



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



R B C I A M B

Revista Brasileira de Ciências Ambientais
Março de 2019

Nº 51

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

Responsável

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

ARTIGO

1 - REPRESENTAÇÕES DE PROFISSIONAIS QUE ATUAVAM NA ÁREA DE SAÚDE ANIMAL SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS E A FORMAÇÃO DE MÉDICOS VETERINÁRIOS SOBRE O TEMA

Representations of professionals working in the area of animal health on environmental impacts and training of veterinarians on the subject

Manuella Guiran Pestana - Renata Ferraz de Toledo

15 - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E CONCEITO APLICADOS EM PROGRAMAS EDUCATIVOS

Life cycle assessment as an analyzing tool for environmental impacts and concept applied to education programs

Ana Carolina Dutra - Gerson Araújo de Medeiros - Bruno Fernando Gianelli

28 - AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À DESERTIFICAÇÃO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Evaluation of desertification vulnerability in the state of Espírito Santo, Brazil

Aurélio Azevedo Barreto-Neto - Anthony Fabriz Marchesi

41 - CONTRATAÇÕES PÚBLICAS DO IFCE — CAMPUS IGUATU: ANÁLISE SOB A ÓPTICA DA SUSTENTABILIDADE

IFCE-Campus Iguatu's public procurements: analysis from the perspective of sustainability

Anna Ariane Araújo de Lavor - Luciana Turatti

62 - DESAFIOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL EM TERRITÓRIO INSULAR: PROPOSIÇÃO DE PLANEJAMENTO PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SOB A PERSPECTIVA DOS MORADORES DA ILHA DO COMBU, BELÉM, PARÁ

Challenges of the environmental protection area in island territory: proposition of planning for management of water resources under the perspective of the people of Combu Island, Belém, Pa, Brazil

Salma Saráty de Carvalho - Marcia Aparecida da Silva Pimentel - Aline M. Meiguins de Lima

79 - CÁLCULO DA LARGURA OBJETIVA DA CALHA DO LEITO REGULAR DE UM CURSO D'ÁGUA USANDO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

Calculation of the objective width of a watercourse's regular riverbed using unmanned aerial vehicle

Emanuelle Zordan de Melo - Claudionor Ribeiro da Silva

95 - INCREMENTOS NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA TOTAL DE CITRONELA POR ESTRESSE SEVERO NO SISTEMA RADICULAR

Increases in citronella total biomass production due to severe stress in the root system

Taciana da Mata Daflon - Cristina Moll Hüther - Caíssa Machado Perucci Pereira dos Santos - Luiza Ferreira de Carvalho - Nathan Pereira da Costa Correa - Daniela Marques Correia - Carlos Rodrigues Pereira - Thelma de Barros Machado

112 - PERCEÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR COMERCIÁRIOS NO MUNICÍPIO DE DIADEMA, NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Perception of air pollution by communities of retailers in the city of diadema, within the Sao Paulo metropolitan region, Brazil

Paula Guimarães - Nilton Évora do Rosário - Luciana Varanda Rizzo

128 - FORMIGAS EM AMBIENTES URBANOS DA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Ants in urban environments in the northwest region of Rio Grande do Sul

Aline Holtermann Roani - Ângela Maria Rizzotto - Carin Guarda - Ricardo Giovenardi - Junir Antônio Lutinski

EDITORIAL CONVIDADO

141 - A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DA CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR FÁRMACOS

The environmental problem of contamination of water resources by pharmaceuticals

Mayara Andria da Silva Escher - Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro - Nádia Hortense Torres - Luiz Fernando Romanholo Ferreira

REPRESENTAÇÕES DE PROFISSIONAIS QUE ATUAVAM NA ÁREA DE SAÚDE ANIMAL SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS E A FORMAÇÃO DE MÉDICOS VETERINÁRIOS SOBRE O TEMA

REPRESENTATIONS OF PROFESSIONALS WORKING IN THE AREA OF ANIMAL HEALTH
ON ENVIRONMENTAL IMPACTS AND TRAINING OF VETERINARIANS ON THE SUBJECT

Manuella Guiran Pestana 

Engenheira ambiental. Mestre em Saúde Ambiental pelo Programa de Mestrado Profissional em Saúde Ambiental do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU) – São Paulo (SP), Brasil.

Renata Ferraz de Toledo 

Bióloga. Mestre e doutora em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública (FSP) da Universidade de São Paulo (USP). Docente do Programa de Mestrado Profissional em Saúde Ambiental da FMU e do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP – São Paulo (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Renata Ferraz de Toledo – Rua Sapucaia, 655 – Alto da Mooca – CEP 03170-050 – São Paulo (SP), Brasil
– E-mail: renata.toledo@fmu.br

Recebido em: 08/01/2019

Aceito em: 11/03/2019

RESUMO

Serviços de saúde animal são potenciais geradores de impactos ambientais, e é crescente o número de animais de estimação nas cidades. Com o objetivo de conhecer representações sociais de profissionais de um hospital veterinário sobre possíveis impactos ambientais de suas atividades, e de identificar se esse tema vem sendo abordado em cursos de medicina veterinária, realizou-se um estudo de caso, por meio de entrevistas qualitativas, e a análise das grades curriculares de seis cursos de veterinária. Embora os entrevistados tenham tido dificuldades para explicitar o que são impactos ambientais, reconheciam a importância de minimizar efeitos negativos ao ambiente e à saúde humana. Nas grades dos cursos analisados, as disciplinas sobre questões ambientais possuíam carga horária pouco relevante em comparação à carga horária total. Recomenda-se ampliar a abordagem teórico-prática da temática ambiental em cursos de medicina veterinária e a formação continuada de todos os profissionais que atuam em serviços de saúde animal.

Palavras-chave: serviços de saúde animal; gestão ambiental; gerenciamento de resíduos; hospital veterinário; representação social.

ABSTRACT

Animal health services are potential generators of environmental impacts, and the number of pets in cities is increasing. With the objective of knowing the social representations of a veterinary hospital's professionals about possible environmental impacts of their activities, and to identify if this topic has been approached in courses of veterinary medicine, a case study was carried out through qualitative interviews and the analysis of 6 veterinary courses' curriculums. Although interviewees had difficulty in explaining what environmental impacts are, they recognized the importance of minimizing negative effects on the environment and human health. In the curriculums of the courses analyzed, disciplines on environmental issues had little relevant workload compared to the total workload. It is recommended to extend the theoretical-practical approach of the environmental theme in veterinary medicine courses and the continuous training of all professionals who work with animal health services.

Keywords: animal health services; environmental management; waste management; veterinary hospital; social representation.

INTRODUÇÃO

A área da saúde animal é considerada potencial geradora de impactos ao meio ambiente (SAMUEL, 2014). Por essa razão, profissionais que trabalham nesse setor devem estar sempre atualizados sobre o assunto, especialmente quanto a aspectos legais e normas de segurança, garantindo a adequada conservação dos recursos naturais e a proteção à saúde humana e à saúde animal. Entre os principais impactos ambientais decorrentes de serviços de saúde animal está o manejo e o descarte incorreto de diferentes tipos de resíduo e de substâncias poluidoras associadas, podendo provocar alterações nos processos naturais e na qualidade ambiental (COSTA; LOUREIRO; MATOS, 2013; SAMUEL, 2014; SILVA & SANTOS, 2017).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 1/1986 define impactos ambientais como

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria e energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar das populações; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

É importante lembrar que o processo de transformação do ambiente natural para o que hoje é convencionalmente chamado de ambiente urbano, e onde atualmente se concentra a maior parte da população mundial, gerou diversas das alterações descritas na Resolução CONAMA nº 1/1986. Como resultado dessa transformação, tem-se a degradação dos espaços naturais e inúmeros impactos ambientais negativos. Entretanto, as pessoas continuam dependendo dos recursos naturais para sobreviver nas cidades altamente urbanizadas, e é a maneira de gerir a utilização desses recursos que vai minimizar ou potencializar os impactos ambientais (DUARTE & MALHEIROS, 2014).

Reconhece-se, entretanto, que há poucos estudos voltados à identificação de impactos ambientais resultantes, especificamente, de serviços de saúde animal. De maneira geral, grande parte dos profissionais dessa área não associa suas atividades laborais como possíveis geradoras de impactos ao meio ambiente (PFÍTSCHER *et al.*, 2007).

