposta por Almeida (2008), distâncias de até 60 m são de baixo, de 120 m de médio e de 200 m de alto isolamento. Portanto, de acordo com essa classificação, a paisagem desse estudo pode ser classificada como de isolamento médio; porém, para o raio de 500 m adotado como parâmetro de conectividade utilizado por abelhas da subtribo *Euglossina*, a área de estudo manteve boa conectividade funcional. Essas abelhas representam grande parte da polinização

da Mata Atlântica e Savana, sendo que a dispersão de pólen por abelhas pequenas é a mais frequente, contribuindo significativamente para o fluxo gênico via pólen à longa distância em florestas tropicais e tornando-as um dos grupos de insetos tropicais mais importantes na polinização de espécies de plantas que possuem indiví-

duos com distribuição esparsa e baixa densidade (PIÑA-RODRIGUES & FREIRE, 2009). Na EEA, há ocorrência de espécies das famílias *Annonaceae*, *Apocynaceae*, *Bigoniaceae*, *Solannaceae*, *Euphorbiaceae* e *Rubiaceae* (SILVA & KANASHIRO, 2010) que são polinizadas por abelhas *Euglossina* (GUIMARÃES, 2011).

CONCLUSÃO

A área de entorno da EEA mostrou que os fragmentos de vegetação natural têm ocorrência e conectividade significativas; porém, esses remanescentes estão vulneráveis frente à pressão antrópica exercida pela expansão de atividades agropecuárias, como de cana-de-açúcar e fruticultura.

A maioria dos fragmentos encontrados é pequena. Porém, principalmente quando próximos dos grandes núcleos de biodiversidade, como é o caso da EEA, os fragmentos também cumprem funções relevantes ao longo da paisagem e, a longo prazo, podem expandir-se, tornando-se ainda mais importantes. De acordo com isso, quando o habitat original se encontra disperso em diversos fragmentos, isolando e reduzindo o tamanho das populações nativas, a sobrevivência das espécies depende de suas habilidades de se deslocarem pela paisagem.

Para a melhoria da qualidade ambiental dos fragmentos da região estudada, os fragmentos pequenos devem ser unidos para a formação de fragmentos maiores, a partir da recomposição da vegetação. Visando a facilitar o movimento de organismos e conectar populações espacialmente separadas, os trampolins ecológicos também podem ser considerados importante alternativa para paisagens fragmentadas, visto que, em muitos casos, a criação de corredores contínuos ou a mudança da permeabilidade da matriz antrópica não são viáveis.

Outra forma seria reforçar a proteção dos remanescentes de vegetação diretamente conectados com a EEA através da inclusão dos mesmos nos limites da estação, tornando-os também protegidos por lei. Além disso, deve-se manter uma fiscalização dessas áreas para que os impactos encontrados não avancem ilegalmente.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA L. S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 1, p. 169-184, 2015.
- ALKHARABSHEH, M. M.; ALEXANDRIDIS, T. K.; BILAS, G.; MISOPOLINOS, N.; SILLEO, N. Impact of land cover change on soil erosion hazard in Northern Jordan using remote sensing and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, v. 19, p. 912-921, 2013.
- ALMEIDA, C. G. *Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná*. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- ARZOLLA, F. A. R. D. P.; OLIVEIRA, R. C. R.; VICTOR, R. A. B. M.; KANASHIRO, M. M.; RESENDE, M. A. C. S.; SILVA, J.; PASTORE, J. A.; MATTOS, I. F. A.; AOKI, H.; PAULA, G. C. R.; VILELA, F. E. S. P.; CAMPOS, F. P.; SILVA, D. A.; MOURA, C.; ANTUNES, A. Z. A criação da estação ecológica de Avaré, SP: adequação do Horto Florestal Andrada e Silva ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 7., 2012, Natal. *Anais eletrônicos...* 2012. Disponível em: <<http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=bot.2>>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- BLEICH, M. E.; SILVA, C. J. Caracterização dos fragmentos florestais amazônicos remanescentes na microbacia hidrográfica do rio Taxidermista I em Alta Floresta, MT. *Biotemas*, Florianópolis, v. 26, n. 4, p. 45-51, 2013.
- BLUMENFELD, E. C.; DOS SANTOS, R. F.; THOMAZIELLO, S. A.; RAGAZZI, S. Relações entre tipo de vizinhança e efeitos de borda em fragmento florestal. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1301-1316, 2016.

- BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. *Natureza & Conservação*, v. 14, 2016.
- BRASIL. Resolução Conama n.º 428, de 17 de dezembro de 2010. Brasília, 2010.
- BROSI, B. J. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (*Hymenoptera: Apidae: Euglossini*). *Biological Conservation*, v. 142, p. 414-423, 2009.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Nova York: Lewis Publishers, 1999. 137 p.
- COSTA, R. B. *Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste*. Campo Grande: UCDB, 2003. 246 p.
- COSTA, O. B.; MATRICARDI, E. A. T.; PIRES, J. S. R. Análise do Processo de Fragmentação da Floresta nos Municípios de Corumbiara e Buritis - RO. *Floresta Ambiente*, v. 22, n. 3, p. 334-344, 2015.
- DANTAS, M. S.; ALMEIDA, N. V.; MEDEIROS, I. S.; SILVA, M. D. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n. 1, p. 87-97, 2017.
- FORMAN, R. T. T. *Land mosaics: the ecology of landscapes and region*. Nova York: Cambridge Press, 1995. 632 p.
- FUSHITA, A. F.; SANTOS, J. E.; SOUZA, I. M. M.; ROMANINI, E.; COSTA, R. T. Landscape Structural Indicators as a Tool to Assess Land Use Changes in Planning for Sub-Basin Sustainability (Southeastern Brazil). *Journal of Water Resource and Protection*, v. 8, p. 482-492, 2016.
- GALETTI, G. *Diagnóstico da estrutura da paisagem da Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, como subsídio à sua conservação*. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.
- GUIMARÃES, M. de O. *Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica e Mata Litorânea no estado do Ceará*. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- LAURANCE, W., SAYER, J., CASSMAN, K. G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends Ecology Evolution*, v. 29, n. 2, 2014.
- MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; BITTENCOURT, R.; REIS, M. S. Aspectos da biologia reprodutiva de *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae) em Floresta Ombrófila Mista, Sul do Brasil. *Ciências Florestais*, v. 24, n. 4, p. 877-888, 2014.
- MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 141, p. 2184-2192, 2008.
- MAUÉS, M. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Conseqüências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 238-250, 2010.
- MELLO, K.; PETRI, L.; LEITE, E. C.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. *Árvore*, v. 38, p. 309-317, 2014.
- METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; DIXO, M.; BERNACCI, L. C.; RIBEIRO, M. C.; TEIXEIRA, A. M. G.; PARDINI, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1166-1177, 2009.
- MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. *Árvore*, v. 39, p. 1-8, 2015.
- MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Protected areas and agricultural expansion: Biodiversity conservation versus economic growth in the Southeast of Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 188, p 73-84, 2017.

- MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação*. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2001.
- OZTURK, M.; COPTY, N. K.; SAYSEL, A. K. Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed. *Journal of Hydrology*, v. 497, p. 97-109, 2013.
- PEREIRA, M. H.; LEADLEY, P. W.; PROENÇA, V.; ALKEMADE, R.; SCHARLEMANN, J. P.; FERNANDEZ-MANJARRÉS, J. F.; ARAÚJO, M. B.; BALVANERA, P.; BIGGS, R.; CHEUNG, W. W.; CHINI, L.; COOPER, H. D.; GILMAN, E. L.; GUÉNETTE, S.; HURTT, G. C.; HUNTINGTON, H. P.; MACE, G. M.; OBERDORFF, T.; REVENGA, C.; RODRIGUES, P.; SCHOLLES, R. J.; SUMAILA, U. R.; WALPOLE, M. Scenarios of global biodiversity in the 21st century. *Science*, v. 330, p. 1496-1501, 2010.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREIRE, J. M. Biologia da polinização e sua aplicação na colheita de sementes florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 2009, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto de Botânica, 2009. v. 1. p. 155-172.
- PONCIANO, T. A.; FARIA, K. M.; SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S. Fragmentação da cobertura vegetal e estado das Áreas de Preservação Permanente de canais de drenagem no Município de Mineiros, Estado de Goiás. *Ambiência Guarapuava*, v. 11, n. 3, p. 545-561, 2015.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RINAWATI, F., STEIN, K.; LINDNER, A. Climate change impacts on biodiversity: the setting of a lingering global crisis. *Diversity*, v. 5, n. 1, p. 114-123, 2013.
- RITCHIE, M. E. Populations in a Landscape Context: Sources, Sinks and Metapopulations. In: BISSONETTE, J. R. (Org.). *Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale*. Nova York: Springer-Verlag, 1997. p. 160-184.
- ROMANINI, E.; FUSHITA, A. F.; SANTOS, J. E. An Approach to Environmental Planning and Sustainable Management of Watersheds and Municipalities in Southeastern Brazil. *Open Journal of Ecology*, v. 6, n. 11, 2016.
- SAURA, S., BODIN, Ö.; FORTIN, M.-J. Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *Journal of Applied Ecology*, v. 51, p. 171-182, 2014.
- SAWAKUCHI, H. O. *Alteração no uso e cobertura do solo na bacia do médio rio Araguaia, Brasil central*. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- SCOLOZZI, R.; GENELETTI, D. A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 36, p. 9-22, 2012.
- SILVA, D. A.; KANASHIRO, M. M. Caracterização do meio físico. In: ARZOLLA, F. A. R. D. P.; VILELA, F. E. S. P. (Orgs.). *Proposta para criação da Estação Ecológica de Avaré*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 2010. 61 p.
- SILVA, S. M. M.; MARTINS, K. M.; GOMES, A. G.; WADT, L. H. O. Parâmetros genéticos para a conservação de *Hymenaea courbaril* L. na Amazônia sul-ocidental. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 1, p. 87-95, 2014.
- TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, v. 68, n. 3, p. 571-573, 1993.
- THOMAS, C. D. et al. Extinction risk from climate change. *Nature*, Leeds, UK, v. 427, n. 8, p. 145-148, 2004.
- TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, n. 8, p. 857-874, 2005.
- VIDOLIN, G. P., BIONDI, D.; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com Araucária, Paraná, Brasil. *Árvore, Viçosa*, v. 35, p. 515-525, 2011.

CRISE AMBIENTAL, POLÍTICA CLIMÁTICA E O TURISMO: ALGUMAS REFLEXÕES

ENVIRONMENTAL CRISIS, CLIMATE POLICY AND TOURISM: SOME REFLECTIONS

Isabel Jurema Grimm

Pós-Doutoranda em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Gestão Ambiental pela Universidade Positivo (UP). Turismóloga. Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Carlos Alberto Cioce Sampaio

Professor da Fundação Universidade Regional de Blumenau e Universidade Positivo (UP). Pós-Doutor em Ecosocioeconomia, Cooperativismo Corporativo e Ciências Ambientais. Administrador. Doutor em Planejamento e Gestão Organizacional.

Endereço para correspondência:

Isabel Jurema Grimm – Rua Vinícius de Moraes, 109 – Pilarzinho – 82115-060 – Curitiba (PR), Brasil – E-mail: isabelgrimm@gmail.com

Recebido: 22/06/2016

Aceito: 25/05/2017

RESUMO

Neste artigo, busca-se analisar possíveis impactos e consequências das mudanças climáticas no sistema turístico, em cenários prospectivos no Brasil e no mundo. Metodologicamente, constitui-se de pesquisa bibliográfica e documental com abordagem interdisciplinar e enfoque exploratório. Delimita-se o referencial teórico-metodológico, voltando-se a evidências e perspectivas que envolvem mudanças climáticas e o turismo internacional. A coleta de dados ocorreu com entrevistas estruturadas junto aos especialistas de diferentes áreas do conhecimento: meteorologia, física, sociologia, ciências econômicas, geografia, turismo, administração, ciências sociais, biologia e engenharia ambiental. Todos demonstram aproximação com pelo menos uma das categorias: mudanças climáticas, turismo, impactos ambientais. Como resultado, tem-se evidências de impactos ambientais sobre a atividade turística internacional, o que pode indicar a necessidade de inclusão do turismo na política climática global orientando o setor para medidas de adaptação e mitigação às mudanças climáticas, tanto quanto para os desafios e oportunidades da política de baixo carbono no desenvolvimento do turismo sustentável.

Palavras-chave: mudanças climáticas; turismo; adaptação; mitigação; baixo carbono.

ABSTRACT

This paper aims to analyze several possible impacts and consequences about climate change on the tourism system, in prospective scenarios in Brazil and in the world. Its methodology consists in bibliographical and documentary research with an interdisciplinary approaching about an exploratory focusing. Regarding the theoretical-methodological reference, it intends to create some embryonic notions about evidences and perspectives which are involving global climatic changes and also the international tourism. Data's gathering was carried out through structured interviews with specialists from different areas of knowledge, as such as: meteorology, physics, sociology, economics, geography, tourism, administration, social sciences, biology, and environmental engineering. All show an approximation with at least one of the categories: climate change, tourism, environmental impacts. As a result, there is evidence of environmental impacts on international tourism activity, which may indicate the need to include tourism in global climate policy, guiding the sector toward measures to adapt and mitigate climate changes, as well as to the challenges and opportunities for the development of sustainable tourism.

Keywords: climate change; tourism; adaptation; mitigation; low carbon.

INTRODUÇÃO

A atividade turística sempre teve que afrontar diversas circunstâncias e se adaptar a novas condições, sejam econômicas, legais ou sociais. Entretanto, em face de uma nova situação, como a mudança climática, o setor se encontra diante de um fenômeno que não pode ser controlado e que exige que sejam planejadas estratégias de adaptação e mitigação que permitam desenvolver atividades turísticas em longo prazo, com vistas ao enfrentamento da nova ordem climática global. Devido à gravidade das mudanças climáticas projetadas e seus impactos, o tema está sendo integrado a pesquisas e iniciativas sustentáveis de desenvolvimento do turismo (HALL *et al.*, 2015; GRIMM, 2016).

O turismo, a exemplo de outros setores econômicos, é dependente da energia, em especial da energia derivada de combustíveis fósseis. Globalmente, o setor é responsável por cerca de 5% das emissões de CO₂, provenientes da ação antrópica. Destes, o transporte de turistas por avião contribui com 40% das emissões, por automóvel 32% e outros meios de transporte contribuem com 3% das emissões. O setor de alojamento e as atividades de recreação e lazer, representam 25% das emissões de gases de efeito estufa do setor (OMT, 2008; SIMPSON *et al.*, 2008; MORENO, 2010; RIBOT, 2011; GRIMM *et al.*, 2013; GRIMM, 2016). Entretanto, esses cálculos não contabilizam os efeitos adicionais da aviação em alta altitude, sobre os quais ainda há incerteza científica. De acordo com a Organização Mundial do Turismo (OMT, 2008), a contribuição do turismo para a mudança climática global (incluindo efeitos de forçamento radiativo) é estimada em 14%.

Previsões sinalizam que a mudança climática vai reduzir a taxa de crescimento dos movimentos turísticos internacionais, incidindo especialmente em destinos de longa e média distância. Nesse cenário, haverá, mundialmente, regiões “ganhadoras” e “perdedoras”.

Esse posicionamento responderá a uma combinação de vários fatores: maturidade dos mercados emissores, novas condições climáticas relativas de determinada região e a capacidade de adaptação da mesma frente a essas mudanças (OMT, 2008; GÖSSLING *et al.*, 2009; MACHETE, 2011).

Diante disso, o turismo tem papel relevante nesse debate, uma vez que é afetado pelos efeitos das mudanças climáticas, ao mesmo tempo que contribui para o aquecimento global (SIMPSON *et al.*, 2008; MORENO, 2010; MATZARAKIS, 2008). Portanto, sua inclusão no campo da política climática — a exemplo de outros setores econômicos mundiais como a agricultura, energia, pecuária, pesca etc. — é necessária para garantir o desenvolvimento de estratégias de enfrentamento aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Nesse contexto, este artigo busca analisar possíveis impactos e consequências das mudanças climáticas no sistema turístico — em cenários prospectivos no Brasil e no turismo internacional — e a inserção do setor na política global de redução de emissões. A metodologia tem viés interdisciplinar e sistêmico, com base em dados bibliográficos e documentais. Especialistas de diferentes áreas disciplinares colaboraram para a coleta de dados, que por meio de entrevistas estruturadas, aportaram para este constructo. Todos demonstraram aproximação com pelo menos uma das categorias: mudanças climáticas; turismo; e impactos ambientais. Como resultado, têm-se evidências de impactos ambientais sobre o turismo internacional, o que pode indicar a necessidade de inclusão do turismo na política climática global, orientando o setor para medidas de adaptação e mitigação às mudanças climáticas, tanto quanto para os desafios e oportunidades da política de baixo carbono no desenvolvimento do turismo sustentável.

REFERENCIAL TEÓRICO

A crise ambiental contemporânea e o turismo

O modelo de civilização estabelecido a partir da Revolução Industrial, com sua forma de produção e organização do trabalho, a mecanização da agricultura, o uso intenso de agrotóxicos, o aumento populacional e sua concentração nas cidades, intensificou a explora-

ção dos recursos naturais associada a um processo de formação de mercado mundial, que transforma desde a matéria-prima até os mais sofisticados produtos em demandas mundiais. Esse processo “levou à degradação ambiental de forma diferenciada entre as nações,

quer seja pela exaustão dos recursos naturais explorados, quer seja pelo destino inadequado dos resíduos gerados pelas atividades econômicas” (MARTINS COSTA, 2011, p. 4).

Contudo, Foladori (2001) destaca que, apesar das relações capitalistas pressionarem mais fortemente a destruição do meio ambiente, isso não quer dizer que não haja pressões em formas diferentes de economia de produção que causem o mesmo efeito. Para Leff (2010), outras atividades humanas também têm provocado efeitos negativos sobre a natureza e o turismo, o que vem sendo discutido, ora como atividade econômica, ora como atividade socioeconômica-ambiental.

Embora o turismo seja considerado menos agressivo que outros setores econômicos, suas dimensões podem trazer consequências negativas ao meio ambiente em termos físicos e sociais, contribuindo, mesmo que em menor escala, para a crise ambiental contemporânea. O Quadro 1 apresenta alguns impactos socioam-

bientais do turismo mundialmente relacionados à crise ambiental atual (GRIMM, 2016).

O turismo e a mudança climática possuem estreita relação, podendo ser observadas alterações do clima que já afetam ou afetarão o turismo em nível global, de forma direta ou indireta. Os impactos diretos se referem, por exemplo, à alteração nas estações climáticas (com diminuição da cobertura da neve nos destinos de inverno alpino), que influencia a escolha do destino e, conseqüentemente, o fluxo turístico, além de acarretar em danos à infraestrutura, aumento dos custos operacionais. (SCOTT *et al.*, 2012). Os efeitos indiretos incluem os impactos das mudanças climáticas sobre o ambiente natural e a diminuição da biodiversidade, que por sua vez irá reduzir a atração ambiental da localidade (FITCHETT *et al.*, 2016). Scott *et al.* (2012) incluem como impactos indiretos as alterações ambientais induzidas pelo clima que afetam o meio ambiente natural dos destinos (como a erosão costeira derivada do aumento do nível do mar ou a redução da biodiversidade

Quadro 1 – Impactos socioambientais do turismo internacional e sua relação com a crise ambiental contemporânea.

Fenômeno	Relação com o turismo	Relação com a crise ambiental contemporânea
Produção e consumo de energia	Transporte Refrigeração	Emissões de gases de efeito estufa. Destruição da camada de ozônio. Poluição do ar.
Consumo de água	Aumento do consumo durante a temporada turística. Uso desordenado e ilegal do recurso.	Escassez do recurso.
Uso e ocupação do solo	Remoção de vegetação para construção de hotéis, áreas de lazer, rodovias e outras infraestruturas. Especulação imobiliária.	Erosão do solo. Perda de biodiversidade. Destruição de habitat e da paisagem. Alteração de dunas costeiras. Crescimento desordenado.
Contaminantes	Uso de óleos, lubrificantes, hidrocarbonetos, detergentes, emissão de esgoto.	Contaminação do solo, água e ar.
Migrações	Temporada turística	Alta taxa de produção e mau descarte do lixo. Padrões de consumo. Mudança comportamental e cultural.

decorrente de um clima em mudança), influenciando novamente nos custos, riscos e escolhas. Há, ainda, desde mudanças socioeconômicas indiretas induzidas pelo clima, ocasionando danos ao desenvolvimento e ao crescimento do turismo, até instabilidade e mudança de atitudes em relação à escolha do destino em viagens. Em resposta a esses impactos, podem surgir políticas, como as de mitigação, em outros setores econômicos, afetando o turismo e o transporte turístico de várias maneiras (SCOTT *et al.*, 2012).

Como resposta a essa situação, surgem alternativas ecologicamente menos impactantes da atividade como o turismo de base comunitária¹, o ecoturismo, o turismo rural entre outras, que podem contribuir para “emissões líquidas zero” (GRIMM *et al.*, 2013), ou seja, que atuem para um equilíbrio entre a quantidade de CO₂ liberado na atmosfera em decorrência da atividade e a quantidade dela retirada. Contudo, é importante observar que, apesar de poder promover um estilo de vida ativa e saudável, o turismo baseia-se no elevado custo do consumo de recursos com crescente demanda dos consumidores, colaborando para a emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Fayos-Solà (2010) ressalta que é fundamental diferenciar as etapas da atividade turística para assim relacionar a responsabilidade dos turistas nas emissões de GEE. O autor relaciona quatro fases. A fase prévia, que considera as preferências e motivações que condicionam a escolha do destino; nessa fase os impactos ambientais são relativamente baixos. A fase de deslocamento, que suscita preocupações pelo alto grau de consumo de energia. A fase de estadia, cujos impactos e emissões dos turistas não devem ser superiores às atividades de seu lugar de residencial habitual. Finalmente, a fase do pós-viagem, considerada de reflexão e avaliação da experiência, na qual deve-se levar em conta as percepções e comportamentos do turista em relação às questões da mudança do clima (FAYOS-SOLÀ, 2010, p. 297-298).

Desafios das mudanças climáticas para o turismo global

Como atividade relacionada com o clima, o turismo se vê afetado — positiva ou negativamente — por esse

Frente a esse cenário, o desenvolvimento do turismo internacional passou a ser abordado sob uma perspectiva sustentável, cuja prática, embora de difícil delimitação, é definida pela OMT (2003), “como aquele que satisfaz as necessidades dos turistas, das regiões receptoras ao mesmo tempo que protege e potencializa novas oportunidades para o futuro”. Esse conceito encontrou muitas críticas, pois demonstra o viés utilitarista propagado pela OMT que, apesar de histórico, não incorporou outras dimensões importantes como a gestão de todos os recursos existentes, tanto do ponto de vista da satisfação das necessidades econômicas, sociais e estéticas quanto da manutenção da integridade cultural, dos processos ecológicos essenciais, da diversidade biológica e dos sistemas de suporte à vida (CANDIOTTO, 2011). De toda forma, Beni (2006) defende que o turismo sustentável deve pressupor viabilidade econômica e social, privilegiando simultaneamente a cultura local e o ambiente. Nessa esteira, Ruschmann (2008) argumenta que o turismo sustentável deve incorporar a existência de turistas mais responsáveis, privilegiando sua interação com as comunidades receptoras nos campos social, cultural e ambiental de forma equilibrada.

O desenvolvimento do turismo como atividade econômica deve reconhecer a necessidade de planejamento, tendo a complexidade do fenômeno como problemática. Deve-se observar e compreender sua transversalidade e intersectorialidade sistêmica, como forma de promover mudanças que atuem como motivadoras do desenvolvimento. Assim como a globalização democratizou e internacionalizou o mercado turístico, desencadeou também a necessidade de práticas de gestão e planejamento diferenciadas, a partir de paradigmas globais atentos à sustentabilidade local, que contraponham a perversa lógica de privatizar o lucro e socializar as perdas, e potencializem o enfrentamento das adversidades resultantes da mudança climática (GRIMM, 2016).

sistema, em dois aspectos fundamentais: a mudança nas condições climáticas (temperatura, pluviometria,

¹Estratégia de sobrevivência e comunicação social de conservação de modos de vida e preservação da biodiversidade, organizado associativamente em territórios, como arranjos socioproductivos e políticos de base comunitária, que se valem do consumo solidário de bens e serviços (SAMPAIO, 2011, p. 27).

frequência de fenômenos climáticos extremos etc.) e as mudanças que se produzem nos destinos, relacionadas com a frequência da mudança de temperatura. De acordo com Giménez (2007, p. 107), os segmentos turísticos que deverão ser mais afetados com as mudanças do clima são: o turismo de neve (esqui), o turismo de sol e praia, o turismo esportivo (*golf*), o turismo rural e os esportes náuticos. Os menos afetados são: o turismo de natureza, o turismo de congresso e eventos e o turismo cultural.