Essa é uma situação preocupante ao se considerar, por exemplo, o número crescente de animais de estimação nos centros urbanos e, conseqüentemente, da demanda por serviços de saúde animal (OSÓRIO, 2013). Para Samuel (2014), na sociedade moderna, marcada pela sobrecarga de trabalho e pelo estresse, a aproximação dos animais é vista como uma forma de se aproximar também da natureza e até como uma “válvula de escape” emocional.

Segundo dados divulgados em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), havia mais de 50 milhões de cães e 22 milhões de gatos de estimação nos domicílios brasileiros (IBGE, 2017). Para atender a essa demanda, de acordo com o Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV), havia, no país, em 2018, 18.190 clínicas veterinárias, 12.318 consultórios veterinários e 365 hospitais veterinários registrados (CFMV, 2018).

Sabe-se que a ausência de cuidados adequados para com esses animais pode gerar riscos à saúde pública e ao ambiente (GARCIA; CALDERÓN; FERREIRA, 2012; SILVA & MASSUQUETTI, 2014). Entre esses riscos, pode-se, por exemplo, destacar a transmissão de diversas parasitoses decorrentes da disposição de fezes de animais domésticos em áreas públicas (NARDO *et al.*, 2015). Da mesma forma, o inadequado gerenciamento de atividades e serviços de saúde animal, por exemplo, o manejo dos resíduos gerados, pode também impactar negativamente o ambiente, a saúde humana e a saúde animal (PILGER & SCHENATO, 2008; KEMPER, 2008; SAMUEL, 2014; VASCONCELOS *et al.*, 2016; SILVA & SANTOS, 2017).

Não obstante, a maioria dos estabelecimentos, sejam eles clínicas veterinárias ou hospitais veterinários, adota pouca ou nenhuma providência com relação aos resíduos gerados diariamente nas suas mais diversas atividades (SAMUEL, 2014). Segundo Silva e Santos (2017), o descarte de substâncias químicas tem sido causa de preocupação mundial, pois, além de problemas ambientais e à saúde, como a poluição, que pode atingir tanto pessoas quanto animais, pode causar, em menor ou maior escala, problemas também nas tubulações, aumentando gastos públicos e/ou privados. Pesquisa realizada por Grigoletto *et al.* (2011) em serviços médicos, odontológicos e veterinários, sobre

o gerenciamento de efluentes de equipamentos tradicionais de radiografia, ou seja, nos quais se utilizam soluções químicas para o processamento das imagens, revelou o descarte inadequado na rede pública de esgoto por parte de alguns dos estabelecimentos investigados, tanto do revelador, do fixador, como da água utilizada na lavagem dos filmes.

Nesse sentido, é importante que os profissionais da área da saúde se preocupem com os resíduos gerados em suas atividades, esforçando-se para minimizar os riscos ao ambiente, à saúde dos trabalhadores e da população em geral (SICONELLI *et al.*, 2015; SOUZA, 2001). É necessário o enfrentamento dessa problemática por todos os profissionais da saúde, que devem desenvolver competências e habilidades específicas desde a graduação, exigindo destes um posicionamen-

to consciente e proatividade para colaborar na busca de soluções. Estudos têm procurado chamar a atenção para a importância da atuação de profissionais da área de saúde animal, como o médico veterinário, junto a equipes multiprofissionais/interprofissionais, por exemplo, em programas como a Estratégia Saúde da Família (ESF) (VASCONCELLOS *et al.*, 2015; ARAÚJO, 2013; ROSA JÚNIOR *et al.*, 2012).

Diante desse contexto, esta pesquisa teve por objetivos conhecer as representações, as opiniões e as percepções de profissionais que atuavam na área de saúde animal sobre possíveis impactos ambientais de suas atividades e sua relação com a saúde, bem como identificar, de forma complementar, se esse tema vem sendo abordado nas grades curriculares de cursos de graduação em medicina veterinária.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida pelo método do estudo de caso, fundamentado em uma abordagem contemporânea de pesquisa, caracterizado pelo estudo aprofundado de um ou de poucos objetos, permitindo seu conhecimento amplo e detalhado (YIN, 2015). A unidade-caso pode ser, por exemplo, uma pessoa, um animal, uma família, uma comunidade, uma instituição e até mesmo um conjunto de processos ou relações. Há limitações quanto à generalização de resultados obtidos por meio desse método, entretanto, são fundamentais para identificar lacunas e estabelecer as bases para outras investigações (GIL, 2010). A abordagem qualitativa, neste estudo de caso, esteve voltada à interpretação da realidade social investigada (MINAYO, 2001).

Para a coleta de dados foram realizadas entrevistas semiestruturadas e análise documental. Nas entrevistas semiestruturadas, o pesquisador se baseia em um roteiro prévio de questões, mas tem a liberdade de fazer ajustes, adaptar perguntas e precisar conceitos, conforme a necessidade do momento (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Nesta pesquisa, foram realizadas 18 entrevistas com profissionais de um hospital veterinário vinculado a uma instituição particular de ensino superior, da cidade de São Paulo (SP). O referido hospital, com mais de 6.000 m² de área construída, estava equipado com infraestrutura para análises laboratoriais, atendimento ambulatorial, unidade de

terapia intensiva (UTI), diagnóstico radiológico e ultrassonográfico (inclusive na área de cardiologia) e quatro centros cirúrgicos. Nesse estabelecimento, portanto, eram realizadas atividades de atendimento clínico e cirúrgico de animais de pequeno porte e nas seguintes especialidades: clínica de felinos, nefrologia, dermatologia, oncologia, cirurgia torácica, traumatologia, ortopedia, gastroenterologia e endocrinologia. Projetos de extensão comunitária, como campanhas de castração e de posse responsável de animais, são também desenvolvidos. O nome do hospital e dos participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo por questões éticas.

Assim, por meio de um roteiro de perguntas, buscou-se conhecer a opinião dos entrevistados sobre o que é um impacto ambiental, possíveis atividades e/ou serviços do hospital veterinário geradoras de impactos ambientais, bem como suas consequências. Procurou-se ainda identificar maneiras de se minimizar esses impactos e melhorar o desempenho ambiental do hospital veterinário.

Ressalta-se ainda que, nesta pesquisa, a interpretação qualitativa do conteúdo das entrevistas reconhece a opinião dos participantes como sendo representações sociais, ou seja, saberes construídos pelos sujeitos a partir de processos educativos, comunicativos e de experiências de vida, em diferentes contextos socioculturais, e que se revelam nas escolhas e nas práticas das pessoas (TOLEDO, 2006).

A análise documental, utilizada também nesta pesquisa para a coleta de dados, difere de uma revisão bibliográfica por se tratar do levantamento e da análise de materiais que ainda não foram editados ou que não receberam um tratamento analítico suficiente, por exemplo, cartas, documentos cartoriais, memorandos, correspondências pessoais, avisos, agendas, diários, propostas, relatórios, atas, estudos, avaliações etc. (GIL, 2010). Nesta pesquisa, foram levantadas e analisadas as grades curriculares de seis cursos de graduação em medicina veterinária, sendo três de instituições particulares e três de instituições públicas, escolhidas por meio do *Ranking* Universitário Folha 2017 (RUF, 2017), para identificar se a temática ambiental vem sendo abordada nesses cursos, analisando-as com base nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), do Ministério da Educação (MEC).

Justifica-se a utilização desse *ranking* por sua abrangência, ao fundamentar-se nas bases de dados do Censo do Ensino Superior Inep-MEC (2015), Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade) (2013, 2014 e 2015), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) (2013, 2014 e 2015), *Web of Science* (2013, 2014 e 2015), Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) (2006-2015), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq), fundações estaduais de fomento à ciência (2015) e Datafolha; e nos seguintes aspectos: pesquisa (publicações, citações e financiamento); ensino (avaliações do MEC, formação e dedicação dos docentes, notas Enade); mercado (preferência de contratação); internacionalização (publicações e citações internacionais); e inovação (patentes).