Contemporaneamente, o principal desafio do turismo internacional é contribuir para a redução de suas emissões, que deverão aumentar rapidamente nas próximas décadas, passando de 1101 Mt CO₂ em 2010, para 2957 Mt CO₂ até 2050 (GÖSSLING & PEETERS, 2015), resultante do rápido crescimento do volume e distância das viagens aéreas. A exemplo de outros setores econômicos, a participação do turismo nas emissões antropogênicas aumentará consideravelmente. Diante dessas tendências, as emissões do turismo subiriam no pátamar global de CO₂ em um cenário de 2°C, isto é, mantendo o aquecimento global abaixo dessa temperatura, até meados deste século (SCOTT *et al.*, 2010).

Reconhecendo a magnitude dos potenciais impactos que a mudança do clima poderá representar para o setor, a OMT (2008) publicou o relatório “A mudança climática e turismo – Responder aos desafios globais”, o qual analisa a relação entre as mudanças climáticas e o turismo, identificando os principais impactos em regiões e atividades, e os possíveis meios de adaptação e mitigação do setor.

Em alusão a esses impactos, vale fazer duas considerações: a primeira em relação às implicações que já estão sendo observadas em âmbito global, e ações que devem ser tomadas para amenizar os efeitos deletérios decorrentes do fenômeno climático; a segunda é que ele reflete o outro lado da situação que caracteriza a relação generalizada entre mudança climática e turismo — o reconhecimento de que o turismo, apesar de ser afetado pelas mudanças climáticas, também tem nelas uma poderosa força motriz (MATZARAKIS, 2008; MORENO, 2010).

A mudança climática poderá afetar negativamente o conjunto do sistema turístico (SISTUR) quanto à oferta, à demanda, ao espaço geográfico turístico e aos agentes. Esta poderá também aumentar a pressão para a

redução do consumo de energia, exigindo ações de redução e ecoeficiência. As alterações induzidas pelo preço da energia e do transporte poderão ter efeito nas tarifas e nos destinos mais distantes dos núcleos emissores. Tudo isso repercutirá na necessidade de estratégias para o fomento de sistemas menos poluentes, de planos de mobilidade sustentáveis nos destinos, estímulo às viagens de lazer e férias mais próximas da residência, implantação de sistema de energia renovável, sistemas de gestão ambiental e medidas de adaptação do setor turístico às mudanças climáticas (MACHETE, 2011; GRIMM, 2016).

Outros fenômenos naturais relacionados ao tempo e ao clima também poderão afetar o setor de turismo:

1. geológicos: terremotos, *tsunamis* e erupções vulcânicas;
2. eventos de tempestades: ciclones tropicais, tempestades extratropicais (de inverno), tornados tempestades e tempestades de monções regionais;
3. eventos de chuva: inundações, tempestades, ondas altas, chuva forte, granizo e relâmpago;
4. degelo: blocos de gelo e *icebergs* à deriva; e
5. o efeito *el niño/la niña*: alterações climáticas (IPCC, 2014).

Estes riscos são relevantes à segurança das pessoas, aos bens do setor turístico e também aos turistas.

Os impactos poderão comprometer a atratividade e singularidade de paisagens em razão da erosão de praias, branqueamento de corais, degelo de geleiras e até mesmo o desaparecimento de destinos turísticos insulares em todo o mundo. Poderão ainda afetar destinos turísticos diretamente, causando perdas e prejuízos à indústria hoteleira e demais serviços disponíveis em suas cercanias.

Eventos climáticos decorrentes de temperaturas extremas, modificações significativas do ciclo hidrológico ou aumento na velocidade dos ventos, demandarão atenção especial dos destinos turísticos quanto à sua infraestrutura e medidas adicionais em caso de emergências decorrentes de desastres naturais. O transporte poderá sofrer aumento de preço pela inviabilidade

de de acesso aos destinos, decorrente de quedas de barreiras, alagamentos, entre outros transtornos que afetam estradas, pontes, aeroportos, canais etc. (OMT, 2007). A disponibilidade de água potável, outro fator preponderante para manutenção dos destinos, também poderá ter seu fornecimento afetado.

Entre os aspectos de vulnerabilidade do setor, destaca-se a construção de infraestrutura turística e de comunicação em áreas de risco, particularmente em encostas e morros mais expostos aos impactos de fenômenos hidrometeorológicos extremos. A sazonalidade alterada, o estresse térmico para os turistas e a transmissão de doenças infecciosas também poderão ser relevantes. Segmentos turísticos de sol e praia, ecoturismo, esportes de neve, entre outros, poderão ser influenciados por este fenômeno quando expostos a eventos climáticos, afetando sua infraestrutura e exigindo medidas de preparação para situações de emergência, elevando os gastos de manutenção e interrompendo, por vezes, a atividade comercial (GRIMM, 2016). De acordo com a OMT (2007), isso significa que, mesmo sob condições atuais, a rentabilidade e a viabilidade dos destinos são pelo menos parcialmente influenciadas pelo clima.

Embora o turismo internacional se apresente sensível aos eventos do clima e suas variações, até recentemente, tanto o setor como a comunidade acadêmica

O turismo e a política climática global

Em meio a divergentes argumentos científicos sobre o aquecimento global e suas causas antropogênicas, uma vez que a questão não goza de unanimidade na comunidade científica, é possível constatar que a ciência das mudanças climáticas está envolvida em inúmeras incertezas, além de estar sujeita a interesses políticos aparentemente ocultos (MOLION, 2008; LINO, 2009). Tudo parte da ideia de que cientistas congregados ao Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC) e demais pesquisadores que concordam com o painel possuem razão ao defender a tese de que o aquecimento global existe, nos afeta e possui origem em práticas sociais (emissões antrópicas, desmatamento que diminui a umidade do ar, impermeabilização do solo nas grandes cidades etc.). O discurso ganhou proporção à medida que tais suspeitas projetaram dados pontuais para uma possível catástrofe global.

pouco haviam pesquisado os impactos das alterações climáticas na atividade turística, ou o peso que o turismo e atividades a ele relacionadas têm surtido em mudanças ambientais e globais. Apesar dos progressos observados na última década, algumas lacunas no conhecimento sobre as áreas de impacto e a percepção dos operadores do turismo sobre os riscos das alterações climáticas e a capacidade de adaptação indicam que o setor não está preparado para os desafios que poderão decorrer das mudanças climáticas (SCOTT & LEMIEUXA, 2009; SCOTT *et al.*, 2012).

Os impactos da mudança climática no setor turístico geram certo grau de incertezas, superior ao de impactos provenientes de outros setores econômicos. Portanto, seja qual for o resultado ambiental da mudança do clima, o turismo não pode ser visto isoladamente, pois qualquer mudança no padrão da demanda pode acarretar impactos amplos em muitos destinos, refletindo também nas áreas da política econômica e social (GRIMM, 2016). Frente a esta realidade, a OMT vem fortalecendo o debate sobre mudanças climáticas globais, o que reflete a preocupação que o tema traz para o setor turístico, para os próprios turistas e para as economias que se apoiam no gasto derivado, tendo em vista que os efeitos da mudança do clima poderão afetar todo o sistema turístico.

Em meio ao debate sobre causas e consequências da mudança climática, o turismo ganhou notoriedade, uma vez que seu desenvolvimento tem tributado para o aquecimento global. Pesquisas têm aumentado o domínio do turismo e sua relação com esse fenômeno, sendo sua presença notada em publicações de revistas científicas, documentos governamentais e eventos internacionais sobre o tema (SCOTT *et al.*, 2012; GRIMM *et al.*, 2013). Todavia, como exposto anteriormente, a produção científica que debata o turismo e sua relação com a mudança climática ainda é frágil e insuficiente.

De toda forma, alguns exemplos podem ser destacados, como a realização da Primeira Conferência Internacional sobre as Mudanças Climáticas e o Turismo, em 2003 na ilha de Djarba, na Tunísia, organizada pela OMT e pelas Nações Unidas. A ocasião buscou a cooperação internacional para concretizar, de um lado, ações comuns e homogêneas para o enfrentamento de

mudanças climáticas, e por outro, as possibilidades de diminuição de emissões de GEE geradas pelo turismo em âmbito mundial. O encontro não teve o intuito de manter um debate puramente científico, nem de abraçar a totalidade das conhecidas implicações sociais e ambientais que a mudança climática pode ter na sociedade, mas sim fortalecer as bases da relação entre turismo e mudanças climáticas, pela importância econômica que a atividade representa em muitos países, principalmente nas pequenas ilhas e em países em vias de desenvolvimento.

A Declaração de Djarba foi produzida durante o evento, conferindo ênfase à importância dos recursos hídricos para o setor de turismo e sua vinculação com as mudanças climáticas. A vulnerabilidade do desenvolvimento do turismo em ecossistemas sensíveis como em regiões costeiras, montanhosas, terras áridas e ilhas foi enfatizada. O documento dedicou-se a apoiar e estimular organizações internacionais para que estudem e investiguem os impactos recíprocos do turismo e das mudanças climáticas, incluindo lugares de interesse cultural e/ou arqueológico, em cooperação com autoridades públicas, instituições acadêmicas, organizações não governamentais (ONGs) e comunidades locais. Destacou-se que organismos internacionais, financeiros e bilaterais das Nações Unidas devem apoiar os governos de países em desenvolvimento, em particular os menos desenvolvidos, para os quais o turismo representa um setor econômico fundamental no combate à pobreza, formulando planos de ação adequados às realidades locais. Na ocasião, foram destacadas medidas de mitigação para uso de tecnologias e logística apropriadas que estimulem o consumo racional de energia, minimizando a contribuição do turismo na emissão de GEE (OMT, 2003).

Em 2007, a OMT, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM), com o apoio do Foro Econômico Mundial e do governo da Suíça, realizaram em Davos a Segunda Conferência Internacional sobre Mudanças Climáticas e o Turismo, com o objetivo de manter as discussões sobre a temática e ampliar seus estudos.

Na oportunidade, um grupo de especialistas de sete países realizou um diagnóstico sobre os impactos da mudança climática, exigindo dos organismos responsáveis a elaboração de políticas públicas de turismo em termos nacional e internacional. A Declaração de Da-

vos, em um documento intitulado *“Cambio climático y turismo: responder a los retos mundiales”*, oferece um resumo atual do conhecimento sobre os impactos atuais e futuros do fenômeno nos destinos turísticos no mundo, possíveis efeitos na demanda turística, níveis e tendências atuais das emissões de GEE gerado pelo setor e uma sinopse das respostas normativas e de gestão dos principais grupos envolvidos (organizações internacionais, administrações públicas, setor de turismo) interessados na adaptação e mitigação dos efeitos da mudança climática (OMT, 2008).

Recentemente, em Berlim, na Alemanha, um grupo de 30 especialistas em turismo, provenientes de 19 países, reuniram-se com o objetivo de questionar os caminhos do turismo e a efetividade da sua forma de desenvolvimento para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável, e a inclusão do turismo na Agenda 2030. Na ocasião, foi elaborada a Declaração de Berlim: Transformar o Turismo. O documento apresenta, entre outras, preocupações diretas sobre a relação do turismo com as mudanças do clima:

As mudanças climáticas são mais fortemente percebidas pela população mais pobre do mundo. O turismo é, ao mesmo tempo, um vetor e uma vítima das mudanças climáticas. É urgente repensar o atual modelo do turismo que depende cada vez mais das viagens aéreas e de curta duração, o que definitivamente não contribui para o desenvolvimento sustentável.

Nos preocupa a forma como as soluções tecnológicas são superestimadas em detrimento de mudanças de comportamento e no desenvolvimento de produtos para diminuição significativa das emissões de gases e do efeito estufa (Declaração de Berlim: Transformar o Turismo, 2017, p. 2).

Tal iniciativa demonstrou atenção e organização da comunidade científica internacional na mobilização em prol de iniciativas de apoio e estratégias de mitigação e adaptação, que reduzam vulnerabilidades e riscos em destinos turísticos e promovam seu desenvolvimento sustentável. Também evidenciou a importância do turista na escolha consciente e na forma responsável de realizar suas viagens, e a importância do setor para a redução da pobreza, em especial em países em vias de desenvolvimento.

O turismo desempenha papel potencialmente importante e positivo em resposta aos principais desafios da sustentabilidade em nosso tempo. No entanto, o

setor não poderá fazer frente aos problemas das mudanças ambientais, climáticas e de redução da pobreza de forma isolada. A atividade deve atuar em escala global, para poder contribuir para a consecução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. Para isso, Scott *et al.* (2016) destacam a necessidade da elaboração de estratégias normativas coerentes, que desvinculem o crescimento turístico previsto para as próximas décadas do aumento do consumo de energia e da emissão de GEE, proveniente principalmente do transporte turístico, em especial

da aviação, por meio de intervenções regulatórias mais eficientes.

Contudo, parece haver uma forte relutância dentro do setor do turismo em aceitar um futuro com menos transporte aéreo, que atualmente cobre apenas 17% das viagens turísticas globais, em prol de viagens por modais de transporte de baixo impacto, como o trem e o ônibus (GÖSSLING *et al.*, 2010). Como o turismo não considera tais futuros, os governos deverão assumir mecanismo de preços justos, sistemas regulatórios ou de comércio de emissões para o setor, a fim de desenvolver novos produtos de menor impacto (PEETERS *et al.*, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado a partir de análise bibliográfica e documental. Para o construto teórico, considerou-se o tema turismo e sua interação com as mudanças climáticas. Foram analisados 30 artigos disponíveis na base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) — *scielo*, *sciencedirect*, *sbecotur* — no período de 2008 a 2015. A seleção baseou-se nas palavras “turismo”, “mudanças climáticas”, “adaptação”, “mitigação” e “política climática” constantes em títulos, resumos e/ou palavras-chave e disponíveis nos idiomas português, espanhol e inglês. Ao serem localizados, os artigos passaram a compor os

dados de uma planilha *Excel*. Posteriormente, realizou-se a análise dos textos. Os dados documentais foram pesquisados no site da OMT e utilizados somente na composição do referencial teórico.

Nesse ponto, algumas lacunas impediram a fluência da pesquisa, pois bibliografias nesse campo são escassas considerando a inovação do tema, em especial os estudos dos impactos da mudança do clima sobre os turismos internacional e nacional. Diante disso, foram realizadas entrevistas com pesquisadores, oriundos de diferentes áreas do conhecimento, compondo um quadro interdisciplinar de especialistas.

Instrumental da pesquisa

O instrumental foi composto por entrevistas estruturadas, levando-se em conta que o colaborador deveria ter aproximação com pelo menos duas das grandes áreas: mudanças climáticas, turismo, desenvolvimento e política climática. A pesquisa, realizada em 2014 e 2015, foi constituída em etapas:

- seleção dos especialistas: participantes de universidades nacionais e estrangeiras — Coimbra, Barcelona, Austral do Chile, *King's College London*, Universidade Estadual do Ceará, Universidade do Estado da Bahia, Universidade Federal do Pará, Universidade Estadual de São Paulo; colaboradores de instituições como IPCC, o Painel Brasileiro para as Mudanças Climáticas (PBMC) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). No total, houve contribuição de 15 especialistas das áreas disciplinares: meteorologia, física, sociologia, ciências econômi-

cas, geografia, turismo, administração, ciências sociais, biologia e engenharia ambiental;

- convite via telefone ou e-mail, informando os objetivos da pesquisa;
- envio do questionário via e-mail ou entrevista realizada por telefone; e
- análise das informações para verificar a validade dos dados. Nesse ponto, o retorno dos questionários foi satisfatório, não sendo necessário solicitar esclarecimentos ou novas informações.

Por se tratar de uma pesquisa bastante específica, elaborou-se um questionário que foi enviado a todos os colaboradores, independentemente de sua área de

formação, com vistas a responder ao objetivo da pesquisa: analisar possíveis impactos e consequências das mudanças climáticas no sistema turístico em cenários prospectivos no Brasil e no turismo internacional, e a inserção do setor na política global de redução de emissões. Foram questionados e são expostos para efeito deste artigo:

- o turismo e o clima apresentam estreita relação, tendo em vista que o turismo pode ser afetado por emissões de gases causadores do efeito estufa e, ao mesmo tempo, contribuir para agravar o problema. É possível identificar oportunidades e desafios para o desenvolvimento sustentável do turismo brasileiro observando os cenários projetados pelas mudanças climáticas?

Análise dos dados

Para análise do conteúdo, os dados brutos foram tratados de maneira a serem significativos e válidos. Nesse sentido, as categorias de análise: mudanças climáticas, turismo, adaptação, mitigação, política climática e baixo carbono servem para transformar as informações obtidas junto aos especialistas em dados que sejam interpretáveis e tenham significado conforme o objetivo da pesquisa.

O cruzamento dos dados foi organizado em torno da categorização que consistiu em descobrir os núcleos de sentido que compõem o aporte de cada especialista. Em consonância com Bardin (2011), elegeu-se a regra

- poderá o turismo modificar-se e adaptar-se com êxito aos novos cenários socioambientais apontados a partir das mudanças climáticas?
- considerando a relação local-global, intrínseca ao fenômeno das alterações climáticas, é possível articular ações locais com as propostas internacionais a respeito do tema: política climática e turismo? Como?
- como promover um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa, tendo o turismo como atividade que contribua para essa redução?
- o turismo comunitário pode ser considerado uma atividade de baixo carbono, contribuindo com o enfrentamento da crise ambiental, mais especificamente das mudanças climáticas?

de enumeração com presença (ou ausência), o que na abordagem qualitativa recorre a indicadores não frequências suscetíveis de inferências. Levou-se em consideração a regra de exclusividade, em que uma frase presente em uma categoria não pode estar em outra, bem como a regra de homogeneidade, princípio que define uma categoria como sendo necessária, a fim de que houvesse apenas uma dimensão na análise. Finalmente, com sucessivas leituras, foi possível sistematizar as contribuições dos especialistas e, a partir dessas informações, relativizá-las com o propósito deste artigo, formatando assim os resultados.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável do turismo nacional: cenários projetados pelas mudanças climáticas

Alguns cenários indicam que as mudanças climáticas poderão representar potenciais riscos para o desenvolvimento do turismo mundial. Mudanças nos padrões meteorológicos nos destinos turísticos e nos países emissores podem afetar significativamente o bem-estar dos turistas, as decisões na escolha do destino de suas viagens e, conseqüentemente, diminuir o fluxo da demanda. Contudo, a falta de observações de longo prazo é um fator limitante para diagnosticar e quantificar o papel dos diferentes agentes do clima no sistema turístico. Da mesma forma, o universo das pesquisas

realizadas corresponde a regiões específicas, não disponibilizando informações relevantes quando o foco é a atividade turística nacional.

Isso poderia ser justificado pelo fato de que, apesar do crescente debate do turismo e mudanças climáticas a partir da década de 1990, o campo ainda é relativamente inexplorado, devido, principalmente, ao fraco investimento governamental na investigação das dimensões ambiental e social do turismo. No Brasil, de acordo com Ambrizzi (2014) e Marengo (2014), parece ser pouco expressivo o número de estudos interdisci-

plinares e profissionais ligados ao tema, mesmo entre aqueles que desempenham papel relevante na área das políticas públicas e instituições governamentais.

Reconhecidas as limitações em torno do conhecimento que trata da relação entre turismo e mudanças climáticas (MORENO, 2010; SIMPSON *et al.*, 2008; SCOTT & LEMIEUXA, 2009; GRIMM *et al.*, 2013), os resultados aqui apresentados têm por base a revisão bibliográfica e o encontro de saberes identificados entre os especialistas consultados.

No Brasil, a atividade turística representa 4% do produto interno bruto (PIB) nacional. Números do Ministério do Turismo mostram que 71% dos turistas internacionais usam o avião como meio de transporte para chegar ao nosso país (MTur, 2015). Esses dados vislumbram o turismo como essencial para a economia e, portanto, sua contribuição para o aquecimento global, observando-se o transporte aéreo como principal modal, exige ações de mitigação, para fazer frente aos impactos derivados da atividade e que contribuem para o aquecimento global.

Em relação ao SISTUR (demanda, oferta, espaço geográfico turístico e agentes), os impactos que podem ser esperados a partir do aumento da temperatura global são: redução nas precipitações e aumento em sua variabilidade interanual, aumento dos eventos climáticos extremos e elevação no nível do mar (MARENGO, 2014; AMBRIZZI, 2014; CORIOLANO, 2014); tais eventos podem afetar diretamente a atividade turística. No Quadro 2 são listados os possíveis impactos e consequências das mudanças climáticas no sistema turístico, em cenários prospectivos no Brasil, elaborado a partir das contribuições feitas pelos especialistas consultados (AMBRIZZI, 2014; CORIOLANO, 2014; MACHETE, 2014; BELÉN, 2014; CAMPOS FILHO, 2014; HENRIQUEZ, 2014).

A respeito dos impactos da mudança climática sobre os entornos turísticos (espaço de litoral, montanha, rural, urbano), estes deverão ser afetados de forma desigual, pois dispõem de diversificada oferta de recursos, produtos e destinos, cada qual com diferente grau de relação com o clima. De acordo com o caráter e a escala de análise com que se opera neste trabalho, os informes publicados por instituições como o IPCC (2014) e a OMT (2008), juntamente com dados de estudos científicos (GÖSSLING *et al.*, 2010; GÖSSLING &

PEETERS, 2015) e o parecer de especialistas (AMBRIZZI, 2014; BELÉN, 2014; MARENGO, 2014; MACHETE, 2014; CORIOLANO, 2014; CAMPOS FILHO, 2014; HENRIQUEZ, 2014), observa-se que zonas e produtos mais vulneráveis estão relacionados aos entornos litoral e montanha. Essa vulnerabilidade aos impactos da mudança climática não é particular no Brasil; tal cenário pode ser verificado em outros destinos turísticos mundiais (MELLO *et al.*, 2009).

No cenário nacional, Coriolano (2014) ressalta um exemplo emblemático da atividade turística na zona costeira do Ceará, vulnerável aos impactos ambientais. Para a especialista:

As alterações na temperatura do planeta podem causar alterações em fenômenos climáticos, como o *El Niño*, por exemplo, e gerar aumento do nível do mar. Isso pode aumentar eventos de inundação e agravar processos erosivos (perda de praia). Além disso, a infraestrutura urbana e turística localizada na zona costeira pode ser danificada. A alternativa para reduzir os danos desses impactos pode ser a implantação de obras de engenharia costeira, mas, em contrapartida podem afetar a balneabilidade e a beleza cênica do litoral (CORIOLANO, 2014. Especialista consultada).

Temperaturas mais amenas no sul do país podem favorecer o turismo fora do período de verão (AMBRIZZI, 2014). Destinos costeiros poderão ter algumas de suas praias afetadas, principalmente entre os meses de julho a setembro, quando os ventos são mais fortes e as marés estão mais altas. As causas do avanço do mar estão relacionadas a efeitos locais (erosão, atividades humanas, engenharia e ocupações) e globais do aquecimento do planeta. Também existem variações temporais do nível do mar que podem influir nos números de longos períodos. Como consequência, a água invade e destrói a infraestrutura construída na orla marítima (MARENGO, 2014; AMBRIZZI, 2014) Especialistas entrevistados.

Os cenários simulados a partir da mudança climática no turismo litorâneo brasileiro apontam que poderá haver deslocamento da temporada turística devido à intensificação de um período estival mais quente e seco, o que poderá favorecer a ampliação e desestacionalização da mesma. Poderá ainda ocorrer uma fragmentação do período de férias laborais, para melhor aproveitamento de condições atípicas do clima (por excesso de calor fora de temporada) e melhores condições econômicas (promoção de viagens com preços mais acessíveis).

É possível identificar oportunidades para o setor de turismo decorrentes de mudanças climáticas. Verões cada vez mais quentes poderão promover economias locais de forma indireta com a venda de produtos destinados à proteção contra os raios ultravioletas (protetores solares, chapéus, óculos etc.) e produtos paliativos do calor (bebidas, alimentos apropriados, sorvetes,

ar condicionado, ventiladores etc.), que passam a ser necessidade básica tanto de moradores locais quanto de turistas (MARENGO, 2014).

Entretanto, Belén (2014) destaca que tanto os desafios como as oportunidades dependem de variáveis que influenciam o setor de turismo de forma dire-

Quadro 2 – Possíveis impactos e consequências das mudanças climáticas no sistema turístico, cenários prospectivos no Brasil.