A análise geral dos dados foi feita por meio do método da Análise de Conteúdo, desenvolvido por Laurence Bardin. Trata-se de uma técnica que permite categorizar as respostas, facilitando a interpretação e a realização de inferências a respeito do tema investigado. Para tal, sugere-se a realização de três etapas: a pré-análise, quando se procedem a sucessivas leituras do material coletado e a sua organização; a descrição analítica, que corresponde à codificação e à categorização, a partir da seleção de respostas ou trechos que compõem elementos constitutivos, por semelhança ou diferenciação, e que possam representar o conteúdo; e a interpretação inferencial, quando se procede à análise propriamente dita, fundamentada pelo referencial teórico (BARDIN, 2011).

A presente pesquisa foi devidamente autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAD 83215617.6.0000.8054), e todos os participantes preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de março a maio de 2018, foram realizadas 18 entrevistas com profissionais de um hospital veterinário particular, 12 delas respondidas por mulheres e 6 por homens, com as seguintes funções: médicos veterinários (7); auxiliares de farmácia (2); técnicos em radiologia (2); supervisor de radiologia (1); supervisor de clínica (1); assistente administrativo (1); auxiliar administrativo (2); auxiliar de esterilização (1); e auxiliar de enfermagem (1).

Ao serem questionados sobre “o que é um impacto ambiental”, foram identificadas três categorias de respostas:

- impacto ambiental como resultante de ações antrópicas, como no exemplo “interferência que os humanos causam no meio ambiente”;
- caracterização de impacto ambiental como algo prejudicial ao meio ambiente, como nas respostas

“algo ruim ao meio ambiente”; “tudo aquilo que agride a natureza”;

- outra categoria onde simplesmente eram citados exemplos de práticas geradoras de impactos ambientais, como “fumaça de carros, desmatamento”; “eliminação de resíduos, contaminação de rios, poluição do ar, disposição pós-óbito”.

Essa associação de impacto ambiental aos efeitos negativos de alterações ambientais resultantes de ações humanas corrobora com a definição proposta pela Resolução nº 1 do CONAMA (BRASIL, 1986). Da mesma maneira, fizeram-se presentes nessas representações categorizadas os problemas ambientais relacionados, especialmente, ao contexto urbano e suas consequên-

cias à saúde humana e ambiental, conforme já identificado por outros autores (ABIKO & MORAES, 2009; GOUVEIA & MIRANDA, 2012). Ficou claro ainda que, na visão dos entrevistados, exemplificar impactos ambientais foi mais fácil que propriamente defini-lo.

Sobre a possibilidade de as atividades e/ou serviços do hospital veterinário gerarem algum tipo de impacto ambiental, a maioria dos respondentes considerou que sim, exemplificando especialmente pelo descarte inadequado de resíduos, como na resposta “medicamentos, carcaças de animais, manejo de lixo, contaminação”. Outro exemplo citado foi o “ruído da lavanderia”. Entretanto, alguns entrevistados não consideraram que atividades e/ou serviços do hospital veterinário geravam algum impacto ambiental, assim esclarecendo: “a empresa recolhe os resíduos”; “o descarte dos resíduos é feito de maneira correta”; “as empresas de coleta vem buscar os resíduos”; “a empresa não polui”.

É interessante perceber nessas respostas como o descarte de resíduos foi utilizado tanto para justificar a presença como a ausência de possíveis impactos ambientais dos serviços de saúde animal. De fato, mesmo diante do pouco conhecimento por parte de profissionais desse setor quanto a possíveis impactos ambientais de suas atividades, como sugerem Pfitscher *et al.* (2007), de acordo com Camponogara, Ramos e Kirchhof (2009), quando essa associação ocorre, assim como as primeiras medidas de controle, dizem respeito ao gerenciamento dos resíduos. Ainda na opinião desses autores, essa é uma visão limitada diante da complexidade dessa problemática, já que a possibilidade de gerar impactos ambientais desse setor vai muito além das consequências do descarte inadequado de resíduos, podendo ocorrer, por exemplo, pelo consumo excessivo de água, energia e outros insumos, pelo aumento do tráfego de veículos no entorno dos estabelecimentos, pela poluição atmosférica, sonora, visual etc.

Ressalta-se ainda que, frente ao crescente aumento do número de animais de estimação, especialmente nos centros urbanos (IBGE, 2017), e, conseqüentemente, de serviços de saúde animal, como hospitais, clínicas e consultórios (CFMV, 2018), é igualmente crescente a geração de resíduos de serviços de saúde por esses estabelecimentos. Adiciona-se a essa preocupação a constatação de que, mesmo sendo a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde Animal (PGRSSA) uma exigência legal

(BRASIL, 2010), ainda são poucos os estabelecimentos que o fazem (SAMUEL, 2014), amparados, de certa forma, pelos poucos estudos na área e fiscalização incipiente (ARAÚJO & JERÔNIMO, 2012). A importância da adequada elaboração desse PGRSSA é também destacada nos estudos de Pilger e Schenato (2008) e Vasconcelos *et al.* (2016).

Os riscos ao meio ambiente, à saúde humana e à saúde animal, decorrentes do descarte inadequado de medicamentos, especialmente de antibióticos, têm sido relatados em várias pesquisas (TAMURA *et al.*, 2017; COSTA; LOUREIRO; MATOS, 2013; KEMPER, 2008), tanto pelo potencial poluidor de seus metabólitos no solo e em recursos hídricos, assim como pela possibilidade de disseminação de resistência microbiana.

Ao serem questionados se os impactos ambientais afetavam a saúde dos funcionários, de outras pessoas que frequentavam o hospital e/ou de moradores da região, houve opiniões divergentes e de forma equilibrada entre os que acreditavam que sim (“se não tomar cuidado”; “se não fizer boa limpeza”; “se não destinar os resíduos adequadamente”; “os veterinários têm mais riscos devido à exposição”) e os que acreditavam que não (“pois a coleta é diária”; “no trabalho não, pois tem treinamento”).

Evidenciou-se novamente, por parte dos entrevistados, o reconhecimento da importância de sistemas de gestão ambiental adequados, mesmo que essa expressão não tenha sido utilizada diretamente em suas representações sociais. Em concordância, há diversos estudos indicando riscos não só à saúde humana, especialmente de trabalhadores diretamente expostos, mas também à saúde animal e ao meio ambiente, associados a possíveis impactos ambientais desses serviços, ao se considerar, por exemplo, a classificação de grande parte dos resíduos gerados como perigosos, por conta de sua toxicidade, patogenicidade, entre outros (ABNT, 2004; GRIGOLETTO *et al.*, 2011; SAMUEL, 2014; SOUZA, 2001; SILVA & SANTOS, 2017). Inquérito realizado junto a profissionais de um hospital veterinário vinculado a uma instituição de ensino superior procurou reconhecer o grau de compreensão destes sobre seus direitos e conhecimentos relacionados à sua profissão, bem como a preocupação da instituição para com a saúde dos trabalhadores, revelando falhas nesse processo informativo e educativo e, conseqüentemente, expondo esses trabalhadores a maiores riscos de acidentes e de contraírem doenças (SICONELLI *et al.*, 2015).

Quando perguntado aos entrevistados se achavam que poderiam contribuir de alguma maneira para minimizar os impactos ambientais gerados por atividades e serviços do hospital veterinário, a maioria considerou que sim, justificando da seguinte maneira: “fazendo o descarte dos resíduos corretamente”; “usando procedimentos operacionais adequados”; “tentando não deixar contaminar”; “produzindo menos lixo”. E os que consideraram não poder contribuir justificaram suas respostas por questões de infraestrutura, como “a máquina da lavanderia é antiga”, “não tem como substituir reagentes”.

Considera-se que, frente à complexidade dos problemas ambientais da atualidade, sua melhor compreensão e busca de soluções para seu enfrentamento não são mais responsabilidade de um ou outro setor específico da sociedade (SOBRAL & FREITAS, 2010). Para diversos autores (VASCONCELLOS *et al.*, 2015; ARAÚJO, 2013; ROSA JÚNIOR *et al.*, 2012; POSSAMAI, 2011), o médico veterinário, por exemplo, tem papel muito importante junto a equipes de saúde multidisciplinares, que deverão atuar de forma interdisciplinar e interprofissional. Essa mesma recomendação é dada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para o planejamento de medidas preventivas e de controle (WHO, 2002). Pode-se dizer ainda que essa ideia é reforçada no que diz respeito aos problemas relacionados à saúde animal (GARCIA; CALDERÓN; FERREIRA, 2012; SILVA & MASSUQUETTI, 2014) e pelo conceito de Saúde Única (*One Health*), que integra aspectos da saúde animal à saúde humana e ambiental, de forma indissociável (GERBREYES *et al.*, 2014; OIE, 2018). Ou seja, contribuir para minimizar impactos ambientais é responsabilidade de todos, especialmente de profissionais de estabelecimentos considerados como possíveis geradores desses impactos, como no caso desta pesquisa, de serviços de saúde animal. Faz-se necessária a adequada formação e capacitação desses profissionais, assim como a existência de infraestrutura para tal finalidade e fiscalização por parte de órgãos responsáveis.

Ao serem questionados sobre como o hospital veterinário pode melhorar seu desempenho ambiental, pôde-se agrupar as respostas em duas categorias: por meio de processos de comunicação e educação (“mais palestras, treinamentos, instruir funcionários terceirizados, campanhas, mais avisos para pessoas que vêm de fora”); e pela adoção de procedimentos adequados

(“atendimento de normas”; “evitando desperdício”; “coleta mais seletiva”; “calibração para não ocorrer vazamentos”; “reutilização de materiais evitando o uso de materiais descartáveis ao meio ambiente”).

O desempenho ambiental de um estabelecimento diz respeito aos seus resultados mensuráveis quanto à adoção de práticas de gestão ambiental adequadas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira (NBR) nº 14031/2004, estabelece diretrizes para a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA), enquanto uma ferramenta de gestão interna (ABNT, 2004).

Embora tenham sido identificadas duas categorias de respostas para esse questionamento, elas são interdependentes. Isso porque a adoção de procedimentos adequados quanto à gestão ambiental e, mais especificamente, o gerenciamento de impactos ambientais e/ou de resíduos de serviços de saúde (RSS) depende de processos continuados de comunicação e educação junto a todos os envolvidos. Da mesma maneira, por mais bem planejados e desenvolvidos que sejam esses processos educativos, se não forem acompanhados de infraestrutura, sistemas de gestão e fiscalização eficientes, poucos resultados serão de fato alcançados. Além disso, ao considerarmos aspectos legais, a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) indica a necessidade de programas de comunicação social e educação ambiental na elaboração dos planos de gestão integrada de resíduos, para se legitimar o controle social (BRASIL, 2010; GRIGOLETTO *et al.*, 2011; TOLEDO, 2015; VASCONCELOS *et al.*, 2016).

Apesar de os respondentes não terem utilizado a expressão “sistema de gestão ambiental” como uma ferramenta de melhoria do desempenho ambiental do hospital veterinário, reconhecem a importância de procedimentos adequados, tanto para atender às normas como para minimizar ou evitar impactos ambientais. Esse é também o entendimento de diversos autores, assim como de possíveis benefícios associados a esses procedimentos, tais como: capacitação de profissionais quanto à produção mais limpa; economia de recursos (matéria-prima, insumos, água e energia); redução, reutilização e reciclagem de efluentes e resíduos sólidos; apoio a pesquisas tecnológicas mais eficientes; aumento de competitividade; e melhoria do perfil e da imagem da empresa associada à adoção de práticas mais sustentáveis (DUARTE & MALHEIROS, 2014).

Ao se analisar o processo de elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) do hospital veterinário vinculado à Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), no Rio Grande do Sul, Pilger e Schenato (2008) reconheceram que melhores resultados podem ser obtidos quando a segregação dos resíduos é realizada de forma adequada no local de origem, sendo esta uma importante etapa do processo para minimizar riscos de contaminação ambiental à saúde humana e animal, além de possibilitar a redução de custos no tratamento de resíduos especiais. As autoras recomendam ainda o investimento no treinamento dos profissionais locais para tal finalidade, qualificando as operações de manejo intra-hospitalar.

Assim, ressalta-se que o gerenciamento de impactos ambientais de um serviço de saúde animal, a fim de melhorar seu desempenho ambiental, por exemplo, por meio de sistemas ISO (Organização Internacional de Normalização), deve contemplar programas e ações de capacitação e formação continuadas dos profissionais envolvidos, além de processos de investigação, planejamento e avaliação constantes (ALCÂNTARA; SILVA; NISHIJIMA, 2012).

Para melhor compreender as representações, as opiniões e as percepções dos profissionais de saúde animal entrevistados, de forma complementar, foram levantadas e analisadas, por meio de análise documental, as grades curriculares de cursos de graduação em medicina veterinária de três instituições públicas e três instituições particulares de ensino, analisando-as com base nas DCN, do MEC.

A temática ambiental se faz presente nas DCN para o curso de Medicina Veterinária de forma geral e específica, ao se esperar dos egressos aptidões para o exercício profissional em campos como o “saneamento ambiental”, “ecologia e proteção ao meio ambiente”, “biotecnologia e preservação ambiental”, incluindo competências e habilidades específicas para elaborar, executar e gerenciar projetos ambientais (BRASIL, 2003). Assim, são considerados conteúdos essenciais para a formação do médico veterinário, entre outros, aqueles relacionados: “às diversas dimensões da relação indivíduo/sociedade, contribuindo para a compreensão dos determinantes sociais, culturais, comportamentais, psicológicos, ecológicos, éticos e legais e conteúdos envolvendo a comunicação, a informática, a economia e gestão administrativa em nível individual e coletivo” (Ciências

Humanas e Sociais); aos “conteúdos teóricos e práticos relacionados com saúde-doença, produção animal e ambiente [...]” (Ciências da Medicina veterinária); e ao “saneamento ambiental” (Medicina Preventiva e Saúde Pública) (BRASIL, 2003).

Ao se levantar as grades curriculares de três instituições públicas (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” — Unesp, Universidade de São Paulo — USP e Universidade Federal de Minas Gerais — UFMG) e três instituições particulares de ensino superior (Universidade Paulista — UNIP, Pontifícia Universidade Católica do Paraná — PUC-PR e Universidade Anhembi Morumbi — UAM), identificou-se que a temática ambiental é contemplada em algumas disciplinas, conforme o Quadro 1.

Das seis instituições cujas grades curriculares foram levantadas, cinco incluíam disciplinas associadas à temática ambiental e/ou questões sanitárias/de saneamento. Tomando como análise a carga horária total dos cursos e a carga horária dessas disciplinas, notou-se que elas representavam um percentual muito baixo na formação dos graduandos, variando entre 0,46 e 4,76% em relação à carga horária total dos cursos. O curso da Unesp, *campus* de Jaboticabal, foi o que apresentou o maior número de disciplinas (seis) ligadas ao meio ambiente e ao saneamento, totalizando uma carga horária de 255 horas de conteúdos relacionados ao tema.

Outro aspecto interessante e, ao mesmo tempo, igualmente preocupante desse levantamento é que nos dois cursos em que a disciplina de educação ambiental era oferecida, tratava-se de uma disciplina optativa, e não obrigatória dos cursos.

Resultados semelhantes foram também identificados por Cruz *et al.* (2015), ao analisarem grades curriculares de cursos de medicina veterinária de instituições públicas e particulares de ensino superior da Região Sudeste do Brasil, quanto à abordagem de temas relacionados à saúde pública, o que inclui a saúde ambiental. Neste estudo, os autores também concluíram que a carga horária dos cursos analisados não favorecia uma atuação qualificada do médico veterinário nessa área, já que a maior parte da formação desses estudantes estava voltada para processos individuais e curativos.

Sabe-se que a profissão de médicos veterinários envolve, além de trabalhos voltados ao tratamento de doen-

Quadro 1. Disciplinas que abordam a temática ambiental, suas cargas horárias, exigência e período de oferecimento no curso de graduação em medicina veterinária, por instituição de ensino investigada.