Fatores	Impactos	Consequências
Aumento de temperatura (oferta e demanda)	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do período adequado de exposição solar - <i>Stress</i> térmico - Aumento na incidência de câncer de pele 	<ul style="list-style-type: none"> - Redirecionamento da demanda para outros destinos potenciais (Unidade de Conservação) - Adaptação do período da viagem - Fragmentação do período de férias com diminuição da estadia - Má qualidade da experiência
Eventos extremos* (espaço geográfico turístico, demanda, oferta e agentes)	<ul style="list-style-type: none"> - Destruição da infraestrutura turística - Bloqueio de vias de acesso - Interrupção nos meios de comunicação - Mudanças do ciclo hidrológico 	<ul style="list-style-type: none"> - Especulação imobiliária - Contaminações e propagação de doenças - Falta de água potável - Alto custo de recuperação - Baixa capacidade de atendimento emergencial (resgate, evacuação, serviços médicos) - Indisponibilidade de acomodações de emergência, aconselhamento e atendimento às vítimas - Aumento no preço das viagens - Insegurança - Má qualidade da experiência - Desconfiança do consumidor
Elevação do nível do mar (espaço geográfico turístico, oferta e agentes).	<ul style="list-style-type: none"> - Degradação da praia - Branqueamento de corais - Erosão costeira - Destruição de manguezais 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição do espaço junto à areia para o lazer - Impactos na reserva de água doce - Alto custo da restauração da orla

*Tempestades tropicais, furacões, inundações, movimento de massa de solo, secas etc.

ta, quando se analisam os impactos do clima sobre a atividade. Para a especialista consultada, essas variáveis são: “el ámbito territorial, la escala de análisis, la modalidad turística, el elemento del sistema turístico contemplado (demanda turística / espacio geográfico / oferta turística / agentes y operadores del mercado) y el marco temporal”. A especialista aponta ainda que: “cada destino debe realizar estudios detallados de vulnerabilidad y establecer sus prioridades de desarrollo, antes de diseñar estrategias que permitan adaptarse al cambio climático y mitigar sus efectos, maximizando las oportunidades y minimizando los inconvenientes” (BELÉN, 2014. Especialista consultada).

Campos Filho (2014) destaca na análise dos impactos a escala temporal e espacial a ser adotada, e as características do local a ser estudado. Para o especialista, considerando um cenário macro, a mudança climática tem impactado negativamente todos os ambientes rurais e urbanos, incluindo destinos turísticos vulneráveis (atuais e potenciais), independentemente de bioma e/ou outras características geográficas.

Ao questionar os especialistas sobre a relação local-global como intrínseca ao fenômeno das alterações climáticas, identificou-se que o setor do turismo, ao fazer frente aos novos desafios impostos pela mudança do clima, deve considerar a relação local-global, articulando ações conjuntas a respeito do tema. Contudo, Marengo (2014) adverte que, apesar de a articulação global/local ser possível, é recomendável haver sinergia das ações, uma vez que não adianta reduzir as emissões localmente se o “mundo continua liberando gases na solta”. Ainda segundo o especialista, deve haver grande coordenação entre ações locais, no contexto de políticas ambientais, regionais e globais.

Implicações da política de baixo carbono para o desenvolvimento do turismo a partir do “olhar” dos especialistas

O objetivo global da política e estratégias de mitigação das mudanças climáticas é o de contribuir para o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono, buscando ecoeficiência nos diversos setores produtivos. A atividade turística também tem buscado mitigar seu tributo, incentivando novas formas de fazer turismo, valorizando a experiência da viagem e contribuindo na geração de benefícios sociais, econômicos e ambientais, por meio da mitigação

Para Ambrizzi (2014), o Brasil, como um todo, deve mostrar ao mundo que está fazendo sua parte na redução de emissões de GEE na adoção de um desenvolvimento econômico sustentável; talvez assim, o país possa influenciar mais decisivamente outras nações e, com isso, consiga propor projetos e temas a outros países rumo a um consenso, inclusive com aqueles que não assinaram o acordo global de redução em Kyoto (Protocolo de Kyoto).

Para que as ações direcionadas ao enfrentamento dos desafios impostos pela mudança do clima alcancem seus propósitos e revertam-nos em benefícios às comunidades receptoras, turistas e empresas de turismo, são necessárias parcerias entre os diversos segmentos, no sentido de legitimar as ações e unir esforços em prol de objetivos comuns. Reconhecendo essa necessidade, Redclift (2014) aposta na ação coletiva, na legitimidade e na força da sociedade civil: “*There needs to be specified links between individual and collective action and the need for strong community involvement. The key is the strength and legitimacy of civil society and its institutions*” (REDCLIFT, 2014. Especialista consultado).

Oportunidades surgem das mudanças, e o setor de turismo deverá aproveitar o momento para criar condições de desenvolvimento de uma economia de baixo carbono. Coloca-se, assim, a necessidade de os destinos turísticos brasileiros de litoral, mais vulneráveis a eventos extremos (falta de água, ondas de calor, furacões, inundações, deslizamentos, elevação do nível do mar etc.), buscarem adaptar-se aos novos cenários ambientais. Dessa adaptação, podem emergir novas formas de fazer turismo, mais solidário e sustentável, privilegiando uma atividade de menor impacto ambiental.

das emissões de carbono em atividades turísticas (GRIMM, 2016).

O turismo em si contempla amplo panorama no cenário mundial, sobretudo envolvendo planos estratégicos de ampliação das atividades do setor, bem como discursos sobre os cenários atuais e projeções no que diz respeito à sua participação na mitigação de impactos climáticos em escala global. Diante disso, questionou-se qual a forma de promover um desenvolvimento de

baixa emissão de GEE, tendo o turismo como atividade que contribua para essa redução, e se o turismo comunitário poderia representar uma condição no enfrentamento da crise ambiental, mais especificamente das mudanças climáticas.

Ao se analisar as colocações feitas pelos especialistas, percebe-se que há consenso no fato de que o setor de turismo deve trabalhar no sentido de implantar ações e estratégias de mitigação, reduzindo o consumo de energia, melhorando a eficiência energética, implantando novas tecnologias na aviação e aumentando a utilização de energias renováveis e o sequestro de carbono por meio de sumidouros. Independentemente do sucesso na redução das emissões de GEE, Scott *et al.* (2016) destacam que haverá, sem dúvida, custos associados à adaptação exigida pela mudança climática.

A capacidade do setor em adaptar-se é considerada relativamente elevada, devido à sua natureza dinâmica e, portanto, haverá oportunidades importantes para a redução de vulnerabilidade das comunidades receptoras às mudanças climáticas por parte do turismo, ao mesmo tempo que contribui nas ações de mitigação (OMT, 2007; OMT, 2008; SIMPSON *et al.*, 2008; MORENO, 2010). Neste sentido Belén (2014), destaca:

Quizás, con carácter genérico, el principal reto que el cambio climático plantea al turismo sea el entendimiento entre sector público y privado. En este sentido, el sector público debe ser capaz de proporcionar un conocimiento adecuado de los impactos (positivos y negativos) y de las mejores estrategias de adaptación y mitigación. También el sector público debe ser capaz de crear un marco normativo y de incentivos que estimulen la implicación de la empresa privada. Sólo de este modo, el sector privado será capaz de considerar el cambio climático en la toma de decisiones, tanto a corto como a largo plazo (BELÉN, 2014. Especialista consultada).

Para empresas, organizações ou instituições de turismo, neutralidade de carbono significa ter contribuição líquida zero de GEE liberados na atmosfera. Isso inclui todas as atividades diretamente controladas, incluindo viagens, compra de bens e serviços e comportamento diário de funcionários e turistas (MUKOGO, 2014). A neutralidade, ou baixa emissão de carbono, pode ser conseguida através de melhorias na organização, de eficiência das operações e equipamentos e com a oferta de atividades de lazer de menor impacto (AMBRIZZI, 2014).

A mitigação pode ser realizada por meio da inovação tecnológica e de mecanismos de mercado. Contudo, os especialistas apontam que os efeitos mais significativos da redução das emissões só podem ser alcançados com a mudança comportamental do turista, que tem mostrado, em alguns casos, características de pegada de carbono cada vez maior, como é o caso do crescente uso do transporte aéreo que, de acordo com a OMT (2008), representa 42% dos meios utilizados para deslocamento de turistas. Há também o aumento da atividade turística, com deslocamentos aéreos cada vez mais distantes, em que iniciativas de mitigação têm que mediar objetivos muitas vezes conflitantes: de um lado a necessidade de redução de emissões, do outro a necessidade de aumentar a demanda.

Da mesma forma, governos devem formular políticas públicas prevendo a integração das questões ambientais em todas as políticas de desenvolvimento do turismo. É sugerida a criação de normas de emissão de GEE para funcionamento e licenciamento de novas instalações, padrões de eficiência energética para a hotelaria e transporte, normas de reaproveitamento e uso eficiente da água, exigir de novos projetos de turismo que contenham, entre outras, iniciativas de contribuição para minimizar o impacto ambiental. Incentivos como créditos fiscais são indicados para encorajar empresas a aderir a requisitos de mitigação, e até mesmo propor suas próprias iniciativas (AMBRIZZI, 2014; BELÉN, 2014; MACHETE, 2014. Especialistas consultados).

Campos Filho (2014. Especialista consultado) adverte ainda que:

Parte da atividade turística tem adotado estratégias de modificação e adaptação aos cenários socioambientais apontados a partir das mudanças climáticas, como a implantação de critérios de sustentabilidade nas suas diferentes dimensões, com ênfase na ambiental, ancoradas ou não em processos de certificação.

Um bom começo é adotar as medidas recomendadas pelo extinto Conselho Nacional de Turismo Sustentável que em parte foram incluídas nas normas de certificação de meios de hospedagem em vigor, que tem recomendações e exigências do ponto de vista ambiental, social e econômico.

Colocadas as possibilidades de o turismo contribuir com ações de mitigação, é importante destacar que iniciativas desenvolvidas — como por exemplo, no setor de transporte aéreo com a regulação/controlado

tráfego e o aumento do preço do petróleo — buscando reduzir as emissões desse sistema, podem ter um impacto significativo nos custos e na disponibilidade desse modal, afetando negativamente a mobilidade dos turistas e diminuindo a demanda para determinados destinos. Isso poderá induzir mudanças na demanda, substituindo destinos de longa distância por outros mais próximos, regionais e locais, mas, conseqüentemente, afetar a balança comercial de países que dependem economicamente da atividade na promoção de trabalho e renda (GRIMM, 2016).

Ademais da mitigação, outros desafios são impostos ao turismo quando o tema é o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono. A sustentabilidade, por exemplo, que não é prioridade entre algumas empresas do setor, deve ser posicionada como uma oportunidade de mercado e não uma obrigação, uma vez que a demanda cada vez mais consciente de questões sociais e ambientais tem buscado destinos comprometidos com o turismo responsável.

Da mesma forma, a percepção de que o turismo, como emissor de GEE, não está alinhado à sustentabilidade deve ser combatida. A eficiência do setor como uma economia de baixo carbono passa pelo desenvolvimento sustentável e, para isso, esforços devem ser concentrados no sentido de promover medidas que possam ser aplicadas no setor, reduzindo as emissões de GEE. Entre as medidas mais simples e eficazes:

- incentivar a renovação da frota aérea por aeronaves energeticamente mais eficientes; melhorar a gestão do espaço aéreo reduzindo ineficiências nas rotas; promover mudanças no comportamento dos turistas para reduzir o uso do automóvel. Localmente, incentivar o uso de transporte alternativo (ônibus, bicicleta) e promover o turismo regional, que dispensa o transporte de longa distância;
- no alojamento, implantar medidas que visem a reduzir o gasto energético e o consumo de água. Incentivar mudanças no comportamento dos turistas para alcançar economia de consumo;
- na gastronomia, promover a cozinha tradicional do lugar, consumindo produtos locais, diminuindo ou mesmo dispensando o transporte de mercadorias em larga distância;

- promover formas alternativas de turismo, que valorizem uma atividade de menor escala e mais integrada ao entorno ecológico e cultural, associando o turismo a outras atividades produtivas tradicionais.

Sob essa perspectiva, o turismo comunitário, que acontece em menor proporção, vem sendo disseminado em comunidades tradicionais e em regiões onde populações buscam mecanismos de adaptação frente às crises ambiental e climática. Essas comunidades encontram, no turismo, uma estratégia de diversificação econômica e geração de trabalho e renda. De acordo com o especialista consultado, Henriquez (2014): “un turismo de bajo impacto sin dudas puede convertirse en atributos diferenciadores a la hora de programar un viaje con fines de turismo beneficiando con ello a comunidades locales que actúan en modalidades de turismo comunitario, solidario o sustentable”.

O turismo comunitário, solidário e sustentável sugere uma atividade de baixo impacto, uma vez que essa modalidade não demanda grandes estruturas para sua viabilização, vem contribuindo para a preservação e para a valorização das culturas tradicionais e não possui sazonalidade de veraneio típica do turismo convencional. A compreensão dos impactos climáticos e as respostas mitigadoras e adaptativas poderiam ser incorporadas à gestão desses destinos e regiões. Porém, Ambrizzi (2014) aponta que isso demandará maior esforço interdisciplinar, inter-relacionando todos os setores econômicos, entre eles o turismo.

Nas experiências e iniciativas do turismo comunitário, além dos benefícios citados, é reconhecida uma nova proposta de relação humana e institucional, que busca superar deficiências da lógica do mercado vigente. No entanto, o especialista consultado (HENRIQUEZ, 2014) adverte que “no todas las prácticas comunitarias son sustentables, hay que tener cuidado en eso. Para esto es necesario trabajar en una planificación a doc con la gente que pretende trabajar en turismo estableciendo parámetros de organización y fiscalización local (autocertificación)”.

Entre os especialistas consultados, cuja área de ação está vinculada ao turismo, há consenso ao indicar as possíveis contribuições dessa modalidade, com ações

que visem à mitigação das mudanças do clima. Entre as recomendações consideradas, destacam-se:

- evitar vinculações com os princípios de reprodução, comercialização e consumo em massa de bens e serviço padronizados, desconectando-se do objetivo de privilegiar a diversidade e a capacidade de inovação que as comunidades tradicionais possuem, a partir de seus modos de vida, cultura e história;
- não fomentar a homogeneização de ideias e desejos dos consumidores — atitude própria do turismo convencional ou de massa —, mas sim a valorização da cultura, interesses, valores e formas de vida próprias das comunidades receptoras;
- possibilitar que o turismo comunitário aconteça em localidades que realmente o desejam, sem destruir sua liberdade de escolha; e
- não promover o desenvolvimento de mais uma modalidade de turismo, privilegiando a ação coletiva em detrimento do fomento à competição, à geração de lucro e à comercialização em larga escala como fim maior.

Além disso, a mudança climática demandará do setor de turismo o desenvolvimento de novas estratégias

econômicas, tecnológicas e culturais e, uma vez que a atividade se encontra envolvida com a atenuação da pobreza, seria um erro adotar um enfoque reducionista com relação ao clima que possa perder de vista qualquer oportunidade.

Observa-se que, nos próximos anos, o fenômeno da mudança climática deverá estar presente nas políticas de desenvolvimento e gestão do turismo e, considerando que o turismo é uma atividade que contribui direta e indiretamente para o aquecimento global, este deve também internalizar essa dimensão e considerar estratégias adequadas de mitigação em seu planejamento (MARENGO, 2014; AMBRIZZI, 2014; CAMPOS FILHO, 2014. Especialistas consultados).

Frente ao exposto, pode-se indicar que o turismo, enquanto setor econômico chave para o desenvolvimento de muitas regiões, desempenha papel importante na redução da pobreza de muitas comunidades, colaborando para alcançar os ODS das Nações Unidas. Da mesma forma, é um setor que pode contribuir para a mitigação, reduzindo os efeitos colaterais das mudanças climáticas. Portanto, sugere-se que a educação e a informação do cidadão/turista sobre problemas ambientais e climáticos e sobre a forma como cada um pode colaborar com medidas de mitigação e adaptação são fundamentais para a redução de emissões de GEE pelo setor turístico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar as complexas relações entre turismo e mudança climática e, em particular, os efeitos que essas mudanças geram em diferentes destinos turísticos, nota-se que são necessárias medidas no setor, que deve se adaptar às instáveis condições do clima, adotando ações preventivas para enfrentar e minimizar possíveis efeitos das mudanças climáticas.

Nesse momento, é cabível expor suspeitas de que a institucionalização, muitas vezes, não apresenta funcionalidade ou ainda de que seja composta por sistemas regulatórios subutilizados, ignorados ou mesmo que não refletem a realidade local. Qualquer que seja a situação, a atuação isolada por vezes é inócua, tornando inoperantes ações mitigadoras que tenham algum significado plausível. Portanto, são necessárias medidas que visem à adequação de políticas públicas de turismo, subscrevendo acordos intergovernamentais, governamentais e multilaterais afins, na busca de soluções associadas que

contribuam para a redução das emissões de GEE pelo setor em escala global, regional e local.

Uma das tendências recentes no setor de turismo parece ser a adoção de medidas que visam a atenuar os impactos ambientais de suas atividades, como hotelaria e recreação, e que permitam reduzir o consumo de recursos hídricos e energéticos, melhorar os procedimentos inerentes ao tratamento de resíduos, entre outros. Essa mudança de comportamento é motivada tanto pelas regulações legais como pela redução de custos operativos e pelo aperfeiçoamento da imagem pública da empresa, que influencia a competitividade junto aos clientes. Esse gênero de medidas pode ser aplicado às várias regiões do globo e aos tipos de atividades desenvolvidas; contudo, cada região poderá sentir vulnerabilidades específicas às características do território, havendo necessidade de iniciativas de mitigação e adaptação específicas para cada lugar.

Na verdade, não existe um conjunto de medidas de mitigação e adaptação únicas. Todo o sistema turístico pode e deve tomar medidas para reduzir as emissões de gases associados a suas atividades: para os turistas, a escolha de meios de transporte menos contaminantes, a procura de produtos e atividades de pegada de carbono zero e a compensação de suas emissões quando fizer uso do transporte aéreo; para os agentes, a promoção de produtos com períodos de estadia mais longos e destinos mais próximos e o desenvolvimento de produtos e atividades de pegada de carbono zero. Governos e comunidades devem buscar desenvolver um marco normativo que estimule a economia energética e programas de educação e conscientização social. No transporte e alojamento, a eficiência energética e hídrica tem sido a alternativa mais indicada.

Do mesmo modo, observando o caminho inverso dessa abordagem, é questionável a validade de julgamentos sob a responsabilidade turística como deflagradora de mudanças climáticas. Talvez, mais modestamente, essas alterações em escala local ou regional apresentem impactos ambientais severos e localizados, que podem ser detectados nas pesquisas *in loco*, para posterior projeções ou consolidação de dados numa tentativa de projeção global. Apesar de os modelos do IPCC serem desenvolvidos em alta resolução, ainda carecem de conhecimento microclimático, podendo gerar previsões pouco precisas. Todavia, esses aspectos devem ser minimizados com o passar do tempo e não devem ser considerados como percalços às imprescindíveis ações de mitigação e adaptação a este fenômeno que é, provavelmente, um dos maiores desafios desse século.

REFERÊNCIAS

- AMBRIZZI, T. *Mudanças climáticas no cenário nacional: impactos, possibilidades e desafios para o turismo*. Especialista consultado. set. 2014.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BELÉN, M. M. G. *Turismo, clima e mudanças climáticas: uma estreita relação*. Especialista consultada. mar. 2014.
- BENI, M. C. *Política e Planejamento do turismo no Brasil*. São Paulo: Aleph, 2006.
- CAMPOS FILHO, A. V. *Turismo de Base Comunitária e as mudanças climáticas*. Especialista consultado. jun. 2014.
- CANDIOTTO, L. Z. P. Considerações sobre o conceito de turismo sustentável. *Formação*, v. 1, n. 16, p. 48-59, 2011.
- CORIOLO, L. N. *Turismo de Base Comunitária e as mudanças climáticas*. Especialista consultada. jan. 2014.
- Declaração de Berlim: transformar o turismo. 2017. Disponível em: https://issuu.com/raizesds/docs/declara_o_de_berlim_transformar_. Acesso em: mai. 2017.
- FAYOS-SOLÀ, E. *Cambio climático y turismo: realidad y ficción*. Madri: Universidad de Valência, 2010. p. 287-313.
- FITCHETT, J. M.; GRANT, B.; HOOGENDOORN, G. Climate change threats to two low-lying South African coastal towns: risks versus perceptions. *South African Journal of Science*, v. 112, n. 5/6, maio/jun. 2016.
- FOLADORI, G. *Limites do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Editora da Unicamp/Imprensa Oficial, 2001.
- GIMÉNEZ, J. F. V. Debate: turismo y cambio climático. In: FERNANDEZ, J. I. P. Turismo y cambio climático. *Revista de Análisis Turístico*, España, n. 4, p. 100-112, 2.º sem. 2007.
- GÖSSLING, S.; HALL, M.; PEETERS, P.; SCOTT, D. The Future of Tourism: Can Tourism Growth and Climate Policy be Reconciled? A Mitigation Perspective. *Tourism Recreation Research*, n. 2, v. 35, p. 119-130, 2010.

GÖSSLING, S.; HALL, M.; SCOTT, D. The challenges of tourism as a development strategy in an era of global climate change. In: PALOSOU, E. (ed.). *Rethinking development in a carbon constrained world. Development cooperation and climate change. Helsinki: Ministry of Foreign Affairs*, p. 100-119, 2009.

GÖSSLING, S.; PEETERS, P. Assessing tourism's global environmental impact 1900–2050. *Journal of Sustainable Tourism*, v. 23, n. 5, p. 639-659, 2015.

GRIMM, I. J. *Mudanças climáticas e turismo: estratégias de adaptação e mitigação*. 247 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

GRIMM, I. J.; PRADO, L.; GIACOMITTI, R. B.; MENDONÇA, F. A. Mudanças climáticas e o Turismo: desafios e possibilidades. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 8, v. 11, jul./dez. 2013.

HALL, C. M.; AMELUNG, B.; COHEN, S.; EIJGELAAR, E.; GÖSSLING, S.; HIGHAM, J.; LEEMANS, R.; PEETERS, P.; RAM, Y.; SCOTT, D. On climate change skepticism and denial in tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, n. 1, v. 23, p. 4-25, 2015.

HENRIQUEZ, C. *Turismo de Base Comunitária e as mudanças climáticas*. Especialista consultado. jun. 2014.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Summary Policymakers*. 2014. Disponível em: <<http://www.climatechange2013.org/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

LEFF, H. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 133-157.

LINO, G. L. *A fraude do aquecimento global: como um fenômeno natural foi convertido numa falsa emergência mundial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2009.

MACHETE, R. Clima e turismo num contexto de mudanças climáticas. *Finistera*, XLVI, v. 91, p. 139-154, 2011.

MACHETE, R. *Turismo, clima e mudanças climáticas: uma estreita relação*. Especialista consultada. mar./abr. 2014.

MARENGO, J. *Mudanças climáticas no cenário nacional: impactos, possibilidades e desafios para o turismo*. Especialista consultado. set./out. 2014.

MARTINS COSTA, T. V. de A. Mudanças climáticas: uma questão geopolítica. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 9., Brasília, 2011. *Anais...*, 2011. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ix_en/GT3-108-101-20110615165555.pdf>. Acesso em: 23 out. 2014.

MATZARAKIS, A. Assessment method for climate and tourism based on daily data. In: MATZARAKIS, A.; DE FREITAS, C. R.; SCOTT, D. (Orgs.). *Developments in Tourism Climatology*. Freiburg: Commission Climate, Tourism and Recreation/ International Society of Biometeorology, 2008. v. 8. p. 52-58.

MELLO, C.; MCKEOWN, J.; MINNINGER, S. (Orgs.). *Disaster Prevention in Tourism Perspectives on Climate Justice*. Germany: Ecumenical Coalition on Tourism in cooperation with EED Tourism Watch, 2009.

MINISTÉRIO DO TURISMO – MTur. Mais de 6,4 milhões de turistas estrangeiros visitaram o Brasil em 2014. 2015. Disponível em: <<http://www.turismo.gov.br/ultimas-noticias/5227-mais-de-6,4-milh%C3%B5es-de-turistas-estrangeiros-visitaram-o-brasil-em-2014.html>>. Acesso em: abr. 2015.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 3/4, p. 7-24, 2008.