Instituições de ensino superior públicas					
Instituição	Carga horária total do curso	Disciplina	Carga horária	Período	Exigência
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) — <i>Campus</i> de Botucatu, São Paulo	6.630	Ciências do ambiente	30	1º	Obrigatória
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) — <i>Campus</i> de Araçatuba, São Paulo	10.190	Ecologia	30	1º	Obrigatória
		Proteção ambiental	30	6º	Obrigatória
		Defesa sanitária animal	60	10º	Obrigatória
		Zoonoses e saúde pública	60	8º	Obrigatória
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) — <i>Campus</i> de Jaboticabal, São Paulo	5.355	Ecologia	30	1º	Obrigatória
		Planejamento e administração em saúde animal e saúde pública veterinária	30	6º	Obrigatória
		Defesa sanitária ambiental	60	9º	Obrigatória
		Educação ambiental	30	9º	Optativa
		Gerenciamento de programas de controle de zoonoses em áreas urbanas	60	7º	Obrigatória
		Proteção ambiental aplicada à medicina veterinária	45	5º	Obrigatória
Universidade de São Paulo (USP) — São Paulo e Pirassununga	4.245	Defesa sanitária ambiental	75	9º	Obrigatória
		Gestão ambiental e sustentabilidade do agronegócio	30	3º	Obrigatória
		Defesa sanitária animal e saúde pública	75	9º	Obrigatória
		Princípios de Ecologia	30	1º	Obrigatória
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	3.750	Ecologia e desenvolvimento sustentável	45	2º	Obrigatória
Instituições de ensino superior particulares					
Instituição	Carga horária total do curso	Disciplina	Carga horária	Período	Exigência
Universidade Paulista (UNIP)	4.800	Biossegurança	60	9º	Obrigatória
		Ciências do ambiente	80	1º	Obrigatória
		Educação ambiental	20	3º	Optativa
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR)	5.135	Saúde pública e zoonoses	45	7º	Obrigatória
		Meio ambiente e sustentabilidade	45	1º	Obrigatória

ças, outras questões igualmente relevantes de saúde pública e saúde ambiental, refletindo a importância de uma formação mais abrangente, para permitir uma visão holística, do todo, ou seja, no que diz respeito à interface animais, humanos e ambiente associada, por exemplo, ao conceito de Saúde Única (GERBREYES *et al.*, 2014; OIE, 2018). Nesse sentido, considera-se também de responsabilidade de profissionais dessa área, por exemplo, do médico veterinário, o desenvolvimento de programas educativos aliando a conservação do meio ambiente, a promoção da saúde e o bem-estar animal (NARDO *et al.*, 2015).

A formação acadêmica do médico veterinário deve incluir, portanto, o estudo de diversas disciplinas e áreas de especialização que podem vir a ser realizadas por esse profissional ao longo de toda sua atuação. Segundo Possamai (2011), a maioria dos profissionais formados em medicina veterinária desenvolve conhecimentos voltados mais à área clínica, seguida pelas áreas de zootecnia e produção animal, com a menor participação para a medicina veterinária preventiva e saúde pública.

De acordo com o mesmo autor, alguns estudos realizados pelo CFMV, em conjunto com a Comissão Nacional de Saúde Pública Veterinária (CNSPV), demonstram que algumas disciplinas importantes para a formação desses profissionais estavam desconectadas, como é o caso da Epidemiologia, Vigilância Epidemiológica/Zoonoses, Vigilância Sanitária, Vigilância Ambiental, Educação em Saúde, Saúde do Trabalhador e Saneamento (POSSAMAI, 2011).

Ele comenta que, para realizar atividades ligadas à área ambiental, o médico veterinário deve ter conhecimentos gerais sobre ciências do ambiente, além de conhecimentos sobre as relações ambiente-enfermidade, as atividades agropecuárias e suas relações sobre o ambiente, modelos de avaliação de estudos de impacto ambiental, tecnologia básica para a proteção e saneamento ambiental. Na formação acadêmica, Possamai (2011) propõe que as escolas ofereçam conhecimentos aprofundados nas áreas de ciências ambientais, ecologia, biologia e saneamento ambiental, para que os profissionais possam ser incorporados e oferecer contribuição a esses setores.

Assim como nas pesquisas de Cruz *et al.* (2015) e Possamai (2011), o presente estudo, ainda que de for-

ma pontual, permitiu perceber a baixa inserção das questões voltadas ao meio ambiente na formação desses profissionais. O conhecimento das condições ambientais, locais ou regionais e das atividades socioeconômicas é de extrema importância para a escolha das medidas adequadas de prevenção e eliminação dos riscos gerados pelos agravos desencadeados pela interferência do ser humano ao meio ambiente.

A construção da identidade da Medicina Veterinária na saúde ainda precisa ser aprimorada. As atuais Diretrizes Curriculares (BRASIL, 2002; 2003) enfatizam a necessidade de envolver esse profissional no desenvolvimento de projetos ambientais, e nos conhecimentos na área de Vigilância Ambiental em Saúde.

A formação de profissionais capazes de atender às demandas sociais, ambientais e do mercado atual e futuro é um desafio que deve ultrapassar os limites dos conteúdos teóricos. A designação de professores capacitados na área de saúde ambiental é uma das alternativas para direcionar os graduandos a práticas relacionadas à solução de problemas reais que possam surgir no futuro, tornando indispensável à associação da pesquisa e extensão universitária. Projetos simples de educação ambiental e em saúde podem contribuir para a mudança de hábitos e costumes da população, além de valorizar o profissional da Medicina Veterinária (VASCONCELLOS *et al.*, 2015; NARDO *et al.*, 2015; ROSA JÚNIOR *et al.*, 2012; POSSAMAI, 2011).

O exemplo da participação do médico veterinário na área da saúde pública, que inclui a saúde ambiental, não se limita a esse aspecto. Seria difícil enumerar todas as possibilidades de participação desse profissional nessas áreas que, cada vez mais, requerem a atenção e a participação de diversos profissionais e intervenções multidisciplinares. Vale ressaltar que tão importante quanto a participação do veterinário na área ambiental é o exercício da Medicina Veterinária em todas as áreas de atuação contextualizadas com o meio ambiente natural e social. Um exemplo disso é a atuação desse profissional nas equipes que compõem o Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF), do Sistema Único de Saúde (SUS), aprovada desde 2011 (ARAÚJO, 2013; CFMV, 2018).

Um projeto desenvolvido no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, procurou destacar a importância da atuação do médico veterinário em um Programa

de Saúde Escolar, trabalhando de forma conjunta com profissionais da ESF e abordando temas como saúde ambiental e doenças negligenciadas. Constatou-se que as ações realizadas contribuíram para o fortalecimento da Atenção à Saúde Escolar e da Atenção Básica (VASCONCELLOS *et al.*, 2015). Ainda nesse contexto de interface entre a saúde humana, animal e ambiental, um projeto de extensão universitária realizado também no estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Pelotas, procurou aproximar estudantes de medicina veterinária de situações de vulnerabilidade socioambiental, por meio do atendimento clínico de animais de pequeno porte e envolvendo a abordagem de temas como zoonoses e a posse responsável de animais de estimação. Reconheceu-se que esse projeto contribuiu para melhorias na qualidade de vida da comunidade e dos animais, assim como para a formação integral dos estudantes (ROSA JÚNIOR *et al.*, 2012).

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina Veterinária (BRASIL, 2002; 2003), a formação deve ser baseada em princípios de prevenção e na capacidade de resolver problemas e liderar, de maneira cooperativa, o gerenciamento de projetos para melhor bem-estar da comunidade, inclusive no que diz respeito ao saneamento e à proteção ambiental.

Assim, temas relacionados aos impactos ambientais de serviços de saúde animal podem ser incorporados junto aos conteúdos considerados essenciais pelo MEC à formação de médicos veterinários em campos, conforme já mencionado, como o “saneamento ambiental”, “ecologia e proteção ao meio ambiente”, “biotecnologia e preservação ambiental” (BRASIL, 2003), ficando com as instituições a responsabilidade de incorporação de conteúdos associados especificamente à temática dos impactos ambientais em suas grades curriculares.

CONCLUSÕES

O crescente número de animais nos centros urbanos, especialmente de animais de estimação (IBGE, 2017), e, conseqüentemente, o aumento de serviços de saúde animal, como consultórios, clínicas e hospitais (CFMV, 2018), ampliam a preocupação com respeito aos possíveis impactos ambientais adversos desses estabelecimentos quando geridos de forma inadequada (SAMUEL, 2014; SILVA & SANTOS, 2017). Essa foi a temática central da presente pesquisa, desenvolvida a partir de revisão bibliográfica, entrevistas e análise documental.

Evidenciou-se que, embora os profissionais participantes da pesquisa, que atuavam em um hospital veterinário na cidade de São Paulo (SP), tenham tido dificuldades para explicitar o que são impactos ambientais, reconheciam a importância de procedimentos adequados desse estabelecimento para minimizar efeitos negativos ao meio ambiente, assim como para evitar riscos à saúde humana. Em concordância com a literatura (CAMPONOGARA; RAMOS; KIRCHHOF, 2009), resultados mostraram ainda que o gerenciamento dos resíduos foi a principal associação feita pelos entrevistados quanto aos possíveis impactos ambientais. Entretanto, diante da complexidade de aspectos relacionados aos serviços de saúde animal, essa é uma visão limitada da problemática relativa aos possíveis impactos à saúde humana, animal e ambiental.

Os participantes da pesquisa reconheceram também, além de sistemas adequados de gestão ambiental, a importância de processos continuados de educação e comunicação sobre o tema, por exemplo, por meio do treinamento de profissionais do setor e campanhas junto à população. De fato, o envolvimento de todos os profissionais que atuam em serviços de saúde animal, e principalmente do médico veterinário, nas etapas de planejamento, desenvolvimento e avaliação de medidas de gerenciamento, mitigação e controle de impactos ambientais é fundamental para a eficácia e a eficiência desse processo (WHO, 2002). Nesse sentido, entende-se que é necessária a formação adequada desse e de outros profissionais da saúde, desde a graduação, com o desenvolvimento de competências e habilidades específicas para tal finalidade.

A análise de grades curriculares de seis cursos de graduação em medicina veterinária identificou que, embora o MEC, por meio das DCN para esse curso, espere dos egressos aptidões para atuarem, executarem e gerenciarem projetos em campos como do “saneamento ambiental”, “ecologia e proteção ao meio ambiente”, “biotecnologia e preservação ambiental”, a carga horária em disciplinas associadas a essa temática ainda é muito pouco relevante em comparação à carga horária total desses cursos.

Assim, dada a relevância da atuação do médico veterinário em equipes multidisciplinares, como já reconhecido, por exemplo, pelo SUS, por meio do NASF, no contexto de problemas socioambientais e de saúde humana e animal, recomenda-se maior investimento na abordagem teórico-prática da temática ambiental nos cursos de graduação. Da mesma maneira, acredita-se que o desenvolvimento de cursos de formação continuada e aperfeiçoamento profissional, destinados não apenas ao médico veterinário, mas também aos demais profissionais que atuam em serviços de saúde

de animal, poderão contribuir para qualificar o planejamento, a implantação e a avaliação de sistemas de gerenciamento de impactos ambientais dos estabelecimentos voltados aos serviços de saúde animal, trazendo consequências positivas na prevenção e na redução dos impactos ambientais dessa área. Ressalta-se ainda, entretanto, que a ampliação da qualificação profissional sobre o tema, assim como da compreensão de sua relevância, só surtirá bons resultados de fato, se acompanhada de fiscalização eficiente por parte dos órgãos de vigilância responsáveis.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, A.; MORAES, O. B. *Desenvolvimento Urbano Sustentável*. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2009. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/files/files/alex/TT26DesUrbSustentavel.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2018.
- ALCÂNTARA, L. A.; SILVA, M. C. A.; NISHIJIMA, T. Educação ambiental e os sistemas de gestão ambiental no desafio do desenvolvimento sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 5, n. 5, p. 734-740, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/223611704198>
- ARAÚJO, A. B. A.; JERÔNIMO, C. E. M. Gestão dos resíduos de clínicas veterinárias: um estudo de caso na cidade de Mossoró-RN. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 7, n. 7, p. 1461-1493, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/223611704988>
- ARAÚJO, M. M. *Inserção do médico veterinário no Núcleo de Apoio à Saúde da Família: estudos, perspectivas e propostas*. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/103801/000722126_20151231.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 out. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR ISO 14031*. Gestão Ambiental: Avaliação de desempenho Ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. *Resolução CNE/CES 1, de 18 de fevereiro de 2003*. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Medicina Veterinária. Brasil: Ministério da Educação, 2003. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/ces012003.pdf>> Acesso em: 24 jun. 2018.
- _____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. *Parecer CNE/CES 105/2002*. Brasil: Ministério da Educação, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pces105_02.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2018.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 1º out. 2017.
- _____. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Lei Federal Brasileira nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CAMPONOGARA, S.; RAMOS, F. R. S.; KIRCHHOF, A. L. C. Um olhar sobre a interface trabalho hospitalar e os problemas ambientais. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 30, n. 4, p. 724-731, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rgenf/v30n4/a20v30n4.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA (CFMV). *Portal do Conselho Federal de Medicina Veterinária*. CFMV. Disponível em: <<http://portal.cfmv.gov.br>>. Acesso em: 03 set. 2018.

COSTA, P. M.; LOUREIRO, L.; MATOS, A. J. F. Transfer of Multidrug-Resistant Bacteria Between Intermingled Ecological Niches: The Interface Between Humans, Animals and the Environment. *International Journal of Environmental Research Public Health*, v. 10, n. 1, p. 278-294, 2013. <http://doi.org/10.3390/ijerph10010278>

CRUZ, C. A.; PAULA, E. M. N.; NOGUEIRA, C. S. L.; DELAMONICA, M. B.; MEIRELLES-BARTOLI, R. B.; BÜRGER, K. P.; MATHIAS, L. A. O ensino de saúde pública nas escolas de medicina veterinária: as instituições públicas como espelho para as particulares. *ARS VETERINARIA*, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 74, 2015.

DUARTE, C. G.; MALHEIROS, T. F. Avaliação de sustentabilidade e gestão ambiental. In: PHILIPPI JR., A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. *Curso de Gestão Ambiental*. 2. ed. Barueri: Manole, 2014. p. 886-898 (Coleção Ambiental).

GARCIA, R. C. M.; CALDERÓN, N.; FERREIRA, F. Consolidação de diretrizes internacionais de manejo de populações caninas em áreas urbanas e proposta de indicadores para seu gerenciamento. *Revista Panamericana de Salud Publica*, v. 32, n. 2, p. 140-144, 2012. Disponível em: <<https://scielosp.org/pdf/rpsp/2012.v32n2/140-144/pt>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

GERBREYES, W. A.; DUPOUY-CAMET, J.; NEWPORT, M. J.; OLIVEIRA, C. J. B.; SCHLESINGER, L. S.; SAIF, Y. M.; KARIUKI, S.; SAIF, L. J.; SAVILLE, W.; WITTUM, T.; HOET, A.; QUESSY, S.; KAZWALA, R.; TEKOLA, B.; SHRYOCK, T.; BISESI, M.; PATCHANEE, P.; BOONMAR, S.; KING, L. J. The global One Health Paradigm: Challenges and opportunities for tackling infectious diseases at the human, animal and environment interface in low-resource settings. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 11, p. 3257, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003257>

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOUVEIA, N.; MIRANDA, A. C. Rio+20: (In) Sustentabilidade e Saúde Coletiva. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1384, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000600001>

GRIGOLETTO, J. C.; SANTOS, C. B.; ALBERTINI, L. B.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Situação do gerenciamento de efluentes de processamento radiográfico em serviços de saúde. *Radiologia Brasileira*, v. 44, n. 5, p. 301-307, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842011000500008>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Nacional de Saúde 2013*. IBGE, 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/pns/2013_vol2/default.shtm>. Acesso em: 03 set. 2018.

KEMPER, N. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecological Indicators*, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.06.002>

MINAYO, M. C. S. *Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade*. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

NARDO, M. B.; MARCHETTI, G. A.; NEZU, I. H.; SANTOS, G. J.; BROMBINI, G. C.; MACHADO, L. H. A.; SCHMIDT, M. S.; LOURENÇO, M. L. G. Programa de conscientização da população sobre o destino adequado dos dejetos fecais e exame laboratorial de animais trazidos ao Hospital Veterinário da FMVZ-UNESP, Botucatu. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 2, p. 79-90, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/143161>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

OSÓRIO, A. A cidade e os animais: da modernização à posse responsável. *Teoria & Sociedade*, n. 21.1, p. 143-176, jan.-jun. 2013. Disponível em: <<http://www.teoriaesociedade.fafich.ufmg.br/index.php/rts/article/download/76/63>>. Acesso em: 08 set. 2018.