MORENO, A. *Climate Change and Tourism Impacts and Vulnerability in Coastal Europe*. Tese (Doutorado) – Maastricht University, Universitaire PERS, Maastricht, 2010. Disponível em: <<http://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=20143>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

MUKOGO, R. *Greening of the Tourism Sector an Effective Mitigation Measure against Climate Change*. Vermont: International Institute for Peace through Tourism, 2014. Disponível em: <<http://www.iipt.org/IIPT%20Book/articles/Rose%20Mukogo.Greening%20of%20the%20Tourism%20Sector%20an%20effective%20Mitigation%20Measure%20against%20Climate%20Change.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO – OMT. *De Davos a Bali: la contribución del turismo al reto del cambio climático*. 2008. Disponível em: <<http://www.unwto.org>>. Acesso em: maio 2014.

_____. *Turismo internacional: uma perspectiva global*. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2003b.

_____. Turismo y cambio climático: Hacer frente a los retos comunes. Consideraciones preliminares de la OMT. 2007. Disponível em: <<http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/docuconfrontings.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2015.

PEETERS, P.; GÖSSLING, S.; BECKEN, S. Innovation Towards Tourism Sustainability: Climate Change and Aviation. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, v. 1, n.3, p. 184-200, 2006.

REDCLIFT, M.R. *Desenvolvimento, mudanças climáticas e turismo*. Especialista consultado. set. 2014.

RIBOT, J. Vulnerability before adaptation: toward transformative climate action. *Global Environmental Change*, v. 21, p. 1160-1162, 2011.

RUSCHMANN, D. *Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente*. São Paulo: Papirus, 2008.

SAMPAIO, C. A. C. Perspectiva do turismo comunitário, solidário e sustentável. In: SAMPAIO, C. A. C.; HENRIQUEZ, C.; MANSUR, C. (Orgs.). *Turismo comunitário, solidário e sustentável: da crítica às ideias e das ideias à prática*. Blumenau: Edifurb, 2011. p. 23-30.

SCOTT, D.; GOSSLING, S.; HALL, M. International tourism and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 3, p. 213-232, maio/jun. 2012.

SCOTT, D.; GÖSSLING, S.; HALL, C. M.; PEETERS, P. Can tourism be part of the decarbonized global economy? The costs and risks of alternate carbon reduction policy pathways. *Journal of Sustainable Tourism*, v. 24, n. 1, p. 52-72, 2016.

SCOTT, D.; LEMIEUXA, C. Weather and Climate Information for Tourism. *Elsevier*, v. 1, 2009.

SCOTT, D.; PEETERS, P.; GÖSSLING, S. Can tourism deliver its “aspirational” greenhouse gas emission reduction targets? *Journal of Sustainable Tourism*, v. 18, n. 3, p. 393-408, 2010.

SIMPSON, M. C.; GOSSLING, S.; SCOTT, D.; HALL, C. M.; GLADIN, E. *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices*. Paris: UNEP, University of Oxford, UNWTO, WMO, 2008. 158 p.

IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BATALHA NO RIO SÃO MARCOS: APREENSÃO POR PARTE DOS MORADORES DO ENTORNO DAS OBRAS

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE BATALHA HYDROPOWER CONSTRUCTION IN SAO MARCOS RIVER: SEIZURE OF PART THE DWELLERS IN SURROUNDING WORK

Aline de Arvelos Salgado

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Agustina Rosa Echeverría

Doutora em Educação, docente da Universidade Federal de Goiás (UFG), atuando no Instituto de Química, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática e no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais dessa universidade.

Fernanda Posch Rios

Doutora em Ciências Ambientais, docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG-GO).

Patrícia Layne Alves Traldi

Doutora em Ciências Ambientais, docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG-GO).

Marta Pereira da Luz

Engenheira civil, doutora em Ciências Ambientais, Engenheira da Eletrobras Furnas e docente da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO).

Endereço para correspondência:

Aline de Arvelos Salgado – Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área, 1488 – Setor Leste Universitário – CEP 74605-220 – Escola de Engenharia Civil e Ambiental – Goiânia (GO), Brasil – E-mail: alinearvelos@hotmail.com

Recebido: 21/01/2016

Aceito: 12/06/2017

RESUMO

Esta pesquisa objetivou analisar a concepção ambiental dos atores sociais envolvidos na implantação da usina hidrelétrica (UHE) de Batalha, localizada no Rio São Marcos, nos municípios de Cristalina (GO) e Paracatu (MG), por meio da realização de entrevistas semiestruturadas com 18 moradores. Para os entrevistados, o ambiente é visto como natureza, recurso e lugar para se viver. Os problemas ambientais na região estão, em sua maioria, relacionados à instalação da usina e, também, em alguns casos, vinculados às práticas antrópicas cotidianas. Em relação ao entendimento das ações promovidas pela empresa Eletrobras Furnas durante a instalação do empreendimento, este se configura de forma diferente de acordo com o grupo de moradores. Quanto à implantação da usina, identificam-se pontos positivos (necessidade de demanda energética, recebimento de casas novas, indenizações, apoio técnico e cursos providos por Furnas) e negativos (desterritorialização, perdas sociais, financeiras, descontentamento com algumas ações de Furnas e impactos ambientais). Como resultado, verificou-se a necessidade de promover maior participação das pessoas na tomada de decisões, bem como criar meios de comunicação mais formais que possam, de fato, sanar as dúvidas em relação às questões e aos impactos socioambientais na região, decorrentes da implantação desse tipo de empreendimento.

Palavras-chave: entrevistas semiestruturadas; ambiente; educação ambiental; Goiás; Minas Gerais.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the environmental conception of the social actors involved in the implementation of the Batalha HPP, located in the São Marcos River, in the municipalities of Cristalina (GO) and Paracatu (MG), through semi-structured interviews with eighteen residents. For those interviewed the environment is seen as nature, resource and place to live. The environmental problems in the region are mostly related to the installation of the hydropower and also mention some linked to their daily anthropic practices. Regarding understanding the actions promoted by Furnas company during the installation of the hydropower, this configuration is different according to the group of residents. Regarding the implantation of the hydropower, they identify strengths (need for energy demand, reception of new houses, indemnities, technical support and courses provided by Furnas) and weaknesses (deterritorialization, social losses, financial dissatisfaction with some Furnas actions and environmental impacts). As a result, there was the need to promote greater participation of people in decision making, as well as to create more formal media that can actually solve any doubts on the issues and environmental impacts in the region, resulting from the implementation of this type enterprise.

Keywords: semistructured interviews; environment; environmental education; Goiás; Minas Gerais.

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais ocorridos na década de 1960 representaram uma crise na civilização: um questionamento sobre a progressão da modernidade e as perspectivas de visões de sustentabilidade, que fez com que a fusão da natureza e da cultura ficasse dividida pelo dualismo ontológico e epistemológico dos tempos atuais. Assim, o movimento ecológico surgiu, com outras questões sociais, e apresentou a crise ambiental decorrente do desenvolvimento econômico e tecnológico. Com a crise ambiental, a natureza passou a estar envolvida no debate epistemológico e político sobre a sustentabilidade da vida. Com o capitalismo, foi abandonado o princípio que afirmava que a natureza era apenas a fonte da riqueza natural. O processo econômico tornou-se um crescente processo de produção, mobilizado por combustíveis fósseis que lentamente, porém de modo irreversível, transformou-se em degradação ambiental e ecológica do planeta (PORTO-GONÇALVES & LEFF, 2015).

Segundo Porto-Gonçalves (2016), a humanidade e o Planeta estão passando por um período de metamorfose, que provoca um questionamento sobre uma nova era geológica – “Antropoceno” ou “Capitaloceno” –, na qual o homem seria o principal responsável pelos impactos ocorridos.

Com o crescimento acelerado da população, cada vez mais há a necessidade de se utilizar os recursos naturais, de modo que possam ser atendidas as demandas decorrentes do aumento populacional. Pode-se citar como exemplo os reservatórios de água que vêm sendo construídos para atender aos múltiplos usos, como irrigação, geração de energia, pesca, controle de cheias, abastecimento público, entre outros.

A construção de usinas hidrelétricas (UHEs) causa transformações que afetam tanto o ambiente quanto as populações humanas e demais biotas, que são atingidas pela construção dos reservatórios. A implantação desse tipo de empreendimento provoca impactos ambientais e sociais, que modificam a região e a vida das pessoas que estão próximas à área da construção, o que justifica investigar tanto os impactos socioambientais quanto a compreensão dos indivíduos a seu respeito.

Porto-Gonçalves e Leff (2015) realizaram uma pesquisa sobre ecologia política na América Latina. Para os

autores, trata-se de um campo disciplinar e político da fusão de diferentes racionalidades na apropriação social da natureza e para a construção de um futuro sustentável, que demanda a desconstrução de teorias e práticas instituídas e enraizadas na maior parte da vida das pessoas, para estabelecer novas relações socioambientais. Um dos pontos fortemente debatidos na ecologia política dos movimentos socioambientais latino-americanos é a definição de novos caminhos para se construir um ambiente mais sustentável com base em suas características culturais e seus potenciais ecológicos.

A presente pesquisa buscou compreender os impactos socioambientais ocasionados por construções de hidrelétricas a partir dos princípios da Educação Ambiental, que prioriza a análise das relações políticas, econômicas, sociais e culturais entre a humanidade e a natureza, bem como as interações entre os seres humanos, como meio de superação dos mecanismos de controle e dominação que impedem a participação livre, consciente e democrática de todos (REIGOTA, 2009). Para tanto, objetivou-se analisar a concepção ambiental de pessoas envolvidas na implantação de uma UHE situada nos municípios de Cristalina (GO) e Paracatu (MG), como forma de avaliar o conhecimento, a compreensão e a reflexão desses sujeitos.

A pesquisa ocorreu em assentamentos situados na Área de Influência Direta (AID) da UHE de Batalha. Segundo IBASE e FURNAS (2010), tais assentamentos foram criados sob amparo da Lei nº 4.504/1964 (BRASIL, 1964), que regula os direitos e as obrigações concernentes aos bens imóveis rurais para fins de execução da reforma agrária. Nessa área, já existiam cinco projetos de assentamentos rurais, sendo quatro no município de Cristalina (Vista Alegre, Buriti das Gmelas, São Marcos e Casa Branca) e um no município de Paracatu (Jambeiro).

Todos os assentamentos da AID da UHE de Batalha foram criados entre 1999 e 2000, a partir da ocupação de propriedades por trabalhadores rurais sem-terra. As áreas originais foram desapropriadas e ocorreu a distribuição de lotes, a partir de planos de assentamento desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Em 2010, foi criado um sexto assentamento, denominado São Cristóvão, para

receber algumas das famílias que tiveram seus lotes parcial ou totalmente atingidos durante a primeira implantação da UHE de Batalha (IBASE; FURNAS, 2010).

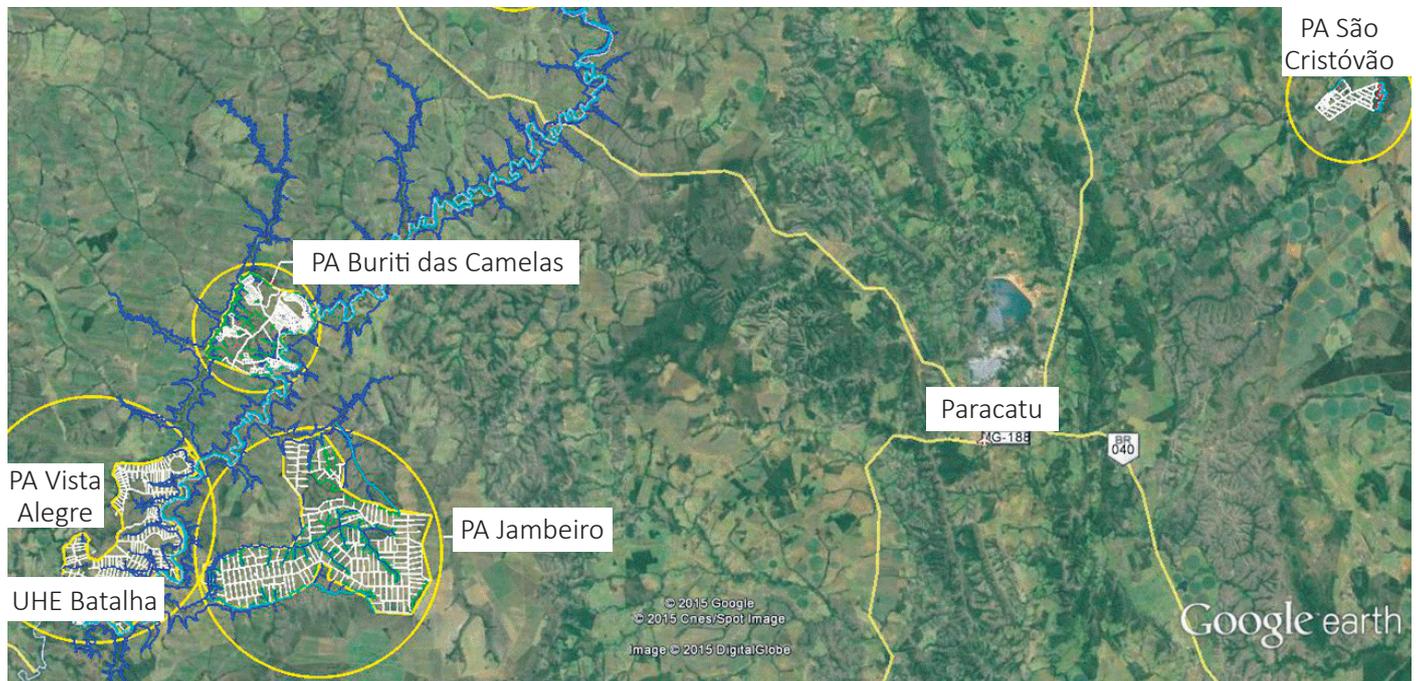
A pesquisa ocorreu em assentamentos situados na Área de Influência Direta (AID) da UHE de Batalha (Figura 1).

A ocupação do Projeto de Assentamento (PA) Jambeiro iniciou-se na fazenda de mesmo nome em 1998 e seu processo de implantação durou até 2001. Esse assentamento está situado em Paracatu (MG), a aproximadamente 80 km da cidade, sendo o maior da AID da UHE de Batalha, com 26 lotes parcialmente afetados por sua construção. Tem 10.898,861 ha e está dividido em 195 parcelas, o que corresponde ao mesmo número de famílias. A média das áreas dos lotes, nesse assentamento, é de 40 ha. Nele, há seis áreas de Reserva Legal e quatro áreas comunitárias, entre elas, a Escola Municipal Pedro Silva Neiva (IBASE; FURNAS, 2010). O PA Jambeiro abrigou famílias do interior de Minas Gerais e Goiás, originalmente integrantes do grupo de sem-terra coordenados pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR) de Paracatu e de Guarda-Mor e pela Federação dos Trabalhadores da Agricultura do Estado de Minas Gerais

(FETAEMG). A pesquisa ocorreu em assentamentos situados na Área de Influência Direta (AID) da UHE de Batalha (Figura 1).

O acesso à educação para essas famílias é garantido pela presença de escolas no assentamento rural e no interior de algumas propriedades, sendo que o ensino médio permanece restrito à área urbana de Cristalina e Paracatu. O transporte escolar é de responsabilidade das prefeituras municipais. No PA Jambeiro não existem postos de saúde, sendo todo o atendimento realizado nas cidades ou por meio de visitas periódicas de uma equipe médica que atende à população nas escolas locais. O assentamento também conta com associação de moradores formalizada.

Na implantação da UHE de Batalha, parte dos terrenos do PA Jambeiro foi inundada, fazendo com que 14 das famílias ali residentes fossem transferidas para o PA São Cristóvão. É importante mencionar que este último assentamento foi constituído por meio da aquisição de uma área de 700 ha na zona rural do município de Paracatu pela empresa Furnas Centrais Elétricas e formalmente doada ao INCRA em setembro 2010 (IBASE; FURNAS, 2010).



Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 1 – Mapa de localização dos assentamentos.

CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DA INVESTIGAÇÃO

A pesquisa caracterizou-se metodologicamente como qualitativa empírica (BOGDAN; BIKLEN, 1994), utilizando entrevistas semiestruturadas e diário de campo.

Para a realização das entrevistas, foram selecionadas 18 famílias residentes na AID de Batalha, mais especificamente nos assentamentos Jambeiro e São Cristóvão. As entrevistas foram orientadas por um roteiro com perguntas principais, complementadas por outros pontos inerentes às circunstâncias momentâneas do diálogo, de modo a garantir o foco sobre o assunto. As questões formuladas tiveram o objetivo de conhecer os fenômenos (conhecimento, compreensão e reflexão) dos sujeitos sobre a concepção ambiental. O projeto de investigação, a metodologia e o roteiro foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Para a interpretação das transcrições dos entrevistados, aqui identificados como E1 a E18, foi aplicada a técnica de análise de conteúdo temático-categorial de Bardin (2011), utilizada por Cassiano & Echeverría (2014) e Rios (2015), que favorece a compreensão da

construção de significados que os atores sociais exteriorizaram durante a entrevista, de modo a atingir níveis de compreensão mais detalhados do fenômeno. De acordo com tal proposta, a preparação do material para análise iniciou-se com a transcrição integral das entrevistas e a realização de leituras flutuantes com objetivo exploratório. Em seguida, foi efetuada a operação de pré-análise, com a formulação de hipóteses e objetivos e a elaboração de índices que fundamentaram a interpretação final, com o alinhamento dos enunciados intactos, de maneira a permitir uma classificação por equivalência. Foi realizada a inferência com base na presença do índice (tema, palavra, entre outras), e não sobre a frequência da sua aparição.

Como ferramenta de auxílio à análise de dados oriundos de pesquisas qualitativas, como a aqui abordada, foi utilizado o *software* WebQDA (*Web Qualitative Data Analysis*) para estruturação e simplificação do processo de categorização, potencializando a síntese dos resultados e trazendo a transparência e o rigor técnico necessários a toda pesquisa científica (LOPES et al., 2013).

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A implantação da UHE de Batalha afetou de forma distinta a vida dos moradores da região de sua AID. Assim, foram identificados grupos de acordo com suas características em relação à maneira como as pessoas foram afetadas pela implantação da usina (Figura 2). As características são:

1. Indiretamente atingidos: entrevistados residentes no PA Jambeiro, cujas terras não foram diretamente inundadas com a construção do reservatório da UHE de Batalha.
2. Atingidos: entrevistados que moram no PA Jambeiro, os quais tiveram suas terras diretamente

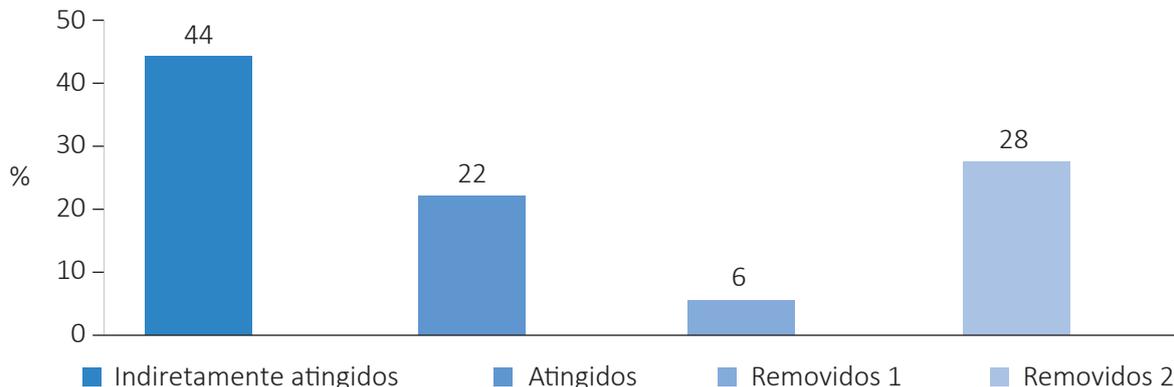


Figura 2 – Distribuição dos grupos de entrevistados de acordo com o grau de impacto da implantação da Usina Hidrelétrica de Batalha.

inundadas com a construção do reservatório da UHE de Batalha.

3. Removidos 1: entrevistados residentes no PA Jambeiro que, em virtude de suas terras terem sido totalmente afetadas com a construção da UHE de Batalha, foram transferidos de propriedade dentro do mesmo assentamento (PA Jambeiro).
4. Removidos 2: entrevistados que passaram a residir no PA São Cristóvão em virtude de suas terras localizadas no PA Jambeiro terem sido direta e/ou totalmente afetadas com a construção da UHE de Batalha.

A partir da análise de conteúdo temático-categorial das entrevistas, pode-se delimitar quatro categorias que expressam as ideias comuns entre os moradores diante de suas realidades individuais após a instalação da UHE de Batalha. Essas categorias têm seus respectivos

Categoria 1 – Concepções de ambiente

A categoria “Concepções de ambiente” está relacionada à maneira que os indivíduos entrevistados percebem o ambiente e às possíveis intervenções dele em suas vidas cotidianas. Ao analisar as assertivas dos entrevistados, buscou-se identificar trechos que representassem os principais conceitos de ambiente, revelando a existência ou não do sentimento de pertencimento a ele.

significados expressos no Quadro 1, cujos conteúdos abordados foram:

1. Concepções de ambiente – análises das seguintes compreensões acerca de: natureza; recurso; e lugar para se viver.
2. Responsabilidade perante o ambiente – identificação como “agente responsável” enquanto indivíduo, comunidade e empresa Furnas.
3. Implicações ambientais da implantação da UHE de Batalha – alterações físicas, emocionais, sociais e financeiras no universo individual/familiar.
4. A interpretação da população local acerca das ações promovidas pela empresa Furnas vinculadas à UHE de Batalha – apreensão da comunidade quanto às ações mitigadoras implementadas pela empresa na comunidade afetada.

Sauvé (2005) aponta que há diferentes concepções de ambiente. Existe a compreensão do ambiente enquanto natureza, que é remetido à apreciação, ao respeito e que deve ser preservado; ambiente visto como recurso, o qual deve ser gerido ou repartido, o que explicita o entendimento da impossibilidade da existência da vida sem os recursos naturais; ambiente visto como um problema, com relação à prevenção ou na resolução dos

Quadro 1 – Categorias identificadas por meio das entrevistas com moradores da Área de Influência Direta da Usina Hidrelétrica de Batalha e seus significados.

Categorias	Significados
1. Concepções de ambiente	Reconhecimento dos principais conceitos de ambiente, revelando a existência ou não do sentimento de pertencimento ao ambiente.
2. Responsabilidade perante o ambiente	Identificação na fala dos entrevistados de noções de responsabilidade quanto aos cuidados com o ambiente, bem como seus impactos, por parte individual, coletiva e da empresa Furnas.
3. Implicações ambientais da implantação da UHE de Batalha	Compreensão das principais modificações causadas pela implantação da UHE de Batalha na vida cotidiana dos moradores, com discernimento dos impactos ambientais oriundos do empreendimento ou provenientes de costumes locais.
4. A interpretação da população local das ações promovidas pela empresa Furnas vinculadas à UHE de Batalha	Identificação das opiniões em relação às ações promovidas pela empresa Furnas, durante todo o processo de implantação da UHE de Batalha.

impactos que são causados a esse; ambiente entendido como sistema, que inclui toda a riqueza, diversidade e complexidade do seu meio, que define seu próprio “nicho” dentro do sistema global; ambiente como o lugar em que se vive no cotidiano; ambiente biosfera, para se viver junto e em longo prazo; e o ambiente enquanto projeto comunitário, que é o espaço para que todos colaborem efetivamente para que aconteçam as mudanças desejadas pela comunidade.

Entre os significados de ambiente apontados por Sauvé (2005), identificam-se nos indivíduos entrevistados visões sob o ponto de vista da natureza, recurso e lugar para se viver.

Entre as falas dos entrevistados, podem-se destacar:

- Visão de natureza: ambiente enquanto natureza, compreendido como lugar para apreciar, respeitar e preservar.

E1: O ambiente, eu suponho, que   um meio da vida em geral. Tanto flora quanto fauna, tudo. Ele   sempre importante, tanto para mim, quanto para todos.

E5: O ambiente [...] eu acho que   tudo a nossa volta, a natureza, tudo.

E6: O ambiente   um todo que está ao nosso redor. Envolve o todo, animal, planta, água, ar.

E10: O ambiente para mim   tudo o que está a nossa volta.   a natureza, os rios.

E11: O ambiente   isso aqui, natural assim. As  rvores, os bichos, os passarinhos.

E12:   uma beirada de córrego, as árvores mesmo.

- Visão de recurso: ambiente visto como recurso para gerir, repartir.

E11: O ambiente   importante para quem mora na cidade também [...], se não tivermos ele aqui como vão comer na cidade?

E14: A natureza   uma aliada [...] você pode desfrutar sem derrubar [...]

- Visão de lugar para se viver: ambiente como local para se viver, morar.

E3: O ambiente   tudo que nos envolve. Plantas,  rvores, a escola, a comunidade, tudo. Nós estamos ligados   Terra em tudo.

E4: O ambiente   o mundo que estamos inseridos.   tudo. São as pessoas, os animais, as plantas.

E8: O ambiente   o lugar que a gente convive.

E9: O ambiente   isso aqui tudo que a gente vive.   o planeta, o mundo, a terra, a coisas, as pessoas que estão aqui. Tudo aqui para mim   o ambiente.

Observou-se que, quando questionados sobre o ambiente, os entrevistados apresentaram a predominância de relacioná-lo a ideias que remetem a “natureza”, “vida biológica”, “flora e fauna”. Esse olhar “naturalizado” enxerga a natureza como mundo da ordem biológica, essencialmente boa, que se encontra pacificada, estável, equilibrada nas rela es ecossistêmicas, a qual se estabelece como aut noma e independente da intera o com o mundo cultural humano e que, quando ocorre esse encontro, a presença antrópica   vista como problemática e nefasta para a natureza (CARVALHO, 2006). Esse fato   notado nas falas de alguns entrevistados, quando dizem que a constru o da usina causou impactos, que começaram a aparecer alguns problemas ambientais que antes não existiam.

E9: Para a constru o da usina, alagou uma área muito grande e algumas árvores foram retiradas. Poderia ter acontecido sem essa inunda o. Aí desalojou os bichos que estavam l , e eles vão procurar outro lugar para morar, perto da nossa casa.

Para Porto-Gonçalves (2004), a natureza, em nossa sociedade,   compreendida por aquilo que se opõe   cultura. Esta   tomada como algo superior e que conseguiu controlar e dominar a natureza. Já a natureza   vista como um objeto de domina o pelo homem; e a expressão “dominar a natureza” só tem sentido a partir da premissa de que o homem não   natureza.

Guimarães (2005) aponta que as pessoas adquirem cada vez mais a postura de não serem parte integrante da natureza como um todo, o que as faz ficar distante dela, levando o homem a não perceber as rela es de harmonia e desequilíbrio existentes na natureza.

Segundo Grün (2005), esse distanciamento entre sujeito e natureza   resultado do Antropocentrismo, que coloca o homem como o centro de tudo, de modo que a natureza existe apenas como um objeto em fun o dos humanos – as pessoas seriam “senhores e possuidores da natureza”. O autor cita ainda que esse não pertencimento   natureza, refletido na objetiva o e fragmenta o desta,   resultado da busca da autonomia da razão e isso pode ser considerado um dos elementos responsáveis pela destrui o ambiental, em razão da separa o entre sujeito e objeto e natureza e cultura. Para solucionar essa crise ecológica,   necessária uma postura holística, que não seja reducionista

e fragmentada, que almeje integrar os seres humanos à natureza.

A crise ambiental dos tempos atuais é o resultado de uma crise societária de grande magnitude, que em nenhuma outra época foi observada justamente por ser intrínseca ao movimento de expansão capitalista, de relações sociais alienadas e de redução da vida ao *status* de mercadoria (LOUREIRO, 2015).

Porto-Gonçalves (2016) cita que é tempo de uma crise epistemológica e política, que encontra uma separação entre sociedade e natureza. A questão de a Terra ser vista “apenas” como um planeta somente será su-

perada quando ela não for mais compreendida como uma abstração, e sim como algo que sente e pulsa por meio de diferentes geografias, culturas, regiões, cursos de água que fazem conexões com a terra e a Terra em seus caminhos.

Sauvé (2005) afirma que o ambiente é o cadinho em que se forjam nossa identidade, nossas relações com os outros, nosso “ser no mundo”, e ressalta que, por meio do reconhecimento de pertencimento à natureza, pode-se definir a si mesmo e o próprio grupo social, respeitando as relações mantidas com o lugar em que se vive.

Categoria 2 – Responsabilidade perante o ambiente

“Responsabilidade perante o ambiente” constitui uma categoria configurada a partir dos pontos de vista dos entrevistados no que tange às ações de cuidado, preservação e conservação do ambiente. As subcategorias referem-se à identificação das atribuições do dever e da obrigação por parte individual, coletiva, da empresa Furnas e do governo em assumir tais responsabilidades diante dos impactos ambientais.

Nas falas dos atores sociais pesquisados, destacaram-se as seguintes afirmações:

- Responsabilidade individual

E2: Eu acho que quem tem que cuidar do ambiente são as pessoas é de quem mora no assentamento. Porque quando ele ganhou a terra, ele ganhou 40 hectares para ele usufruir e 8 para ele preservar.

E6: A responsabilidade relativa aos cuidados do ambiente é de cada ser. Cada pessoa está no mundo, aí é obrigação dele, eu faço uma parte, você outra, outro a outra, e aí vai. Não tem um responsável específico e único. Se eu for esperar, por exemplo, uma área governamental só para ela cuidar, ela não vai dar conta. É o caso da dengue em Paracatu.

- Responsabilidade coletiva

E1: Eu acho que essa questão de ambiente tem que ser em conjunto, todos juntos, todo mundo, caso contrário, não adianta.

E3: Furnas veio e fez o serviço dela. Mas agora a comunidade que vai tomar conta do ambiente, das coisas que estão ao redor. Se precisar de verba, aí o governo é o responsável. Mas, no total, em geral, quem tem de cuidar são os que estão vivendo aqui e precisam disso daqui para sobreviver.

E5: Todo mundo é responsável pelo ambiente. População, governo, governantes, entidades, todos.

- Responsabilidade de Furnas

E15: A responsabilidade é da comunidade. Mas acho que Furnas tem que cuidar mais. Acho que ela está cuidando pouco.

E17: A responsabilidade é de Furnas e mais as comunidades. Porque a Furnas é maior, porque o impacto dela foi muito maior que o da população. Igual boa parte da responsabilidade é dela. Agora o resto, as pessoas que vivem em torno da barragem estão para isso. Todo mundo.

Para os entrevistados, é notório o reconhecimento do ambiente como um bem comum, e as funções de cuidar, preservar e conservar este bem são atribuídas a todos que se inserem nesse meio. Também é possível observar nas falas a visão de que a empresa Furnas tem responsabilidades em relação ao ambiente, em função dos impactos decorrentes da instalação da usina. Entretanto, existe a recorrência da importância das atitudes individuais e da identificação da necessidade da prática de todos para que haja consolidação das referidas funções citadas. Essa perspectiva integra a concepção ambiental conservadora que, segundo Guimarães (2004b), é uma visão de mundo que fragmenta a realidade, que simplifica, reduz e, assim, perde a riqueza e a diversidade da relação, que é complexa e está além da soma das partes como totalidade. Não compreende que essa relação se dá no processo e não, simplesmente, no sucesso da mudança comportamental de um indivíduo.

As pessoas tendem a associar as causas dos problemas ambientais a um desvio comportamental, seja do indivíduo, seja do sistema social. Assim, a solução para tal questão se traduz em um apontamento do erro e na garantia do comportamento correto individual, que assim traria uma perspectiva de que, no somatório de indivíduos com atitudes ecologicamente corretas, surgiria a solução do problema (GUIMARÃES, 2011). Como Guimarães (2005), entendemos que a noção de totalidade é fundamental para a compreensão e para a ação equilibrada no ambiente, que é inteiro e não fragmentado.

O meio ambiente é definido na Constituição Federal (BRASIL, 1988) como “bem comum”, de uso do povo e essencial à qualidade de vida. O dever de defesa e preservação é atribuído tanto ao Poder Público quanto à coletividade.

Pardo (2008) ressalta que as riquezas que fazem parte da Terra não são recursos naturais, mas bens comuns, dos quais ninguém pode se apropriar, a partir do momento que esse recurso natural também é dos outros. O autor cita ainda que bens comuns fazem parte de um único ecossistema, que será irreparavelmente modificado se for recorrido de maneira possessiva, refletido por uma falsa propriedade. Os bens comuns não estão à venda e não são negociáveis justamente por serem comuns; também não são bens públicos ou bens naturais. Os bens comuns estão além dos bens particulares e estão integrados ao ecossistema como uma biorregião dentro de uma grande esfera em que todos estão interligados.

Loureiro (2012) alerta que apenas instrumentos jurídicos não são suficientes para a garantia do ambiente capaz de atender às necessidades públicas e individuais. Os entrevistados demonstraram uma visão ingênua de que a responsabilidade de suas ações individuais, replicadas pelo coletivo, já seriam suficientes para a preservação, pois o pressuposto de ambiente, enquanto um bem comum, definido por lei, exige a garantia de justiça para o acesso à riqueza e, conseqüentemente, aos bens naturais. Porém, esses anseios são dificilmen-

te alcançáveis em uma sociedade capitalista, em que há uma desigualdade de condições de vida, as quais produzem um mundo desigual.

Silva (2009) apresenta que a relação entre ambiente e educação é reducionista, estando associado a ações imediatistas, que muitas das vezes são pontuais. E ainda ressalta que é preocupante que não exista a preocupação de se construir uma realidade mais ampla, aprofundada e crítica da Educação Ambiental.

Na Educação Ambiental crítica, a tomada de posição de responsabilidade pelo mundo supõe a responsabilidade consigo próprio, com os outros e com o ambiente, sem dicotomizar e/ou hierarquizar essas dimensões da ação humana. Para estimular uma compreensão complexa, politizadora e transformadora dos problemas socioambientais, é preciso priorizar a compreensão multidimensional do problema ambiental, pois apenas o foco sobre uma ação de tipo corretiva produz um resultado reducionista e despolitizado, já que dilui a responsabilidade social sobre o problema. Para uma abordagem mais política, é preciso enfatizar uma visão interdisciplinar dessa questão que integra a crítica, o foco sobre a sua causa e a ação preventiva (GUIMARÃES, 2004).

Loureiro (2004a) afirma que é necessário construir um novo patamar societário e de existência integrada às demais espécies vivas e em comunhão com os seres humanos. Para tanto, é preciso superar as formas de expropriação que propiciam a dicotomia sociedade-natureza, que não vejam as relações sociais como negação das relações naturais ou ecológicas.

Assim, observou-se na fala dos entrevistados uma visão ingênua de que as responsabilidades ambientais são individuais e que as ajudas coletiva e da empresa Furnas já seriam suficientes. As pessoas “naturalizam” a falta do compromisso governamental na responsabilidade com tal questão. Estamos vivendo uma crise do pensamento crítico, em que há uma crise de poder e de análise crítica.

Categoria 3 – Implicações ambientais da implantação da Usina Hidrelétrica de Batalha

“A implantação da UHE de Batalha e suas implicações ambientais” consiste em uma categoria que busca compreender as principais modificações causadas pela

implantação da UHE de Batalha na vida cotidiana dos moradores, bem como identificar na fala dos entrevistados o apontamento de impactos ambientais que fo-

ram oriundos do empreendimento ou provenientes de costumes locais.

Entre as assertivas, destacam-se:

E1: A construção da usina matou uma boa área de vegetação. Igual, na minha propriedade mesmo, matou metade da vegetação. E não foi reflorestado nenhum metro. Então, o desmatamento é um problema sério. Outro problema é a queimada indiscriminada. O povo tem a mania de queimar... Agora a erosão já é uma questão natural, o terreno mesmo já causa erosão. Não é tanto pela agressão humana, mas é por causa do terreno mesmo.

E8: Eu tenho o poço e tenho a água do córrego. A água do meu poço nunca tinha secado. Mas, nesses dias mesmo, nós estamos no seco. Sem água nenhuma. É a primeira vez que acontece e, na minha opinião, é a usina que está chupando, que interferiu. Por que 'tá' represando lá. Além disso, eles desmataram demais [...]

E9: Eu acho assim, se a implantação da usina é para poder o Brasil crescer, se é pra poder dar melhoria para as pessoas, eu acho que deve acontecer. Porque é muito importante. Mas, eu acho que teve pontos ruins também, até teve uma moça que foi picada por uma cobra. Como a área alagada foi muito grande e algumas árvores foram retiradas, amontoadas perto da casa dela, ela, pegando lenha, foi picada por uma cobra. Poderia ter acontecido sem ter essa inundação, mas eu penso que foi devido a essa inundação. Desalojou os bichos que estavam lá, e eles foram procurar outro lugar pra morar, que é perto da nossa casa. [...] Como outro problema, eu posso apontar a queimada. A maneira que a gente desfaz do lixo. Queimamos. A forma de matar o mato também, eu uso muito veneno. Eu sei que isso acaba com a terra. Eu sei que isso é errado, porque eu já comprovei lá.

E13: Quanto à erosão, tem problemas nas estradas, aqui dentro da minha área, inclusive, mesmo com Furnas tendo feito várias curvas de nível. Fizeram para conter a água, mas embaixo, onde não foi feito, a erosão está lá. E feia. E as estradas, basta chover bastante, que até o carro para buscar as crianças aqui fica difícil. Então, aqui tem um problema sério com a erosão. Sério mesmo.

E14: Nós tivemos perdas econômicas [...] para nós que vivíamos basicamente do leite. No Jambeiro, a produção era melhor do que aqui no São Cristóvão. Mas a gente teve vários problemas aqui e eu não sei se posso dizer que é relativamente ligado à mudança em si, ou se não. Mas a gente perdeu algumas cabeças de gado.

E15: Ah, quanto à implantação da usina, a gente, a família, marido e filhos só pensava que ia ser ruim. Porque a gente ia sair do lugar [...] é [...] desestrutura a gente.

E17: Como impacto ambiental, seria a destruição da natureza, né? Porque a região nossa lá, no Jambeiro, a parte de vegetação era só na beira dos córregos mesmo, era pouquinho coisa e foi tudo para debaixo d'água.

De modo geral, os entrevistados identificaram os problemas ambientais, como: a queima do lixo, a queimada do pasto, o uso de agrotóxico, os processos erosivos, o desmatamento e a falta de água, além de citarem o fato de saírem de seu lugar de origem para serem remanejados para outro local, como um impacto negativo. Cassiano & Echeverría (2014) ressaltam que as questões que abrangem a desapropriação de terras e a quebra dos laços afetivos nos espaços sociais devem ser elementos fundamentais para que os indivíduos possam tomar consciência do ambiente e dos problemas que existem nele, como um meio de possibilitar a condição de (des)cobrir as causas que favorecem a crise ambiental.

Ao serem questionados a respeito da implantação da UHE de Batalha e de seus consequentes impactos ambientais, os entrevistados apontaram a perda de vegetação em virtude da formação do reservatório e do alagamento, o deslocamento dos animais em decorrência da destruição de seu *habitat* natural e o aprofundamento do lençol freático, dificultando a obtenção de água por meio de poços em algumas propriedades.

Reconhecidamente, a queimada e o desmatamento são agravados pelas práticas locais de incineração de lixo e limpeza do terreno para fins agrícolas. Porém, os moradores locais, por falta de conhecimento e de condições financeiras, convivem com as dificuldades de abandonar essas atitudes impactantes, assim como ocorre com o uso de agrotóxicos.

Quanto aos processos erosivos, é notório que as condições naturais do solo e do terreno, em alguns locais dos assentamentos, já são propícias à formação de sulcos e ravinas. Porém, atitudes como o desmatamento excessivo, a ausência ou má execução das curvas de nível e de práticas de conservação do solo intensificam a recorrência de erosões em diversas propriedades e estradas de acessos.

Nesse sentido, percebe-se uma postura ingênua por parte dos moradores da região de que muitos problemas ambientais elencados poderiam ser evitados apenas com atitudes individuais relacionadas ao ambiente. A coleta de lixo na zona rural, por exemplo, é um encargo municipal. Ao assumirem tal postura, cometem o erro de transferir a responsabilidade governamental para os membros da coletividade, que, por sua vez, não conseguem solucionar sozinhos tal questão e,

assim, permanecem impactando o ambiente sem reconhecer que uma atitude ecológica é mais que a soma de bons comportamentos.

Hungerford & Volk (1990) definiram, com base em Tbilisi (1978), que os objetivos para a Educação Ambiental são: sensibilização, atitudes, habilidades e participação, e um cidadão ecologicamente correto que se preocupa, entende das questões ambientais e busca meios para resolvê-las ou ajudá-las. Porém, os autores citam que essa tarefa educativa, presente em Tbilisi, é, de certa forma, uma tarefa árdua, uma vez que o comportamento que esse sujeito deve apresentar vai além da prática educacional tradicional, pois além das habilidades e atitudes, deve-se ter uma presença ativa na sociedade. Há quem acredita que se ensinar um determinado assunto, o comportamento pode ser

modificado. Porém, para que as questões ambientais possam ser integradas com o intuito de “mudança de comportamento”, a instrução deve ser mais que do que apenas um conhecimento ou consciência do problema. As pessoas precisam desenvolver o sentido de “propriedade” e “empoderamento” para que possam, de fato, envolver-se em uma Educação Ambiental. Assim, um dos grandes desafios para os educadores é transformar esses objetivos de Tbilisi em uma realidade instrucional.

Ademais, como afirma Loureiro (2015), as atividades educativas devem ser voltadas para construção da igualdade e promoção das diversidades, para que possam ser eliminados os processos de dominação e expropriação. Assim, o conhecimento crítico leva o pensamento a ser voltado para a transformação social.

Categoria 4 – A interpretação da população local das ações promovidas pela empresa Furnas vinculadas à Usina Hidrelétrica de Batalha

A categoria “A interpretação da população local das ações promovidas pela empresa Furnas vinculadas à UHE de Batalha” identifica as opiniões da população local quanto às ações promovidas pela Furnas durante todo o processo de implantação da UHE de Batalha. Entre as falas dos entrevistados, apontam-se:

E1: Com o enchimento da barragem, a água lá em casa aumentou. Na água abaixar deu grotá, aí minhas vacas andaram caindo. Caíram três, eu dei conta de salvar uma, mas perdi duas vacas paridas, né? E eu reclamei com Furnas e nunca tive resposta, e isso já faz quatro meses. Só que eles têm que fechar uma APP, que é de obrigação do consórcio, e lá em casa não fecharam a APP. Fecharam em alguns locais, mas têm outros que não. Hoje, só em gado, perdi mais de R\$ 6 mil.

E11: [...] eles falaram que iam indenizar a gente. Antes de sair do lote, eles pagaram a indenização para o meu pai. Eles fizeram tudo direitinho. Explicaram para nós, perguntaram se nós aceitávamos. Aí nós aceitamos. [...] como eu e meu marido morávamos no fundo do lote do meu pai, eles falaram que iam indenizar nós também; ‘pra’ falar verdade, eles indenizaram, pagaram [...] porque nós morávamos no rancho, no fundo. Eles pagaram para a gente sair de lá, e deu outro lote para nós.

E13: Furnas, através da EMATER, traz para a gente alguns cursos que explicaram muita coisa boa. Mas, muitos atingidos não têm o interesse de participar. Todo curso bancado pelo governo tem que ter pelo menos 12 participantes. Aí, muitas vezes, os atingidos não dão esse número de pessoas e são convidados outros moradores do assentamento. [...] porque os

atingidos não participam? Eu acho que é por falta de interesse.

E14: Depois que a gente estava no São Cristóvão, a gente exigiu o reservatório de água maior por causa do gado. Aí o pessoal de Furnas disse que não, que eles estavam olhando só o humano, mas quando saímos do Jambeiro já tinha vacas, a gente já tinha muitos animais, então [...] como se as vacas não bebessem água. Por isso a gente acabou perdendo alguns animais.

E15: A única coisa que eu lembro que não ficou claro foi o negócio das casas. Quando foi construir as casas, disseram que iam ter cerâmica, que as mulheres iam vir escolher as cores da cerâmica [...] e isso não foi feito. [...] E a minha casa lá do Jambeiro era de 4 quartos, era grande e eu não entendo porque essa daqui tem que ser tão pequena.

E16: É o que aconteceu. Ficou uns dois anos esperando para mudar. Eles construíram primeiro para o povo que ficou no Jambeiro e nós, do São Cristóvão, tivemos que esperar com a vida parada por quase dois anos. [...] Se hoje me acontecesse uma coisa dessas da gente ser atingido, a experiência da gente era outra. Passou batido muita coisa.

E17: A gente não podia plantar nada, não podia formar pasto nem consertar a cerca lá no Jambeiro, porque Furnas falou que a gente ia mudar. Isso foi por três anos praticamente. Três anos nós ficamos parados lá. A gente tinha certeza que a gente não podia ficar lá e não tinha nada pra provar como que a gente ia mudar. Aí o que a Furnas fez? Ela fez as estruturas do assentamento ao redor do lago, atendeu às demandas do pessoal do Jambeiro, e quem ia ser remanejado para São Cristóvão, como não atrapalharia as obras dele, eles deixaram lá, foi ficando [...].

E18: Para mim, foi negócio ruim, porque morreu muita criação minha quando veio para o São Cristóvão. Eu tinha silagem pronta lá no Jambreiro; eles trouxeram eu pra cá, na frente, e deixaram o silo lá. As vacas do vizinho bagunçaram tudo, vaca minha morreu de seca aqui, foi trazendo os “trem”¹ picadinho de caminhonete, tudo veio perdendo, vaca intoxicando com comida, o leite despencou tudo, bagunçou tudo [...] Só prejuízo. Nada foi ressarcido. Eles tinham tratado de dar de comer para as vacas nossas, porque nós viemos fora de hora. Nós já viemos num período que já tinha acabado as chuvas, tinha tratado de dar o trado pra nós e acabou que eles liberaram o dinheiro de aplicação do trado na terra depois de a chuva já ter acabado. Eu perdi 11 cabeças de criação até hoje não me deu nenhum centavo e era uma coisa que eles tinham que arcar. Eles trataram que iam dar a comida do gado para nós e não deram.

Entre as falas dos entrevistados, pode-se destacar que os moradores, tanto do PA Jambreiro quanto do PA São Cristóvão, identificam ações promovidas pela Furnas durante a implantação da UHE de Batalha, em especial as relacionadas com as questões financeiras, indenizações, construção de novas casas, apoio técnico agrícola pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) e cursos promovidas pela equipe de Educação Ambiental de Furnas.

No entanto, percebem-se opiniões divergentes entre os moradores atingidos e indenizados que permane-

cem no PA Jambreiro, que denominamos de atingidos 1 e removidos 1, e aqueles que foram transferidos para o PA São Cristóvão (removidos 2). Os moradores (removidos 1) que, apesar de terem se mudado para lotes vizinhos, permaneceram no PA Jambreiro, convivendo com a mesma comunidade, ressaltam a importância disso e não explicitam tantas perdas financeiras nem descontentamento com a assistência promovida pela Furnas. Apenas apontaram como obrigação de Furnas ainda não realizada o fechamento de todas as Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Quanto àqueles que foram remanejados para o PA São Cristóvão (removidos 2), uma área geograficamente distante e com características distintas de sua área de origem, demonstram clara insatisfação com a mudança. Esse grupo de moradores expressa seu descontentamento citando as perdas financeiras significativas e a inobservância da Furnas quanto à necessidade de maior atenção e comunicação com eles durante o longo período de espera para sua efetiva mudança. É possível reconhecer que parte dessa insatisfação explicitada pelos entrevistados que passaram pelo processo de remoção pode ser proveniente da comunicação falha entre as reais ações propostas pela Furnas e a comunidade. De modo geral, esses moradores ficaram deslumbrados com promessas que podem não ter partido da Furnas, criando expectativas não atendidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo central de analisar a concepção ambiental dos sujeitos sociais envolvidos na implantação da UHE Batalha, situada nos municípios de Cristalina (GO) e Paracatu (MG), ponderando sobre o conhecimento, os acordos e os desacordos sobre o assunto, e identificar possibilidades de intervenção e reconhecimentos de responsabilidades individuais e coletivas diante dos impactos ambientais.

A realização de entrevistas semiestruturadas com 18 moradores da AID da UHE Batalha, PA Jambreiro e PA São Cristóvão, mostrou que eles possuem histórias distintas, uma vez que alguns acompanharam a implantação da usina e outros não, e isso intervém na forma como percebem as mudanças ocasionadas por ela.

Durante as entrevistas ficou clara a predominância de diferentes visões da natureza, que os leva a não se sentirem parte integrante da mesma e, conseqüentemente, ao sentimento de não pertencimento ao ambiente. Essa lacuna existente entre homem e natureza é resultado do Antropocentrismo, que coloca o homem como o centro de tudo, no qual a natureza existe apenas como um objeto em função dos humanos. A objetivação e a fragmentação da natureza são resultados da busca da autonomia da razão e isso pode ser considerado um dos elementos responsáveis pela devastação ambiental, devido à separação entre sujeito e objeto e natureza e cultura.