PFÍTSCHER, E. D.; LIMONGI, B.; VIEIRA, E. M. F.; PFÍTSCHER, M. P.; PFÍTSCHER, P. C. A Situação dos Hospitais quanto ao gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais. *Cadernos EBAPE.BR*, v. 5, n. 3, p. 1-18, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-39512007000300007>

PILGER, R. R.; SCHENATO, F. Classificação dos resíduos de serviços de saúde de um hospital veterinário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 23-28, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000100004>

POSSAMAI, M. H. P. O papel do médico veterinário na educação e formação na vigilância ambiental em saúde. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia*, p. 59-73, out. 2011. Disponível em: <<http://www.revistareid.net/monografico/n1/REIDM1art4.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

RANKING UNIVERSITÁRIO FOLHA (RUF). Ranking das Universidades. São Paulo: RUF, 2017. Disponível em: <<http://ruf.folha.uol.com.br/2018/>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

ROSA JÚNIOR, A. S.; ARAÚJO, M. D.; AÑAÑA, D. C.; BATISTA, M.; ACOSTA, G. S.; GUTERRES, K. A.; ATHAIDE, C.; STELMAKE, L. L.; CLEFF, M. B. Medicina veterinária na promoção da saúde humana e animal: ações em comunidades carentes como estratégias de enfrentamento da desigualdade social. *Revista Ciência em Extensão*, v. 8, n. 3, p. 278-283, 2012. Disponível em: <http://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/826>. Acesso em: 06 nov. 2018.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. *Metodologia de Pesquisa*. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SAMUEL, D. B. F. *Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde animal do Hospital Veterinário das Faculdades Metropolitanas Unidas*. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Ambiental) – Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas, São Paulo, 2014.

SICONELLI, M. J. L.; TEDESCO, A. M.; ASSIS, N. A.; BÜRGER, K. P. Atuação do médico veterinário na prevenção de agravos a saúde do trabalhador. *ARS Veterinaria*, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 12, 2015. Disponível em: <<http://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/867>>. Acesso em: 05 nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.15361/2175-0106.2015v31n2p12>

SILVA, C. M.; SANTOS, I. J. P. Resíduos de serviços de saúde em clínicas e pet shops. *Revista CFMV*, Brasília, ano XXIII, n. 74, p. 55-58, 2017. Disponível em: <<http://certidao.cfmv.gov.br/revistas/edicao74.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2018.

SILVA, L.; MASSUQUETTI, A. Políticas públicas de proteção e defesa dos animais urbanos: o caso de Sapucaia do Sul. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 7., 2014, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre; FEE: PUC-RS, 2014. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/201405267eeg-mesa24-politicaspublicasprotecaodefesaanimaispublicas.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

SOBRAL, A.; FREITAS, C. M. Modelo de organização de indicadores para a operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. *Saúde e Sociedade*, v. 19, n. 1, p. 35-47, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902010000100004>

SOUZA, M. A. S. *Proposta de Sistemática para Melhoria do Desempenho Ambiental em Processos Hospitalares*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/80322>>. Acesso em: 04 out. 2017.

TAMURA, I.; YASUDA, Y.; KAGOTA, K.; YONEDA, S.; NAKADA, N.; KUMAR, V.; KAMEDA, Y.; KIMURA, K.; TATARAZAKO, N.; YAMAMOTO, H. Contribution of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) to whole toxicity of water samples collected in effluent-dominated urban streams. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 144, p. 338-350, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.06.032>

TOLEDO, R. F. Controle social, participação popular e educação ambiental: desafios para a Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: SILVA, R. P. (org.). *Gestão contemporânea dos resíduos sólidos: nova era para a destinação adequada do lixo gerado na cidade de São Paulo*. São Paulo: Instituto Macuco, 2015. p. 85-100.

TOLEDO, R. F. *Educação saúde e meio ambiente: uma pesquisa-ação no Distrito de Iauarete do município de São Gabriel da Cachoeira, AM*. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

VASCONCELOS, E. C. F.; SILVA, F. T. V.; CAVALCANTE, K. K. S.; QUEIROZ, I. V. Plano de gerenciamento de resíduos nos estabelecimentos veterinários. *Archives of Veterinary Science*, v. 21, supl. 2, p. 1204-1206, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v21i1>

VASCONCELLOS, J. S. P.; BOTTON, S. A.; VOGEL, F. S. F.; SANGIONI, L. A. Programa de Saúde na Escola: atuação do médico veterinário em ações interprofissionais no município de Santa Maria – RS. *ARS Veterinaria*, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 104, 2015. Disponível em: <<http://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/874>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Future Trends In Veterinary Public Health. *Report of a WHO Study Group*. Technical Report Series. Genebra: WHO, 2002. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42460/WHO_TRS_907.pdf;jsessionid=3BE98B813118236AE4ABD7ED709EE027?sequence=1>. Acesso em: 16 jun. 2017.

WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH (OIE). *One Health*. OIE. Disponível em: <<http://www.oie.int/en/for-the-media/editorials/detail/article/one-health/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E CONCEITO APLICADOS EM PROGRAMAS EDUCATIVOS

LIFE CYCLE ASSESSMENT AS AN ANALYZING TOOL FOR ENVIRONMENTAL IMPACTS AND CONCEPT APPLIED TO EDUCATION PROGRAMS

Ana Carolina Dutra 

Mestre em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) – Sorocaba (SP), Brasil.

Gerson Araújo de Medeiros 

Doutor em Engenharia Agrícola. Professor do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Unesp – Sorocaba (SP), Brasil.

Bruno Fernando Gianelli 

Doutor em Ciência e Tecnologia dos Materiais. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Itapetininga (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Ana Carolina Dutra – Rua Milton de Souza Oliveira, 154 – Residencial Colinas do Sol – CEP 18050-087 – Sorocaba (SP), Brasil – E-mail: anacadutra@gmail.com

Recebido em: 16/10/2018

Aceito em: 22/02/2019

RESUMO

A educação ambiental é parte do processo de educação no qual se constroem valores voltados para a conservação do meio ambiente, contribuindo para o combate à crise ambiental. A avaliação do ciclo de vida estima os potenciais impactos ambientais gerados durante todo o ciclo de vida de uma atividade. Este trabalho objetivou avaliar os potenciais impactos ambientais produzidos por um programa de educação ambiental pela visão do ciclo de vida e propor uma metodologia tanto para inserção desse conceito em atividades de educação ambiental como de avaliação do desempenho ambiental de outros programas educativos. A partir do uso do programa computacional SimaPro 7.3.0, o cenário de destino final de resíduos representou 67,1% dos impactos ambientais totais, a maior parte devido ao transporte de resíduos orgânicos ao aterro sanitário, seguido de outras atividades envolvendo logística. Encontra-se na compostagem desse tipo de resíduo a redução de até 37% de impactos em relação ao cenário original.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida; educação ambiental; gestão ambiental; zoológico.

ABSTRACT

Environmental education is part of the education process, where values are built to conserve the environment, combating the environmental crisis. Life cycle assessment estimates the potential environmental impacts generated throughout the life cycle of an activity. This work aimed at evaluating the potential environmental impacts produced by an education program through the life cycle perspective and at proposing a methodology both for the insertion of this concept into environmental education activities and for evaluating the environmental performance of other educational programs. Using the SimaPro 7.3.0 software, the final waste scenario accounted for 67.1% of the total environmental impacts, mostly due to the transportation of organic waste to the landfill, followed by other activities involving logistics. The organic decomposition of this type of waste can reduce the impacts up to 37% in relation to the original scenario.

Keywords: life cycle assessment; environmental education; environmental management; zoo.

INTRODUÇÃO

As preocupações acerca dos problemas ambientais contemporâneos têm foco nas ações do homem e para que se encontre uma solução é necessária uma transformação de suas abordagens. As atividades antrópicas e a exploração desenfreada e não sustentável dos recursos naturais ameaçam não só a disponibilidade dos mesmos, como também a biodiversidade (LUTINSKI *et al.*, 2017), transformando habitats em áreas de cultivo e interferindo na disponibilidade de alimentos, por exemplo. A evolução tecnológica, o desenvolvimento econômico, a urbanização e o crescimento populacional tendem a aumentar a geração de resíduos sólidos (SADI JUNIOR *et al.*, 2017), contribuindo para a exaustão de recursos ambientais e a degradação ambiental.