Os problemas ambientais na região da UHE Batalha identificados pelos entrevistados estão, em sua maioria, re-

¹Trem: em Goiás, há o costume de utilizar a palavra “trem” para se referir a coisas. Na frase “foi trazendo os ‘trem’ [...]” significa: foi trazendo as coisas. A expressão “trem bão” significa coisa boa.

lacionados à instalação da Usina e também citam alguns vinculados às suas práticas antrópicas cotidianas, como o lixo, as queimadas, o uso de agrotóxicos, entre outros. Existe a recorrência da importância das atitudes individuais perante o ambiente e da identificação da necessidade da prática de todos para que haja consolidação destas ações. Com essa visão ingênua, trazem para si e para a comunidade local a responsabilidade de resolver, compensar ou corrigir grande parte dos problemas, sem reconhecer que muitos desses problemas dependem de outras esferas sociais e governamentais para sua real resolução. Esse é o resultado da crise do pensamento crítico que está instaurado, no qual existe uma crise do padrão de poder e ao mesmo tempo do saber.

Carvalho (2011) cita que o ser humano tem o direito de agir conforme sua consciência, porém respeitando os valores da sociedade, que possui normas impostas pela coletividade, sendo que a responsabilidade civil parte da quebra dos limites impostos à liberdade. A responsabilidade civil apresenta três esferas principais: a conduta humana, o dano e o nexo de causalidade, e, como elemento accidental, a culpa. Assim, as mudanças que devem ocorrer para que possam ser reparados os danos podem ser entendidas como mudanças de paradigma de responsabilidade civil.

Em relação ao entendimento das ações promovidas pela Furnas durante a implantação da UHE Batalha, este se configura de forma diferente de acordo com o grupo de moradores, que foi ou não removido para outro assentamento. Existem dois grandes grupos, um que permaneceu no PA Jambreiro após a implantação da usina e outro que foi remanejado para o PA São Cristóvão. Ambos, por falta de comunicação e clareza quanto às ações da Furnas para com eles, observam de forma positiva a posi-

ção do outro grupo e de forma negativa a sua própria condição. Por não conhecerem, de fato, a realidade uns dos outros, alguns desses moradores se sentem injustiçados ou desvalorizados perante os outros.

De forma generalizada, as queixas apresentadas pelos entrevistados referem-se às suas perdas financeiras e sociais. Os elogios são direcionados aos benefícios recebidos, como a construção de casas novas e as assistências da equipe técnica da EMATER. Compreendem a implantação da usina como uma necessidade do país pela demanda de energia, e são capazes de identificar pontos positivos (via de regra, relacionados às benesses adquiridas no processo) e negativos (correspondentes às perdas sociais, emocionais e financeiras) desse empreendimento. Os problemas ambientais existentes na região são colocados como fatos a serem trabalhados individualmente, e que as pessoas acreditam que se houvesse mais apoio e colaboração coletiva, seria possível construir um espaço ecologicamente sustentável, não conseguindo compreender que as questões socioambientais estão inseridas em uma trama social mais complexa do que a das realidades locais.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de promover maior participação das pessoas na tomada de decisões, bem como de criar meios de comunicação mais formais que possam, de fato, sanar as dúvidas em relação às questões e aos impactos socioambientais na região decorrentes da implantação desse tipo de empreendimento, especialmente para as pessoas que serão diretamente atingidas, para que possam expor suas opiniões e também ser informados adequadamente sobre os benefícios e as consequências no ambiente e na população do entorno. É necessário incluir as pessoas no processo e que as informações não sejam omitidas.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e à Eletrobras Furnas pelo apoio financeiro, iniciativa e motivação para a realização da pesquisa, que fez parte do Projeto ANEEL nº 0394-1014-2010 –

Monitoramento e Estudo de Técnicas Alternativas na Estabilização de Processos Erosivos em Reservatórios de UHEs, desenvolvido em parceria entre Eletrobras Furnas e Funape/UFG.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. Características da investigação qualitativa. In: BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto, 1994.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 30 out. 2015.

_____. *Lei n.º 4.504: Estatuto da Terra*. Câmara dos Deputados: Centro de Documentação e Informação, 1964.

CARVALHO, D. P. Thomas Kuhn e o novo paradigma da responsabilidade civil: em busca da reparação da perda de uma chance. *Jus Navigandi*, Teresina, ano 16, n. 2826, 28 mar. 2011. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/18783>>. Acesso em: 11 maio 2015.

CARVALHO, I. C. M. *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CASSIANO, K. F. D.; ECHEVERRÍA, A. R. Abordagem ambiental em livros didáticos de Química: Princípios da Carta de Belgrado. *Química Nova Escola*, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 220-230, 2014.

GRÜN, M. O conceito de holismo em ética ambiental e educação ambiental, p. 45-50. In: *Educação ambiental: pesquisa e desafios*, Michèle Sato & Isabel Carvalho (orgs.). Porto Alegre: Artmed, 2005, Disponível em: <[http://www.institutoaf.org.br/Sato_artmed\[1\].pdf](http://www.institutoaf.org.br/Sato_artmed[1].pdf)>

GUIMARÃES, M. *A dimensão ambiental na educação*. 7. ed. Campinas: Papirus, 2005.

_____. *A formação de educadores ambientais*. Campinas: Papirus, 2004a.

_____. Armadilha paradigmática na educação ambiental. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. de (Orgs.). *Pensamento complexo, dialética e educação ambiental*. São Paulo: Cortez, 2011.

_____. *Educação Ambiental Crítica: Identidades da Educação Ambiental Brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004b.

HUNGERFORD, H. R.; VOLK, T. L. Changing Learner Behavior through Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, Carbondale, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES SOCIAIS E ECONÔMICAS (IBASE); FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. (FURNAS). *Diagnóstico social do PA Jambero – AHE Batalha Município de Paracatu – MG*. 2010. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/99725186/Diagnostico-social-de-Jamberio>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

LOPES, S. F.; VIEIRA, R. M.; MOREIRA, A. WEBQDA na análise qualitativa de interações no contexto de uma oficina de formação de professores. *Indagatio Didactica*, v. 5, n. 2, 2013.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental e epistemologia crítica. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 32, n. 2, p. 159-176, 2015.

_____. Educação Ambiental Transformador. In: LAYRARGUES, P. P. (Coord.). *Identidades da Educação Ambiental Brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Diretoria de Educação Ambiental, 2004.

_____. *Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política*. São Paulo: Cortez, 2012.

PARDO, J. R. Las riquezas que habitan en la tierra non son recursos naturales sino bienes comunes. ¿Por qué bienes comunes? *Observatório Latinoamericano de Conflictos Ambientales*, 2008. Disponível em: <<http://www.olca.cl/oca/mineras/mineras009.htm>>. Acesso em: 23 abril 2015.

PORTO-GONÇALVES, C.W. Lucha por la Tierra. Ruptura metabólica y reapropiación social de la natureza. *Revista Latinoamericana*, v. 15, n. 45, p. 291-316, 2016.

PORTO-GONÇALVES, C.W.; LEFF, E. Political Ecology in Latin America: the Social Re-Appropriation of Nature, the Reinvention of Territories and the Construction of an Environmental Rationality. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 35, p. 65-88, 2015.

PORTO-GONÇALVES, C. W. *Os (des)caminhos do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2004.

REIGOTA, M. *O que é Educação Ambiental*. São Paulo: Brasiliense, 2009.

RIOS, F. P. *Capacidade de suporte de cursos d'água urbanos sob a perspectiva técnica e epistemológica da engenharia*. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SAUVÉ, L. Educação ambiental e desenvolvimento sustentável: uma análise complexa. *Revista de Educação Pública*, v. 6, n. 10, p. 72-102, 1997.

_____. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, maio/ago. 2005.

SILVA, L. F. *Educação Ambiental crítica: entre ecoar e recriar*. 197 p. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

COBERTURA FLORESTAL OU FUNÇÃO ECOLÓGICA: A EFICÁCIA DA RESTAURAÇÃO NA BACIA DO RIO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ

FOREST COVER OR ECOLOGICAL FUNCTION: THE EFFICIENCY OF THE RESTORATION IN THE SOROCABA AND MIDDLE TIETÊ RIVER BASIN

Gerson Eli Fernandes

Discente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Nobel Penteado de Freitas

Professor coordenador do Núcleo de Estudos Ambientais na Universidade de Sorocaba. (UNISO).

Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues

Professora titular do Departamento de Ciências Ambientais na UFSCar.

Endereço para correspondência:

Gerson Eli Fernandes –
Rua Maria Peniche dos Santos,
164 – Jardim Tatiana – 18119-175 –
Votorantim (SP), Brasil – E-mail:
gerson.gestorambiental@gmail.com

Recebido: 06/09/2016

Aceito: 26/06/2017

RESUMO

O estudo avaliou a eficácia de projetos de restauração na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê. Foram selecionados dois ou três projetos por sub-bacia, analisando-se os seguintes indicadores de estabilidade: diversidade da comunidade (riqueza, diversidade e equidade), estrutura da área (altura, diâmetro altura de peito – DAP, ramificação e estratos) e funcional (epífitas, regenerantes, grupos sucessionais e funções ecológicas). Indicadores de proteção do solo e ciclagem de nutrientes (serapilheira) estimaram a resiliência. A confiabilidade foi avaliada pelo manejo e pela proteção (presença de predação e lianas), pelo impacto antrópico (pastejo, caminhos e espécies exóticas) e pelo dossel (porcentagem de luz). Não houve restauração da estrutura e função quanto à riqueza (17 ± 10 espécies), mortalidade (40%) e densidade (1.090 indivíduos/ha). Apenas 15 espécies representaram 52,8% dos indivíduos analisados. A confiabilidade foi comprometida na proteção do solo e no manejo. Os projetos não restabeleceram a cobertura vegetal da área e nem os processos ecológicos fundamentais. Há necessidade em se rever os mecanismos legais e técnicos da restauração.

Palavras-chave: restauração ecológica; bioindicadores; legislação de restauração.

ABSTRACT

The study evaluated the effectiveness of restoration projects in the Sorocaba and Middle Tietê River Basin. We selected two or three projects per sub-basin, analyzing stability indicators: community diversity (richness, diversity and equitability), structure (height, diameter at breast height – DBH, branching and strata) and functional (epiphytes, natural regeneration, successional groups and ecological functions). Indicators of soil protection and nutrient cycling (litter) estimated the resilience. Reliability was evaluated by management and protection (presence of predation and lianas), anthropic impact (grazing, paths and exotic species) and canopy (percentage of light) indicators. There was no restoration of structure and function for species richness (17 ± 10 species), mortality (40%) and density (1,090 individuals/ha). Only 15 species represented 52.8% of the individuals analyzed. Reliability was compromised in soil protection and management functions. The projects did not re-establish a vegetative cover nor fundamental ecological processes. There is a need to review the legal and technical requirements for restoration.

Keywords: restoration ecology; bioindicators; legislation of restoration.

INTRODUÇÃO

Restauração ecológica é um conceito que passou a ser intensa e mundialmente discutido a partir da divulgação do documento *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005). Seu principal foco envolve o restabelecimento das principais características de um ecossistema que tenha sido destruído ou degradado, aumentando seu valor de conservação, sua produtividade, a manutenção da biodiversidade e a provisão de serviços ambientais para as populações humanas (SER, 2004; JACKSON & HOBBS, 2009). Nesse contexto, é prioritário que a restauração promova não apenas a cobertura com vegetação, mas também o retorno dos serviços ambientais e dos processos ecológicos a estes associados, tais como serviços de suporte, como:

- a ciclagem de nutrientes;
- a produção primária;
- a formação de solos;
- a polinização; e
- a dispersão de sementes (SEEHUSEN & PREM, 2011; ARONSON & ALEXANDER, 2013; WORTLEY *et al.*, 2013).

Com a abordagem ecológica, ficou evidente que a restauração às condições anteriores ao distúrbio era irreal (HOBBS *et al.*, 2011; HALLETT *et al.*, 2013), e que o principal deveria ser estabelecer explicitamente os objetivos da restauração e a forma de mensurá-los (CLEWELL & ARONSON, 2007). A partir disso, foram estabelecidos nove atributos associados à função e à estabilidade dos ecossistemas restaurados (SER, 2004). Dentre esses, destacam-se:

- a similaridade a ecossistemas de referência e a presença de espécies nativas (forma);
- a presença de vários grupos funcionais e a integração com a paisagem (função);
- a ausência de fatores de ameaça à sua manutenção;
- a autossustentabilidade e a resiliência (estabilidade).

Dessa forma, se enfatiza que as questões relativas aos serviços ambientais e à estabilidade refletem a

eficiência de projetos de restauração e dependem da avaliação e do monitoramento das funções ecológicas associadas a esses processos. Assim, a aplicação de indicadores tem se mostrado valiosa ferramenta para comparações em diferentes condições ambientais (BROWN *et al.*, 2009; ORSI *et al.*, 2011; WORTLEY *et al.*, 2013) e passou a ser considerada nos mecanismos legais de restauração, inclusive no Brasil (ARONSON *et al.*, 2011).

O Brasil é um dos signatários do Acordo de Paris (GRAICHEN *et al.*, 2016), no qual se comprometeu a reduzir o desmatamento e restaurar áreas degradadas, objetivo a ser consolidado a partir da decretação da Lei nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017, que instituiu a Política Nacional de Revegetação, prevendo a restauração de 12,5 milhões de hectares (Mha) em 20 anos (BRASIL, 2017). Entre os 27 Estados da Federação, São Paulo foi classificado como o 15º com maior proporção de área a ser revegetada, avaliada em 1.785 ha (SOARES FILHO *et al.*, 2014). Até 2006, estimava-se que no Estado de São Paulo existissem cerca de 1.300 ha de áreas de preservação permanente sem vegetação, para as quais seria necessária a produção de mais de dois bilhões de mudas de espécies arbóreas nativas (BARBOSA & BARBOSA, 2006). Em maio de 2017, cerca de 12.670 ha de áreas rurais de São Paulo haviam sido inscritas no Sistema de Cadastro Rural (SISCAR), parte das quais serão inseridas no Programa de Regularização Ambiental (PRAD), que prevê a restauração de áreas de preservação permanente e reserva legal (SÃO PAULO, 2017).

Em ambientes fragmentados como São Paulo, a demanda para a restauração tem como principal objetivo minimizar a crise ambiental estabelecida (BARBOSA & MANTOVANI, 2000; AMADOR, 2003). Surge a necessidade da adoção de técnicas que garantam a restauração de áreas com maior fragilidade e o desenvolvimento de metodologias que permitam o restabelecimento dos processos ecológicos (VIANI, 2005; MUCHAILH *et al.*, 2010). Essa abordagem cria o dilema de como mecanismos legais podem levar à recuperação não só da cobertura florestal, mas principalmente das funções e dos processos ecológicos (GRAF, 2008; ARONSON *et al.*, 2011; ENGEL, 2011).

Historicamente, a restauração de áreas degradadas no Estado de São Paulo apresentou suas bases conceituais

na Resolução da Secretaria de Meio Ambiente (SMA) nº 8, de 31 de janeiro 2008 (SÃO PAULO, 2008), que enfatizava aspectos da restauração da estrutura da floresta e de sua diversidade. Contudo, estudos no Estado de São Paulo demonstraram que as medidas legais estabelecidas até 2008 não foram eficientes para promover a restauração (DURIGAN *et al.*, 2010; TONELLO & RODRIGUES, 2015). Nesse sentido, a Resolução SMA nº 8/2008 foi aperfeiçoada pela Resolução SMA nº 32, de 3 de abril de 2014 (SÃO PAULO, 2014), incorporando parte dos conceitos sobre restauração ecológica (SER, 2004), enfatizando o monitoramento de alguns processos ecológicos como a proteção do solo e a regeneração natural (SÃO PAULO, 2015). Com a finalidade de avaliar esses processos, vários autores propuseram indicadores que visam contribuir para o monitoramento de áreas de restauração (RODRIGUES *et al.*, 2013; SÃO PAULO, 2011a; SÃO PAULO, 2014). Apesar disso, em termos legais, a restauração na maioria das áreas do Estado efetiva-se, em grande parte, por meio dos Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) e de Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA) (SÃO PAULO, 2014), os quais devem, obrigatoriamente, cumprir as prerrogativas vigentes na legislação. Para tanto, é preciso que os instrumentos legais sejam capazes de incorporar e aplicar esses conceitos, sendo eficientes e efetivos em promover condições que gerem o restabelecimento de processos ecológicos e sejam ca-

pazes de monitorar a sua estabilidade e continuidade, tanto em escala local quanto de paisagem.

Dentre as diversas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) de São Paulo, a da Bacia do Rio Sorocaba e outros tributários do Rio Tietê (SÃO PAULO, 2011b) apresentam apenas 13,6% de cobertura vegetal nativa. Em regiões com déficit tão grande de vegetação, a implantação de projetos de restauração de áreas degradadas deve ser prioritária, focando tanto no restabelecimento da cobertura vegetal quanto na manutenção de funções como a conectividade da paisagem (SÃO PAULO, 2011b). Nessa condição, considerando que a restauração deve abranger não apenas a recuperação da diversidade da vegetação, mas também de processos ecológicos e com a premissa de que a efetividade na restauração deve ser um dos principais objetivos das diferentes normativas, este trabalho busca contribuir para a melhoria da qualidade das futuras restaurações florestais nativas no Estado de São Paulo e para o aperfeiçoamento dos mecanismos técnicos e legais que norteiam a execução dos TAC e TCRA. Com essa proposta, o objetivo do presente trabalho foi avaliar áreas de restauração implantadas no cumprimento de medidas legais obrigatórias situadas na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê para identificar os fatores limitantes à restauração de processos e funções ecológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Os trabalhos foram desenvolvidos nos limites da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê, que abrange 34 municípios, dos quais 16 estão situados na sub-bacia do Médio Tietê superior e 18 na bacia do rio Sorocaba, com área de 11.827 km² (IPT, 2006; SÃO PAULO, 2011b). Na região metropolitana predominam atividades industriais, o cultivo da cana-de-açúcar, *Citrus sp* e a pecuária. A bacia apresenta cobertura vegetal nativa com dominância de floresta ombrófila densa e floresta estacional semidecidual em área de 161.845 ha (13,57%), dos quais 49.505 ha são de reflorestamentos com eucalipto (IPT, 2006; SÃO PAULO, 2011b). Apresenta dominância de três climas:

1. clima úmido quente com inverno seco em quase toda área;
2. clima quente úmido sem estação seca (municípios de Ibiúna e Piedade); e
3. clima temperado úmido sem estação seca (município de São Roque), com precipitações médias anuais históricas em torno de 1.200 mm/ano (SÃO PAULO, 2011b).

Para os estudos foram avaliadas uma área de fragmento florestal considerada como referência (área de referência – AR) e plantios de restauração de áreas degradadas (RAD) situados na bacia. A AR localiza-se a 23°34'59,40"S e 47°31'24,79"W Datum WGS 84; no município de Sorocaba, e apresenta um fragmento com idade entre 15 e 20 anos e área total de 5 ha coberta

por vegetação secundária de floresta estacional semi-decidual em estágio inicial de regeneração, de acordo com os parâmetros da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 1, de 31 de janeiro de 1994 (BRASIL, 1994), e da Resolução Conjunta SMA IBAMA/SP nº 1, de 17 de fevereiro de 1994 (SÃO PAULO, 1994). Como os projetos avaliados tinham idade entre 2 e 15 anos, em vez de compará-los com áreas em estágio avançado, optou-se por empregar como referência fragmentos de vegetação secundária, com idade estimada entre 15 e 20 anos e monitorada ao longo de mais de 5 anos (KORTZ, 2009; SCORIZA *et al.*, 2012; VILLELA *et al.*, 2015).

A seleção das áreas restauradas estudadas foi efetuada com base nos arquivos de processos de TCRA's existentes nas agências da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) em Sorocaba, Itu e Botucatu, São Paulo. A partir dos processos de TCRA's foram compiladas informações sobre:

- o início do projeto de restauração;
- a área plantada, a data de plantio;
- o número de espécies empregadas;
- o número de pioneiras e não pioneiras;
- a quantidade de mudas;
- o espaçamento entre berços;
- os insumos utilizados; e
- os tratamentos culturais.

Essas informações geraram o banco de dados empregado para analisar os parâmetros de densidade, crescimento, mortalidade e diversidade no plantio. Do total de 166 projetos registrados, foram selecionados dois por sub-bacia e apenas na sub-bacia 3 foram analisados três projetos devido a sua maior extensão (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição das áreas de estudo, localização, idade, tamanho e proporção da área de preservação permanente em relação ao tamanho da área total da propriedade avaliada. Percentual de área de preservação permanente amostrada em relação ao total de áreas estudadas na região da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê, São Paulo. Dados de setembro a dezembro de 2013.

Sub-bacia	Áreas	Número de áreas visitadas	Idade do plantio (anos)	Tamanho da área (ha)	Plantio em APP (ha)	Plantio em APP (%)
1	Botucatu	1	2	3,5	1,75	50
	Bofete	1	3	2,8	2,80	100
2	Jumirim	1	15	0,7	0,70	100
	Boituva	1	5	0,8	0,80	100
3	Tatuí	1	6	3,1	0,00	0
			5			
			4			
	Capela	1	14	1,2	1,20	100
	Piedade	1	4	0,5	0,50	100
4	Sorocaba pref.	1	10	8,0	1,80	22
	Sorocaba Gm	1	7	1,1	0,00	0
5	Itu pref.	1	5	1,5	1,50	100
	Itu cond.	1	9	1,1	0,00	0
6	Ibiúna cond.	1	15	4,0	0,00	0,0
	Ibiúna pref.	1	4	0,5	0,50	100
Total		13		28,80	11,55	

ha: hectare; APP: área de preservação permanente.

Indicadores de funcionalidade ecológica

O uso de ecossistemas naturais (ARs) como objetivo a ser alcançado pelos projetos de restauração e a aplicação de indicadores para seu monitoramento são temas controversos na ciência e na prática, porém é possível encontrar vários atributos estruturais, funcionais e de riqueza que podem ser utilizados como referência (SUGANUMA *et al.*, 2013). Considerando essa questão, o conjunto de indicadores empregado baseou-se no método Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores – MESMIS (MASERA *et al.*, 1999). O método foi adaptado por Piña-Rodrigues *et al.* (2015), sendo avaliados os seguintes atributos ecológicos:

1. estabilidade: que representa a capacidade do sistema em manter um nível de equilíbrio dinâmico estável, sendo possível manter os benefícios pro-

porcionados pelo sistema em um nível não decrescente, sob condições médias ou normais;

2. resiliência (ou elasticidade): definida como a capacidade do sistema para regressar ao estado de equilíbrio dinâmico ou manter seu potencial produtivo, após severo choque; e

3. confiabilidade: capacidade do sistema de manter a produtividade em níveis próximos ao seu equilíbrio dinâmico quando em face de alterações de longo prazo no ambiente (Tabelas 2 e 3).

Como cenário legal referencial foi utilizada a Resolução SMA nº 8/2008.

Tabela 2 – Conjunto de indicadores, cenários e referenciais aplicados para avaliação da funcionalidade ecológica de áreas de restauração situadas na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê, São Paulo, com base nos atributos de estabilidade e resiliência dos plantios.

Descritores	Indicadores	Cenários e referenciais	Parâmetros
Diversidade na comunidade			
Diversidade de espécies	Diversidade de espécies arbóreas	Índice de Shannon próximo ao esperado para fragmentos referência estudados da região com $H' = 3,676 \text{ nats.indivíduo}^{-1}$.	$H' < 0,9 =$ baixo (1) $1,0 < H' < 2,9 =$ médio (2) $H' > 3,0 =$ alto (3)
	Riqueza de espécies nativas	Indesejável: inferior ao previsto na Res. SMA nº. 08/2008. Regular: baixa diversidade prejudica o estabelecimento da comunidade futura. Desejável: de acordo com a legislação Resolução SMA nº. 08/2008.	Nº espécies < 10 = 1 10 > Nº espécies < 30 = 2 Nº espécies > 30 = 3
	Densidade de indivíduos arbóreos (nº.ha ⁻¹)	Indesejável: alta mortalidade, considerando a densidade de plantas recomendada pela Resolução SMA nº. 8/2008. Regular: valores médios de densidade baseados na Res. SMA nº 8/2008. Desejável: valores aproximados aos recomendados pela Resolução SMA nº 8/2008.	< 400 = 0 > 400 e < 800 = 1 > 800 e < 1200 = 2 > 1200 = 3
	Equitabilidade	Índice de Pielou (J') similar ao de áreas de floresta secundária da região. Valor da AR – $J' = 0,854 \text{ nats.indivíduo}^{-1}$. Referencial: E.C. LEITE & S. COELHO (dados não publicados).	$J' < 0,5 -$ baixa = 1 $0,5 < J' < 0,9 -$ média = 2 $J' \geq 1 -$ alta = 3
	Número de indivíduos/grupo sucessional	Indesejável: não atende a Resolução SMA nº 8/2008. Desejável: atende a Resolução SMA nº 8/2008.	> 40% e < 60% de espécies/grupo = 1 < 40% e > 60% de espécies/grupo = 3

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Descritores	Indicadores	Cenários e referenciais	Parâmetros
Diversidade na comunidade			
Diversidade funcional	Diversidade de funções sucessionais das espécies arbóreas	Maior número de espécies não pioneiras presentes no sistema.	P > NP = 1 P ± NP = 2 P < NP = 3
	Altura média dos indivíduos arbóreos (m) – IPA	Indesejável: reflete crescimento lento dos indivíduos ou replantios constantes (IPA < 0,5 m). Regular: valores considerados médios de crescimentos para plantios (IPA de 0,5 a 1,0 m). Desejável: valores considerados compatíveis com plantios de restauração (> 1,5 m). Referencial: MELO & DURIGAN (2007); PIOTROWSKI (2016).	IPA < 0,5 m = 0 0,5 < IPA < 1,0 = 1 1,0 < IPA < 2,0 = 2 IPA > 2,0 = 3
	Diversidade de funções ecológicas	Como principais funções da floresta foram consideradas: a) presença de espécies adubadoras ou fertilizadoras (com interação com micro-organismos para fixação de nitrogênio); b) aporte de biomassa (espécies caducifólias); c) atração de fauna (espécies zoocóricas); e d) sombreadora (espécies com arquitetura de copa fechada).	Nenhuma função = 0 1 função = mínimo = 1 1 > f(ecológica) < 4 = 2 F(ecológica) > 4 = 3
	Epífitas (presença/ausência)	Indesejável: ausente. Desejável: presente, predomínio de posição nos TS e TM dos indivíduos arbóreos. Referencial: Resolução nº 1/1994 (CONAMA, 1994).	Ausentes = 0 Poucas = 1 Regulares/presentes = 2 Abundantes = 3
	Cipós e lianas (Presença/Ausência)	Indesejável: dominando a copa das árvores, em especial os TS e TM. Desejável: ausente ou em equilíbrio. Referencial: Resolução nº 1/1994 (CONAMA, 1994).	Abundantes = 0 Regulares/Presentes = 1 Poucas = 2 Ausentes = 3

SMA: Secretaria de Meio Ambiente; AR: área de referência; IPA: Incremento Médio Anual; TS: terços superiores; TM: terços médios; CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente; P: pioneira; NP: não pioneira.

Fonte: baseado em Maser *et al.* (1999) adaptado por Piña-Rodrigues *et al.* (2015).

Tabela 3 – Conjunto de indicadores, cenários e referenciais aplicados para avaliação da funcionalidade ecológica de áreas de restauração situadas na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê, São Paulo, com base nos atributos de confiabilidade dos plantios.

Descritores	Indicadores	Cenários positivos e referenciais	Parâmetros
Manejo			
Controle e manejo	Fechamento de dossel (L)	Indesejável: áreas abertas, sem cobertura de copa, com luminosidade superior a 50%. Desejável: áreas fechadas com menor L (< 50%).	75% < L < 100% = 0 50% < L < 75% = 1 25% < L < 50% = 2 0 < L < 25% = 3
	Presença de espécies reconhecidamente invasoras (% cobertura do solo gramíneas/invasoras)	Indesejável: Resolução SMA nº. 8/2008 prevê controle inicial de competidoras. Desejável: baixa densidade de invasoras é favorável ao desenvolvimento das nativas.	> 50% de cobertura = 0 25 – 50% = 1 > 10 a 25% = 2 Ausente a 10% = 3
	Presença de espécies exóticas (não regionais) (Nº de indivíduos/ha)	Indesejável: Resolução SMA nº. 8/2008 prevê controle inicial de competidoras.	Nº espécies > 20 = 0 15 < Nº espécies < 20 = 1 10 < Nº espécies < 15 = 2 Ausentes = 3
	Presença humana (impactos positivos)	Visitas periódicas à área pelo proprietário.	Não visitado = 1 Pouco visitado = 2 Muito visitado = 3
	Presença humana (impactos negativos)	Presença de vestígios de incêndios na área.	Presença recente incêndio = 1 Ausência de incêndio = 3
	Práticas de manejo	Práticas de manejo conduzidas periodicamente.	RAD não manejado = 1 RAD manejado = 3
Funcionamento			
Proteção do solo e ciclagem de nutrientes	Cobertura do solo com regenerantes (herbáceas)	Indesejável: ausência de regenerantes. Regular: presença de alguns regenerantes na área. Desejável: presença de regenerantes.	1 – 25% = 0 25 – 50% = 1 50 – 75% = 2 75 – 100% = 3
	% serapilheira cobrindo o solo	% de serapilheira próxima à encontrada na AR (75 – 100%).	1 – 25% = 0 25 – 50% = 1 50 – 75% = 2 75 – 100% = 3
	Serapilheira (cm)	Serapilheira cobrindo o solo com valores similares à área de floresta secundária na região (AR).	Menor do que a AR = 1 Similar à AR = 2 Maior do que a AR = 3

L: incidência de luz; SMA: Secretaria de Meio Ambiente; ha: hectare; RAD: restauração de áreas degradadas; AR: área de referência.
Fonte: baseado em Maser *et al.* (1999) adaptado por Piña-Rodrigues *et al.* (2015).

Em novembro de 2013, foram realizados estudos da vegetação em cinco parcelas de 10 x 20 m instaladas ao acaso na área de referência. Nas restaurações, as coletas dos dados de campo foram realizadas nas 13 áreas entre março e outubro de 2013, empregando-se 5 unidades amostrais de 10 x 10 m, com exceção da área de Capela do Alto (Sub-bacia 3), onde foram estabelecidas apenas três parcelas devido à presença abundante da espécie *Pennisetum purpureum* e a ausência de outra vegetação. Em cada unidade amostral foram obtidos dados de família, nome científico, nome popular, quantidade de indivíduos, hábito, diâmetro a altura do peito – DAP (cm), diâmetro a altura do colo – DAC (cm) para indivíduos com DAP inferior a 5 cm de diâmetro e anotando-se a presença de epífitas e lianas e a taxa de herbivoria (SOUZA *et al.*, 2016). A identificação foi efetuada com base em guias de campo e dendrólogo especializado e o material obtido foi comparado com a coleção da Universidade de Sorocaba (UNISO) e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar – Sorocaba). Posteriormente, em pesquisa bibliográfica, foram obtidas informações sobre as síndromes de polinização e dispersão, as espécies caducifólias, a interação com micro-organismos fixadores de N₂, a arquitetura da copa e o grupo ecológico. A altura da serapilheira e a porcentagem de cobertura do solo por gramíneas invasoras

Análise dos dados

A correlação entre a presença de gramíneas invasoras e a porcentagem de cobertura do solo com serapilheira foi analisada pelo coeficiente de correlação de Spearman. Após as coletas de campo, os dados foram sistematizados e, para cada indicador, foram atribuídas notas que variaram de 0 a 1 (grau crítico – ruim, inexistente ou distinto do cenário positivo), 2 (grau aceitável) e 3 (grau desejado de sustentabilidade, similar ao cenário positivo) (Tabelas 2 e 3). Esse procedimento permitiu que os dados da AR e das restaurações fossem analisados e comparados na mesma unidade de avaliação. A partir das atribuições de notas, foram elaborados gráficos de radar, contemplando os indicadores de

(*Pennisetum purpureum* e *Brachiaria decumbens*), herbáceas e serapilheira foram estimadas utilizando um quadrado de 50 x 50 cm, subdividido em quatro partes iguais, e cada uma representou 25% de cobertura, sendo lançados três vezes ao acaso em cada unidade amostral. Com o somatório desses pontos obteve-se a porcentagem de cobertura do solo. Para avaliar o fechamento do dossel, em cada local de amostragem da cobertura do solo foram efetuadas medidas utilizando o densiômetro de dossel (*canopy densiometer*).

Para analisar a estabilidade e a resiliência das áreas foram avaliadas a diversidade da comunidade empregando-se como indicadores a riqueza de espécies (S), a densidade de indivíduos (d), a diversidade de espécies estimada pelos índices de Shannon (H') e de equitabilidade de Pielou (J) — de acordo com Magurran (2011) — e o número de indivíduos por grupo sucessional classificadas de acordo com o anexo da Resolução SMA nº 8/2008. Para os indicadores de diversidade funcional, os estimadores foram avaliados com base em observações de campo, levantamentos de literatura e compilação de informações do anexo da Resolução SMA nº 8/2008. No atributo confiabilidade, a dimensão de manejo avaliou os efeitos positivos e negativos das práticas executadas por meio de observações de campo.

estabilidade e resiliência e os de confiabilidade, permitindo a visualização e a análise comparativa dos indicadores funcionais e das condições das áreas de estudo em relação a de referência (AR). Em seguida, os valores referentes ao índice de consolidação da funcionalidade ecológica (ICFE) das áreas de restauração estudadas foram determinados por meio da Equação 1:

$$\text{ICFE} = \frac{\sum \text{nota indicador} - \text{n}^\circ \text{ de indicadores}}{(\text{n}^\circ \text{ de indicadores}) * (\sum \text{n}^\circ \text{ de parâmetros por indicador})} \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversidade de espécies e funcional

No total de áreas amostradas (n = 13) foram observados 694 indivíduos, com média de 1.082 ± 502 plan-

tas/ha de 98 espécies, com 17 ± 10 espécies por área amostrada, sendo 41,8% pioneiras e 58,2% não pionei-

ras. As espécies que apresentaram maior número de indivíduos foram *Croton floribundus* Spreng (n = 83), *Schinus terebinthifolius* Raddi (n = 39), *Guazuma ulmifolia* Lam (n = 29), *Inga vera* Willd (n = 27), *Citharexylum myrianthum* Cham (n = 23) e *Cordia sellowiana* Cham (n = 19), que juntas representaram 31,7% dos indivíduos plantados na bacia. Além da alta densidade de indivíduos, as espécies supracitadas também foram as mais frequentes, ocorrendo em 4 a 9 das áreas analisadas juntamente com *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (n = 18), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (n = 18), *Croton urucurana* Baill (n = 16), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (n = 16), *Eugenia uniflora* L. (n = 16), *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (n = 16), *Psidium guajava* L. (n = 15), *Triplaris americana* L. (n = 14) e *Erythrina speciosa* Andrews (n = 14). Desse total, 15 espécies mais abundantes e mais frequentes nos plantios representaram 52,8% dos indivíduos plantados na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê. Em relação às espécies exóticas reconhecidamente invasoras, do total de indivíduos amostrados foram encontrados apenas quatro de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

As espécies mais comuns e frequentes nos plantios de restauração estudados também foram abundantes e frequentes entre os viveiros paulistas (MARTINS, 2011; DIAS, 2012). Com exceção apenas de *E. uniflora*, *A. colubrina* e *P. guajava*, a maioria dessas espécies é formada por pioneiras com produção anual, regular e abundante de sementes (PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2014), facilitando sua obtenção para a produção de mudas pelos viveiros, o que pode explicar a sua maior disponibilidade nestes locais. Além disso, essas espécies apresentam maior sobrevivência e bom desenvolvimento em campo (PIOTROWSKI, 2016) e são frequentes em áreas de floresta nativa e outros plantios de restauração (MORAES *et al.*, 2006).

Embora a Resolução SMA nº 8/2008 estabelecesse que, ao fim do projeto, este deveria apresentar 80 espécies, apenas 4 áreas (30%) apresentaram 30-31 espécies (Tabela 4) e muitas delas apresentaram baixa densidade, com poucos indivíduos. Contudo, essa situação não se deve à falta de espécies para a restauração, pois no Estado de São Paulo, após o advento dos instrumentos legais, houve aumento da diversidade de espécies nos viveiros (MARTINS, 2011; BRANCALION *et al.*, 2010). Segundo dados de Dias (2012), os viveiros paulistas produziam mudas de 516 espécies, sendo que destas

235 (45%) estavam listadas no anexo da Resolução SMA nº 8/2008. Tanto os viveiros quanto os restauradores concentram o maior volume de mudas em espécies com conhecida sobrevivência em campo e bom crescimento, visando ao cumprimento em curto prazo das condições previstas na Resolução SMA nº 8/2008, vigente na época dos plantios estudados. Contudo, deve-se destacar também que a baixa densidade de indivíduos de determinadas espécies pode ser resultante de sua maior mortalidade no campo, enquanto as de maior frequência podem representar aquelas com maior sobrevivência e desenvolvimento no plantio.

Além da questão da seleção de espécies, a baixa diversidade dos projetos analisados pode resultar da falta de manutenção e da forma de condução dos plantios. É comum a utilização de mudas de pequeno porte em projetos de RAD para reduzir os custos de implantação, entretanto, essa estratégia requer maior manutenção e os seus custos são mais elevados. O rápido crescimento das gramíneas, em especial, *B. decumbens*, pode promover o sufocamento das mudas em campo. Outro problema causador de perdas em campo é a falta de mão de obra especializada e treinada para manutenções de plantio. A supressão de indivíduos no ato da manutenção é um dos grandes problemas para os projetos de RAD e contribui também para a baixa densidade de alguns indivíduos, uma vez que certas espécies se desenvolvem mais lentamente e são cobertas pelas gramíneas, sendo acidentalmente suprimidas na roçagem da área. A aplicação de herbicidas pode ser considerada uma opção para o manejo dos projetos de RAD, pois reduz o custo da manutenção, mas deve ser usada com critérios e mão de obra especializada. Esses fatores indicam a necessidade de se definir um tamanho mínimo para as mudas a serem utilizadas nos projetos de RAD e, dessa maneira, minimizar os efeitos adversos dos aspectos de competição e manutenção, como o crescimento de gramíneas e a injúria acidental das mudas durante a roçada.

Nas áreas estudadas não foi possível determinar a sobrevivência por espécies, uma vez que os projetos não apresentaram as listagens de plantio. Essa questão, aparentemente, não tem sido relevante nas normativas. Contudo, na fiscalização é essencial o conhecimento da florística dos plantios, mas, em geral, apenas a densidade de plantas é avaliada. Porém, de acordo com os dados obtidos no presente estudo, a identificação das espécies foi essencial para caracterizar a presença daquelas comuns

Tabela 4 – Dados obtidos em campo em avaliação da funcionalidade ecológica de áreas de restauração situadas na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê, São Paulo, com base nos atributos de “estabilidade e resiliência” e “confiabilidade” dos plantios.

Indicadores	Unidade usada	Referência	Sub-bacia 1		Sub-bacia 2		Sub-bacia 3		
			Botucatu	Bofete	Jumirim	Boituva	Tatuí	Capela	Piedade
Estabilidade e resiliência									
Diversidade de espécies e diversidade funcional									
Diversidade de espécies	Índice de Shannon	2,66	3,218	3,239	2,612	2,263	2,236	1,532	2,401
Riqueza de espécies	Nº de espécies por área	24	31	30	19	11	13	5	15
Densidade de indivíduos arbóreos (nº.ha ⁻¹)	Nº de plantas/ha	1.433	1.620	1.300	980	760	840	466	1.180
Equitabilidade	Índice de Pielou (J')	0,8369	0,937	0,952	0,887	0,9435	0,871	0,951	0,886
% de indivíduos/grupo sucessional	% de indivíduos P	63,6	67,9	50,7	69,3	63,1	80,9	58,3	10,1
	% de indivíduos NP	36,4	32,1	49,3	30,7	36,9	19,1	41,7	89,9
Diversidade de funções sucessionais das espécies arbóreas	Nº de indivíduos P (nº P/ha)	77 (855)	55 (1.100)	33 (660)	34 (680)	24 (480)	34 (680)	7 (233)	6 (120)
	Nº de indivíduos NP (nº NP/ha)	44 (488)	26 (520)	32 (640)	15 (300)	14 (280)	8 (160)	5 (166)	53 (1.060)
	P + NP (nº de indivíduos)	121	81	65	49	38	42	12	59
Altura média dos indivíduos arbóreos (m)	Metros	6,8	2,6 ± 1,0	2,07 ± 1	6,9 ± 1,8	5,0 ± 1,0	5,5 ± 1,6	5,3 ± 1,2	2,1 ± 0,9
Diversidade de funções ecológicas	Nº de funções ecológicas	2	3	3	2	3	3	2	3
Epífitas (presença/ausência)	Abundantes = 3 Regulares / presentes = 2 Poucas = 1 Ausente = 0	1	0	0	0	0	1	1	0
Cipós e lianas (presença/ausência)	Abundantes = 3 Regulares/ presentes = 2 Poucas = 1 Ausente = 0	1	2	29	2	3	3	2	2
Confiabilidade									
Controle e manejo, proteção do solo e ciclagem de nutrientes									
Incidência de luz (L)	% de incidente na área	4,58	34,9	55,2	4,3	18,2	7,7	15,8	76,7
Presença de espécies invasoras (gramíneas)	% de cobertura	25	0	31,6	15	0	41,6	16,6	100
Presença de espécies exóticas superabundantes	Indivíduos/ha	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença humana	Muito visitado = 3 Pouco visitado = 2 Não visitado = 1	3	3	2	2	3	1	1	2
Fogo	Presença/ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Manejo	Presença/ausência	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Presença	Ausência	Ausência	Presença
Cobertura (herbáceas)	% de cobertura	2,77	8,3	23,3	15	0	0	8,3	0
Cobertura serapilheira	% de cobertura	91,6	0	11,6	36,6	3,3	20	21,6	0
Altura da serapilheira	Centímetros (cm)	3,7	0	2,75	1,28	0	2,5	0,5	0

Continua...

Tabela 4 – Continuação.

Indicadores	Unidade usada	Referência	Sub-bacia 4		Sub-bacia 5		Sub-bacia 6	
			Sorocaba pref.	Sorocaba Gm	Itú cond.	Itú pref.	Ibiúna pref.	Ibiúna cond.
Estabilidade e resiliência								
Diversidade de espécies e diversidade funcional								
Diversidade de espécies	Índice de Shannon	2,66	0	1,98	3,097	2,227	1,432	3,256
Riqueza de espécies	Nº de espécies por área	24	0	9	30	13	15	30
Densidade de indivíduos arbóreos (nº.ha ⁻¹)	Nº de plantas/ha	1.433	0	1.000	1.720	1.000	1.620	1.580
Equitabilidade	Índice de Pielou (J')	0,8369	0	0,901	0,910	0,957	0,528	0,957
% de indivíduos/grupo sucessional	%º de indivíduos P	63,6	94	0	54	44,1	51,8	81,4
	%º de indivíduos NP	36,4	6	0	46	55,9	48,2	18,6
Diversidade de funções sucessionais das espécies arbóreas	Nº de indivíduos P (nº P/ha)	77 (855)	47 (940)	0 (0)	27 (540)	38 (760)	41 (820)	66 (1.320)
	Nº de indivíduos NP (nº NP/ha)	44 (488)	3 (60)	0 (0)	23 (460)	48 (960)	38 (760)	15 (300)
	P + NP (nº de indivíduos)	121	50	0	50	86	79	81
Altura média dos indivíduos arbóreos (m)	Metros	6,8	7,9 ± 2,5	-	4,9 ± 1,1	1,2 ± 0,5	2,2 ± 1,0	9,5 ± 2,2
Diversidade de funções ecológicas	Nº de funções ecológicas	2	0	0	3	3	3	3
Epífitas (presença/ausência)	Abundantes = 3 Regulares / presentes = 2 Poucas = 1 Ausente = 0	1	0	0	0	0	0	0
Cipós e lianas (presença/ausência)	Abundantes = 3 Regulares / presentes = 2 Poucas = 1 Ausente = 0	1	3	3	3	2	2	1
Confiabilidade								
Controle e manejo, proteção do solo e ciclagem de nutrientes								
Incidência de luz (L)	% de incidente na área	4,58	3,3	100	27,3	73,4	62,2	2,5
Presença de espécies invasoras (gramíneas)	% de cobertura	25	0	100	0	18,3	75	0
Presença de espécies exóticas superabundantes	Indivíduos/ha	0	0	0	80	0	0	0
Presença humana	Muito visitado = 3 Pouco visitado = 2 Não visitado = 1	3	2	1	2	2	2	1
Fogo	Presença/ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Manejo	Presença/ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Presença	Ausência	Ausência
Cobertura (herbáceas)	% de cobertura	2,77	0	0	0	15	18,3	0
Cobertura serapilheira	% de cobertura	91,6	91,6	0	8,3	0	0	100
Altura da serapilheira	Centímetros (cm)	3,7	1,78	0	2	0	0	3,4

P: pioneira; NP: não pioneira.

 Fonte: baseado em Maser *et al.* (1999) adaptado por Piña-Rodríguez *et al.* (2015).

e frequentes entre e dentro dos plantios. Segundo Brancalion *et al.* (2010), é necessária a capacitação e atualização constante dos técnicos envolvidos na restauração ecológica e na fiscalização para que possam desenvolver plenamente suas funções. Esses dados indicam a necessidade de maior controle dos projetos de RAD, desde sua elaboração, sua implantação e seu acompanhamento, tanto por parte do órgão fiscalizador quanto do executor.

Apesar do baixo número de espécies observado nas restaurações ($S \leq 30$), a diversidade em quatro delas (Botucatu, Bofete, Itu cond. e Ibiúna cond.) foi superior à encontrada em AR (Tabela 4), e as demais nove áreas apresentaram valores inferiores. A AR apresentou valores de diversidade de Shannon de $2,676 \text{ nats.indivíduo}^{-1}$ e de equitabilidade de $0,665 \text{ nats.indivíduo}^{-1}$ considerados como medianos para floresta estacional semidecidual (LINDENMAIER & BUDKE, 2006). Nas restaurações, a equitabilidade — com exceção de Ibiúna pref. e Sorocaba pref. — foi alta em 11 áreas ($J > 0,665 \text{ nats/indivíduo}^{-1}$), indicando que o critério de distribuição de indivíduos por espécies tem sido respeitado nos projetos da região (Tabela 4). Em geral, os projetos apresentaram poucos indivíduos por espécie (3,4 indivíduos/espécie), variando de 1 a 10 plantas, o que afeta os dados de diversidade e riqueza e pode mascarar a avaliação das restaurações. Esses resultados reforçam a hipótese de que poucas espécies são plantadas com alta densidade, enquanto a maioria apresenta baixa densidade, o que tende a aumentar o índice de diversidade. As únicas exceções foram para as espécies *C. floribundus* (55 indivíduos), *A. colubrina* (12 indivíduos) e *Cordia superba* (11 indivíduos), que apresentaram altas densidades em algumas das áreas estudadas.

A mortalidade nas áreas foi elevada, com $35,6 \pm 30,2\%$, porém com a taxa mediana em torno de 40% e média de 1.090 indivíduos/ha (Tabela 4). Mesmo que se exclua desse cálculo a área de Sorocaba (100% de mortalidade), ainda assim houve mortalidade superior a 30%. Contudo, estudos conduzidos em plantios de restauração têm revelado valores de mortalidade iniciais de até 30% aos 2 anos pós-plantio (STOLARSK *et al.*, 2012; SCHIEVENIN *et al.*, 2012). As condições nas áreas refletem o estado crítico em 62% delas, percentual próximo ao estudo de Rodrigues (2013), no qual 74,8% dos projetos de TCRA e TAC avaliados no Estado de São Paulo foram considerados como não cumpridos. As áreas apresentam ainda alta mortalidade, mui-

to acima do máximo de 10% sugerido no Pacto da Mata Atlântica (RODRIGUES *et al.*, 2009), requerendo ações de manejo adaptativo.

Em relação à proporção de espécies pioneiras e não pioneiras, considerando o limite mínimo de 40% para qualquer dos grupos sucessionais, esses estavam de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução SMA nº 8/2008. Porém, em relação ao número de indivíduos por grupo ecológico, seis áreas — Botucatu, Jumirim, Boituva, Tatuí, Sorocaba pref. e Ibiúna cond. (Tabela 1) — apresentaram mais de 60% de pioneiras (Tabela 4). Em contraste, com relação ao limite máximo de 20% de indivíduos do total do plantio para espécies pioneiras, como estabelecido pela Resolução SMA nº 8/2008, os estudos mostraram que 66% das áreas atenderam a esse quesito. A porcentagem das espécies plantadas enquadradas em alguma categoria de ameaçada também ficou abaixo dos 5% estabelecidos em todas as áreas estudadas.

Estudos têm demonstrado que a mortalidade tende a ser maior em espécies pioneiras quando se estabelecem processos competitivos (SWAINE *et al.*, 1987; CHAZDON *et al.*, 2007). A dominância de pioneiras e a presença em alta densidade e frequência de espécies como *Schinus terebinthifolius*, *Citharexylum myrianthum* e *Croton urucurana*, que apresentam mortalidade superior a 15% em condições com maior competição (PIOTROWISKI, 2016), refletem os riscos dessas áreas em relação à sua autossustentabilidade.

Em áreas de floresta estacional, levantamentos realizados indicaram a predominância de espécies iniciais — pioneiras e secundárias iniciais (SILVA *et al.*, 2003). Contudo, nas áreas estudadas, apenas 5 (38%) delas apresentaram presença de pioneiras superior a AR classificada como em estágio inicial de sucessão. Essa condição reflete o fato das restaurações estudadas ainda permanecerem em condições de sucessão inicial, mesmo aquelas com mais de 10 anos e ainda manterem baixa proporção de não pioneiras (Tabelas 1 e 4). A condição das áreas restauradas é confirmada quando se observa a ausência de espécies epífitas e a abundância de lianas e cipós, mesmo nas áreas mais antigas (> 10 anos), o que as caracterizaria como em estágio sucessional inicial de acordo com a classificação da Resolução CONAMA nº 1/1994 (BRASIL, 1994).

A entrada de novas espécies se dá por processos de dispersão de sementes com a chegada de novos propágulos,

principalmente pela ação de animais como aves, morcegos e mamíferos (REIS *et al.*, 1999). Nas áreas, a porcentagem de espécies zoocóricas esteve de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução SMA nº 8/2008 (Tabela 4), contudo não foi constatada a presença de novas espécies, embora zoocóricas como *S. therebinthifolius* e *E. uniflora* sejam abundantes nos plantios.

Em relação ao desenvolvimento dos indivíduos, até 7 anos o Incremento Periódico Anual em Altura (IPA_H) foi de $0,96 \pm 0,42$, superior ao obtido nas áreas de 7 a 15 anos ($0,48 \pm 0,25$), evidenciando a redução na velocidade de crescimento com a idade. A área de estudo localizada na cidade de Botucatu, com 2 anos, teve o maior IPA_H encontrado na bacia (1,57 m/ano), seguido por Tatuí (6 anos, 0,92m/ano), Boituva (5 anos, 0,91m/ano), Itu pref. (5 anos, 0,88m/ano). Já os menores IPA_H foram encontrados nas áreas de Itu cond. (9 anos, 0,14 m/ano), Capela (14 anos, 0,38 m/ano) e Jumirim (15 anos, 0,45 m/ano). Em relação ao diâmetro, a maior taxa de Incremento Periódico Anual de Diâmetro Altura do Colo (IPA_{DAC}) foi obtida em Botucatu (2 anos, 5,06 cm/ano)

Processos ecológicos

De maneira geral, a área de Sorocaba-GM foi a que apresentou maiores problemas com a perda total do plantio realizado. Em todas as áreas amostradas com até 7 anos de plantio houve problemas com a proteção do solo e ciclagem de nutrientes (Figura 1A). Essa condição pode estar relacionada com a alta incidência de luz nas áreas, a qual favorece a presença e o desenvolvimento de gramíneas invasoras (*Brachiaria decumbens*) (Tabela 4). A competição por nutrientes é um dos fatores que pode causar redução no crescimento das espécies tornando-as susceptíveis à presença de espécies invasoras (RIZZARDI *et al.*, 2001). Essa questão é relevante, uma vez que as áreas com maiores taxas de mortalidade também foram as que mostraram maior presença de invasoras, independentemente da idade de plantio (Tabela 4). Mesmo em plantios de idade superior a 7 anos, observou-se que, com exceção das áreas de Sorocaba pref. e Ibiúna cond., não foram encontrados fatores que promovem a proteção do solo e a ciclagem de nutrientes (Figura 1B). Contudo, a presença de gramíneas na área não foi o fator que determinou a presença ou não de serapilheira, uma vez que não houve correlação entre os dois fatores ($r = -0,41$; $p < 0,05$).

seguida de Ibiúna pref. (4 anos, 1,52 cm/ano) e Piedade (4 anos, 1,50 cm/ano). Das sete áreas onde foram amostrados o DAP, a maior taxa de Incremento Periódico Anual de Diâmetro Altura do Peito (IPA_{DAP}) foi encontrada na área de Sorocaba Pref. (10 anos, 3,0 cm/ano) seguida por Boituva (5 anos, 2,53 cm/ano), Itu pref. (5 anos, 2,18 cm/ano) e Capela (14 anos, 1,87 cm/ano); os menores IPA_{DAP} foram observados nas áreas de Ibiúna cond. (15 anos, 0,87cm/ano) seguidos por Jumirim (15 anos, 1,12 cm/ano) e Tatuí (6 anos, 1,56 cm/ano). Os valores referentes ao IPA_{DAP} apresentaram valores semelhantes ao estudo desenvolvido por Chagas *et al.* (2004).

Se considerarmos os dados por sub-bacia, a que apresentou melhor desenvolvimento foi a sub-bacia 1, com média de IPA_H de 1,06 m/ano e IPA_{DAC} de 2,79 cm/ano, seguida pela sub-bacia 2, que em 10 anos teve um IPA_H de 0,68 m/ano e IPA_{DAP} de 1,80 cm/ano (Tabela 4). A pior situação referente ao IPA_H foi encontrada na sub-bacia 4, apresentando em 8 anos IPA_H de 0,39 m/ano, seguida pela sub-bacia 6, que exibiu com 9 anos um IPA_{DAP} na ordem de 1,19 cm/ano.

A adequada seleção de espécies e o conhecimento dos atributos funcionais das espécies arbóreas a serem utilizadas em um projeto de restauração são fundamentais e contribuem para restituir o equilíbrio dinâmico da comunidade vegetal. Por isso, faz-se necessário identificar as funções de cada indivíduo no ecossistema, sendo que um atributo importante para a restauração do solo é a fixação de nitrogênio (N_2) atmosférico por meio da associação com bactérias diazotróficas, habilidade que algumas espécies arbóreas possuem, sendo uma opção de baixo custo para a realização desse procedimento (FARIA & FRANCO, 2002; ENGEL & PARROTTA, 2003). Por falta de recursos não foi realizada a amostragem do solo, o que não permitiu avaliar a presença de nutrientes. Embora estivessem presentes, nas áreas analisadas, 15 espécies fixadoras de N_2 atmosférico, estas podem competir com as espécies não nodulíferas (SOUZA *et al.*, 1994), e algumas propriedades do ambiente, como a alta concentração de nitrato no solo, podem inibir a nodulação das bactérias fixadoras de N_2 atmosférico, trazendo prejuízos ao projeto de restauração (SOUZA *et al.*, 1994; JACOB NETO *et al.*, 1998). Ainda no que se refere à qualidade do solo e à ciclagem de nutrientes, nas áreas houve a presença de espécies

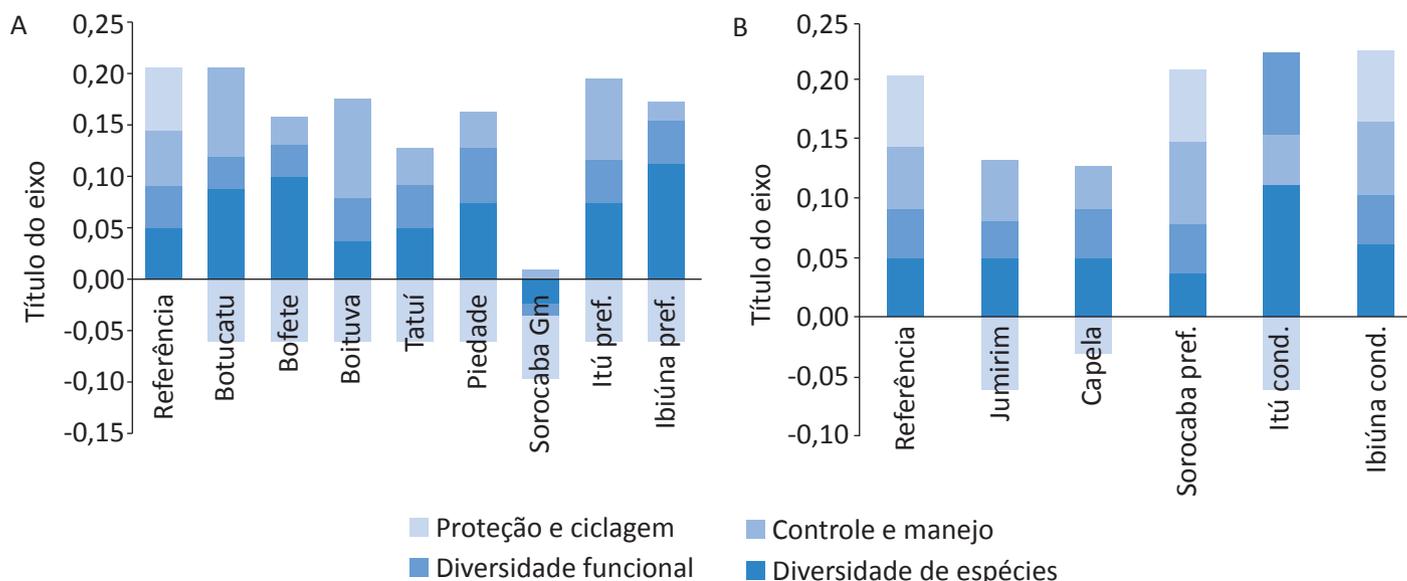


Figura 1 – Valores do índice de confiabilidade ecológica das áreas de restauração situadas na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê, São Paulo, com base nos descritores de diversidade da comunidade (diversidade de espécies e funcional), para avaliar a estabilidade e a resiliência das áreas, e nos descritores de manejo (controle e manejo e proteção do solo e ciclagem de nutrientes), referentes à avaliação da confiabilidade do sistema. (A) áreas entre 3 e 7 anos de implantação; (B) área com mais de 7 anos pós-plantios.

consideradas como aportadoras de biomassa (LORENZI, 1992), tais como *Croton urucurana*, *Chorisia speciosa*, *Luehea divaricata*, *Bauhinia forficata* e *Peltophorum dubium*. Apesar disso, nas áreas estudadas não foram constatados os fatores que promovem a proteção do

solo e a ciclagem de nutrientes, ambas relacionadas com a presença de serapilheira (VITAL *et al.*, 2004). Nessa condição, uma alternativa para essas áreas seria o plantio de mais espécies aportadoras de biomassa e fixadoras de N₂, bem como boas práticas de adubação.

CONCLUSÃO

Os resultados dos estudos mostraram que as áreas restauradas na Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê se encontram em situação crítica, se comparadas com as recomendações das Resoluções SMA nº 8/2008 e SMA nº 32/2014. Essa conclusão é evidenciada pelo baixo número médio de espécies observadas (17 ± 10 espécies), sendo que apenas seis foram dominantes (31,7% de todos os indivíduos plantados na bacia). As espécies *Croton floribundus*, *Schinus terebinthifolius*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga vera*, *Citharexylum myrianthum* e *Cordia sellowiana* mostraram alto potencial de adaptação às condições de plantio mais comumente utilizadas na região.

Dentre os principais fatores que interferiram no desenvolvimento das áreas plantadas, a baixa densidade de indivíduos (1.090 indivíduos/ha) e o baixo índice de sobrevivência de indivíduos por área podem ter permitido a entrada de luz, criando condições para o

surgimento de gramíneas invasoras. Esse acontecimento mostra a importância da escolha de espécies com desenvolvimento rápido, a fim de vencer essa etapa inicial da restauração quando a competição com as espécies invasoras, principalmente as gramíneas, for alta.

Em relação aos processos ecológicos, a adoção do ICFE foi uma ferramenta efetiva, permitindo constatar que projetos implantados não foram eficientes na restauração da cobertura vegetal e nem de processos ecológicos como o restabelecimento da regeneração natural, a proteção do solo, a ciclagem de nutrientes e a dispersão de sementes. As áreas estudadas não recuperaram aspectos estruturais em termos de formação de cobertura florestal com diversidade e estrutura similar a florestas de mesma idade, ou mesmo de outras restaurações, evidenciando a necessidade de se rever os procedimentos adotados nos mecanismos legais e técnicos de outros projetos na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Fundo Estadual dos Recursos Hídricos (FEHIDRO) a concessão de recursos para o Projeto “Parâmetros técnicos e indicadores de restauração de matas ciliares na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio

Tietê”, desenvolvido, em 2013, pela Universidade de Sorocaba (UNISO) em parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, campus Sorocaba) (Código do empreendimento: 2008-SMT-170, número do contrato: 357/2008).

REFERÊNCIAS

AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; MORAES, L. F. D.; OLIVEIRA, R. E.; ANGEL, V. L. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 333-340.

ARONSON, J.; ALEXANDER, S. Ecosystem restoration is now a global priority: Time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology*, v. 21, n. 3, p. 293-296, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/264705105_Ecosystem_Restoration_is_Now_a_Global_Priority_Time_to_Roll_up_our_Sleeves>. Acesso em: 19 jun. 2017.

ARONSON, J.; BRANCALION, P. H. S.; DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R.; ENGEL, V. L.; TABARELLI, M. et al. What Role Should Government Regulation Play in Ecological Restoration? Ongoing Debate in São Paulo State, Brazil. *Restoration Ecology*, v. 19, n. 6, p. 690-695, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/227828061_What_Role_Should_Government_Regulation_Play_in_Ecological_Restoration_Ongoing_Debate_in_Sao_Paulo_State_Brazil>. Acesso em: 19 jun. 2017.

BARBOSA, L. M.; BARBOSA, K. C. Políticas públicas para recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATAS CILIARES, 2006, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2006. p. 1-58.

BARBOSA, L. M.; MANTOVANI, W. Degradação ambiental: conceituação e bases para o repovoamento vegetal. In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES FLORESTAIS LITORÂNEAS. *Anais...* 2000. São Paulo: SMA, 2000. p. 33-40.

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P. Y.; NAVE, A. G.; GANDARA, F. B. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Árvore*, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. *Diário Oficial da União*, Brasília, seção 1, 24 jan. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm>. Acesso em: 19 jun. 2017.

_____. Resolução CONAMA nº 1, de 31 de janeiro de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado de São Paulo. *Diário Oficial da União*, Brasília, Seção 1, p. 1684-1685, 3 fev. 1994.

BROWN, G. G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; WELLINGTON, J. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Boletim Informativo da SBCS*, p. 38-43, 2009.

CHAGAS, R. K.; DURIGAN, D.; CONTIERI, W. A.; SAITO, M. Crescimento diametral de espécies arbóreas em Floresta Estacional Semidecidual ao longo de seis anos. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. (Orgs.). *Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão*. São Paulo: Páginas e Letras, 2004. p. 265-290.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, S. G.; BREUGEL, M.; MARTÍNES-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 362, n. 1478, p. 273-289, 2007.

CLEWELL, A. F.; ARONSON, J. *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Washington, D. C.: Island Press, 2007.

DIAS, I. F. S. *O uso da biodiversidade na produção de sementes e mudas para restauração florestal*. 87 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G.; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V. et al. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas. *Árvore*, v. 34, n. 3, p. 471-485, 2010.

ENGEL, V. L. Abordagem “BEF”: um novo paradigma na restauração de ecossistemas. In: SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: DESAFIOS ATUAIS E FUTUROS, 4., São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto de Botânica, 2011. v. 4. p. 155-165.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. *Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais*. Botucatu: Fepaff, 2003. p. 1-26.

FARIA, S. M. de; FRANCO, A. A. Identificação de bactérias eficientes na fixação biológica de nitrogênio para espécies leguminosas arbóreas. *Embrapa Agrobiologia*. 2002. 16 p.

GRAF, M. D. Foundations of Restoration Ecology. *Ecoscience*, v. 15, 2008. Disponível em: <[http://www.bioone.org/doi/abs/10.2980/1195-6860\(2008\)15\[137b:FORE\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.2980/1195-6860(2008)15[137b:FORE]2.0.CO;2)>. Acesso em: 19 jun. 2017.

GRAICHEN, J.; HEALY, S.; SIEMONS, A.; HÖHNE, N.; KURAMOCHI, T.; GONZALES-ZUÑIGA, S. et al. *Climate initiatives, national contributions, and the Paris Agreement*. 2016. Disponível em: <<https://www.oeko.de/oekodoc/2554/2016-079-de.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

HALLETT, L. M.; DIVER, S.; EITZEL, M. V.; OLSON, J. J.; RAMAGE, B. S.; SARDINAS, H. et al. Do we practice what we preach? Goal setting for ecological restoration. *Restoration Ecology*, v. 21, n. 3, p. 312-319, 2013.

HOBBS, R. J.; HALLETT, L. M.; EHRLICH, P. R.; MOONEY, H. A. Intervention ecology: applying ecological science in the twenty-first century. *BioScience*, v. 61, n. 6, p. 442-450, 2011. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1525/bio.2011.61.6.6?journalCode=bisi>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA – IPT. *Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10)*. Relatório Técnico nº 91 265-205. São Paulo, 2006.

JACKSON, S. T.; HOBBS, R. J. Ecological restoration in the light of ecological history. *Science*, New York, v. 325, n. 5940, p. 567-569, 2009.

JACOB NETO, J.; GOI, S. R.; SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. *Floresta e Ambiente*, v. 5, n. 1, p. 104-110, 1998.

KORTZ, A. R. *Composição Florística dos Fragmentos do campus da UFSCar Sorocaba*. Sorocaba, 2009.

LINDENMAIER, D. S.; BUDKE, J. C. *Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas em uma floresta estacional na bacia do rio Jacuí, Sul do Brasil*. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jean_Budke/publication/255632562_FLORSTICA_DIVERSIDADE_E_DISTRIBUIO_ESPACIAL_DAS_ESPCIES_ARBREAS_EM_UMA_FLORESTA_ESTACIONAL_NA_BACIA_DO_RIO_JACU_SUL_DO_BRASIL/links/00b49531f935c44242000000.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2016.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 1. 384 p.

MAGURRAN, A. E. *Medindo a diversidade biológica*. Curitiba: Editora da UFPR, 2011. 262 p.

MARTINS, R. B. *Diagnóstico dos produtores de mudas florestais nativas do Estado de São Paulo*. Programa Mata Ciliar. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2011.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ, R. S. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. México: Mundi-Prensa/GIRA/Instituto de Ecología, 1999. 109 p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA. *United Nations Environmental Program*. 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

MELO, A. C. G.; MIRANDA, D. L. C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Árvore*, v. 31, n. 2, p. 321-328, 2007.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. *Manual Técnico para a Restauração de Áreas Degradadas no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2006.

MUCHAILH, M. C.; RODERJAN, C. V.; CAMPOS, J. B.; MACHADO, A. L. T.; CURCIO, G. R. Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos. *Floresta*, v. 40, n. 1, p. 147-162, 2010. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/17106/11267>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

ORSI, F.; GENELETTI, D.; NEWTON, A. C. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecological indicators*, v. 11, n. 2, p. 337-347, 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; SILVA, J. M. S.; PIOTROWSKI, I.; LOPES, G. G. R.; FRANCO, F.; ALVARES, S. *Protocolo de Monitoramento da Funcionalidade Ecológica de Áreas de Restauração*. Sorocaba, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283355875_PROTOCOLO_DE_MONITORAMENTO_DA_FUNCIONALIDADE_ECOLOGICA_DE_AREAS_DE_RESTAURACAO>. Acesso em: 2 fev. 2016.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOSA, M. B.; SILVA, A. da. *Sementes florestais tropicais: da ecologia a produção*. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 2014.

PIOTROWISKI, I. *Aptidão de espécies florestais em plantios de restauração em área de Floresta Estacional*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. Recuperação das áreas degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. *Cadernos da Reserva da Biosfera*, São Paulo, n. 14, 1999.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; AGOSTINETTO, D. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. *Ciência Rural*, v. 31, n. 4, p. 707-714, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/22373>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

RODRIGUES, C. M. *Eficiência na adoção de medidas para recuperação de áreas degradadas no Estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. *Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. São Paulo: LERF/ESALQ/Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, R. R.; VIANI, R.; PADOVEZI, A.; FARAH, F. T.; GARCIA, L. C.; SANGLADE, L. D. et al. *Pacto pela Restauração da Mata Atlântica*. Protocolo de monitoramento para programas / projetos de restauração florestal. 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/304073085>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SÃO PAULO. Resolução Conjunta SMA/IBAMA/SP n. 1, de 17 de fevereiro de 1994. Orienta os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado de São Paulo. *Diário Oficial da União*, Seção 1, v. 132, 3 fev. 1994.

_____. Secretaria de Meio Ambiente. *Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)*. 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/sicar/2017/06/2017-06-11-municipios.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. *Monitoramento de áreas em recuperação*: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica. São Paulo. SMA, 2011. Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_4_Monitoramento.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

_____. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Portaria CBRN 01/2015 – Anexo I – Protocolo de monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, 17 jan. 2015.

_____. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução n. 8, de 31 de janeiro de 2008. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 1º fev. 2008.

_____. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução n. 32, de 3 de abril de 2014. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 5 abr. 2014.

_____. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. *Apoio técnico à elaboração dos planos municipais de saneamento e elaboração do plano regional de saneamento para os municípios da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê – UGRHI 10*. Plano Regional Integrado de Saneamento Básico. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, 2011b.

SCHIEVENIN, D. F.; TONELLO, K. C.; SILVA, D. A.; VALENTE, R. O. A.; FARIA, L. C.; THIERSCH, C. R. Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba-SP. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, v. 19, n. 1, p. 95-108, 2012. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/f07jgTODeYSG26u_2013-4-29-15-13-59.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Floresta e Ambiente*, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Deivid_Machado/publication/280578650_Metodos_para_coleta_e_analise_de_serrapilheira_aplicados_a_ciclagem_de_nutrientes/links/55bbbaa308aed621de0dc2aa.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SEEHUSEN, S. E.; PREM, I. Por que pagamentos por serviços ambientais? In: GUEDES, B. F.; SEEHUSEN, S. E. (Orgs.). *Pagamento por serviços ambientais na Mata Atlântica*. Lições aprendidas e desafios. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2016.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. V.; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. *Árvore*, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M. et al. Cracking Brazil's forest code. *Science*, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION – SER. *International Primer on Ecological Restoration*. Version 2. 2004. Disponível em: <http://c.ymcdn.com/sites/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/ser_primer.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SOUZA, L. de; SILVA, M. F. da; MOREIRA, F. W. Capacidade de nodulação de cem leguminosas da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 24, n. 2, p. 9-18, 1994.

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, S. F.; SCORIZA, R. N. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: Uso da serrapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. *Floresta*, v. 46, n. 1, p. 75-82, 2016.

STOLARSK, O. C.; SGARBI, A. S.; KLEIN, A. W.; GORENSTEIN, M. R.; BECHARA, F. C. Avaliação inicial de plantio de espécies nativas pioneiras para a restauração de áreas degradadas no sudoeste do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012. *Anais...* 2012. Disponível em: <http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Trabalhos/03-Manejo_Nativas/MFNativas-Artigo_06.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

SUGANUMA, M. S.; ASSIS, G. B.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais? *Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 835-847, 2013.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of Tropical Ecology*, v. 3, n. 4, p. 359-366, 1987.

TONELLO, K. C.; RODRIGUES, C. M. Efficiency in the adoption of measures for recovery of degraded areas in Brazil. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 14., Durban. *Anais...* 2015.

VIANI, R. A. G. *O uso da regeneração natural (Floresta Estacional Semidecidual e talhões de Eucalyptus) como estratégia de produção de mudas e resgate da diversidade vegetal na restauração florestal*. 203 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <<http://200.144.183.93/handle/SBURI/83469>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

VILLELA, F. N. J.; MANFREDINI, S.; CORRÊA, A. J. M.; CARMO, J. B. Morfopedologia e zoneamento voltado à ocupação. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 30, p. 179-192, 2015. Disponível em: <<http://www.journals.usp.br/rdg/article/view/102857>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Árvore*, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

WORTLEY, L.; HERO, J. M.; HOWES, M. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. *Restoration Ecology*, v. 21, n. 5, p. 537-543, 2013.