O termo educação ambiental surgiu pela primeira vez em 1965 durante a Conferência em Educação, na Alemanha. A consideração da dimensão ambiental na educação começou a ser correntemente discutida após a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, de 1972, em Estocolmo, Suécia. Começou-se a pensar mais sobre a difusão da consciência ambiental entre os cidadãos e nada melhor do que começar no ambiente escolar. A temática ambiental começou a ser vista como necessária para a formação de todos, estando presente na educação tradicional e servindo como uma ferramenta de combate à crise ambiental (DIAS, 2004). Entretanto, para que a educação ambiental tenha êxito e para que seus aspectos positivos se destaquem, é necessária uma transformação no planejamento, sobretudo escolar (UYANIK, 2016).

Durante todas as etapas do ciclo de vida de um produto, serviço ou atividade são gerados impactos ambientais positivos e negativos, devido a entradas e saídas de matéria e energia do sistema (CLAUDINO & TALAMINI, 2013). O pensamento do ciclo de vida surgiu como um conceito visando à diminuição do uso dos recursos na-

turais e emissões ao ambiente, analisando e avaliando todo o ciclo de vida de um sistema e o que o influencia e é influenciado (ABNT, 2009; KIKUCHI-UEHARA; NAKATANI; HIRAO, 2016).

O início da aplicação dessa ferramenta remonta à década de 1960 (HELLWEG & CANALS, 2014) e com o passar dos anos se fez necessária uma padronização, a qual começou a ser desenvolvida 30 anos mais tarde pela *International Organization for Standardization* (ISO). Atualmente, no Brasil, as normas referentes à avaliação do ciclo de vida (ACV) são ABNT NBR ISO 14.040:2009 (Gestão Ambiental — Avaliação do Ciclo de Vida — Princípios e Estruturas) e ABNT NBR ISO 14.044:2009 (Gestão Ambiental — Avaliação do Ciclo de Vida — Requisitos e Orientações), além de dois documentos técnicos (ABNT, 2018).

A Fundação Parque Zoológico de São Paulo (FPZSP) foi o décimo zoológico do mundo a conquistar a certificação ISO 14.001, mantendo-a até os dias atuais. Possui, no interior do estado de São Paulo, uma unidade de produção agrícola multifuncional, a Divisão de Produção Rural (DPR), que além de produzir alimentos e matérias-primas para a fundação, abriga o Centro de Conservação de Fauna Silvestre do Estado de São Paulo (CECFAU) e possui um programa de educação ambiental chamado Fazenda Legal, voltado ao recebimento de crianças de 7 a 12 anos para visitas monitoradas (FPZSP, 2013).

Assim, este estudo objetivou apresentar um método de avaliação do desempenho ambiental para programas educativos; introduzir o conceito do pensamento de ciclo de vida em atividades de educação ambiental; e estimar os potenciais impactos ambientais gerados durante as atividades desenvolvidas pelo programa Fazenda Legal a partir da visão de ciclo de vida, como uma forma de propor diretrizes de gestão para sua melhoria ambiental.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Educação ambiental

A Lei Federal Brasileira nº 9.975, de 1997, define a educação ambiental como os processos pelos quais a coletividade constrói valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (BRASIL, 1997). Destaca que a educação ambiental formal (presente nos currículos de instituições públicas e privadas) deve

ser considerada em todos os níveis educacionais, além das abordagens não formais, cuja função é sensibilizar a coletividade para a defesa das questões ambientais.

Após a Conferência de Estocolmo foram realizados diversos encontros, conferências e seminários, nacionais e internacionais, para discussões acerca da sensibiliza-

ção da população sobre as inter-relações do meio ambiente com a educação (BARBIERI & SILVA, 2011).

Em 1975, em resposta às recomendações geradas na Conferência de Estocolmo, houve o primeiro encontro sobre educação ambiental em Belgrado (na então Iugoslávia), que resultou na criação do Programa Internacional de Educação Ambiental (BARBIERI & SILVA, 2011). Nesse primeiro momento, a educação ambiental adquiriu o caráter multidisciplinar, contínuo e integrado às diferenças regionais (DIAS, 2004; BRASIL, 2016).

No ano de 1977 foi realizada a Conferência Intergovernamental sobre a Educação Ambiental em Tbilisi, Geórgia, evento conjunto da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNU-

Avaliação do ciclo de vida

Ao utilizar o pensamento do ciclo de vida para uma análise completa de entradas e saídas de um sistema, aperfeiçoando assim seu desempenho ambiental pela redução de emissões ao ambiente, surgiram diversas ferramentas, como a ACV, a avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida, a avaliação do ciclo de vida social, entre outras.

A ACV é comumente utilizada na avaliação e no aprimoramento de sistemas de produção, pois mapeia os principais e potenciais impactos ambientais. Como consequência, tem-se o direcionamento a ações corretivas e de melhoria. Essas melhorias não dizem respeito apenas a mudanças nos procedimentos e/ou aquisição de matéria-prima, mas também nas ações de consumo e descarte (HELLWEG & CANALS, 2014).

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14.040:2009, divide-se um estudo de ACV em quatro fases (*apud* CURRAN, 2006). A primeira fase é a definição do objetivo e escopo: o objetivo deverá conter a razão do estudo e o escopo deverá contemplar as principais definições do sistema, como a unidade funcional (referência para o levantamento de dados e interpretação de resultados) e abrangência das etapas do estudo de ACV (berço-ao-túmulo, berço-ao-portão). A segunda fase é a análise do inventário de ciclo de vida (ICV), a etapa mais importante de uma ACV, pois lista todas as entradas e saídas das etapas do ciclo de vida, permitindo, assim, a quantificação dos aspectos ambientais

(MA), considerada um marco importante na história da educação ambiental, tendo como produto a Declaração de Tbilisi. Nessa declaração, recomendou-se que a educação ambiental deve ser ampla e abranger pessoas de todas as idades, não somente nas escolas, como também em atividades não formais que procurem disseminar valores ambientais, como os parques zoológicos, parques naturais e unidades de conservação.

Ainda, a literatura apresenta uma série de artigos e abordagens em que a educação ambiental é uma importante estratégia para a inserção das relações ecológicas no cotidiano das pessoas, traduzindo-se numa maneira de promover o entendimento e a sensibilização para as questões ambientais da sociedade contemporânea (MEDEIROS; CARVALHO JUNIOR; VACCARI, 2012; MEDEIROS & DANIEL, 2009; GRIGOL *et al.*, 2013; FENGLER *et al.*, 2015).

nas fronteiras definidas pelo sistema em estudo. A terceira fase é a avaliação dos impactos, que tem como propósito descrever as cargas ambientais decorrentes das entradas e saídas das fronteiras do estudo em categorias de impacto ambiental previamente definidas na etapa de escopo. A última fase é a interpretação dos resultados, que combina os resultados do inventário do ciclo de vida e a avaliação dos impactos de acordo com o objetivo e escopo do estudo, chegando-se às conclusões sobre a significância, magnitude e ações a serem aplicadas nos potenciais impactos identificados.

Nakajima, Hirayama e Hondo (2011) consideraram efetivo o uso do pensamento do ciclo de vida como uma ferramenta de educação ambiental para mudar o comportamento de alunos do ensino médio de uma cidade japonesa em relação a suas atitudes. Partiu-se da afirmação de que, para entender mais sobre o meio ambiente e suas relações com ações cotidianas, o aluno precisava perceber o quanto seu estilo de vida o influencia. Dessa forma, o pensamento do ciclo de vida foi disseminado a partir da relação entre o ciclo de vida das ações dos alunos e seus impactos nas mudanças climáticas. Como resultado final, houve um maior entendimento de como o estilo de vida causa impactos ambientais, como a consequente emissão de gases causadores do efeito estufa e suas alterações na qualidade ambiental, tornando-se uma ferramenta útil para a mudança comportamental.

METODOLOGIA

Área de estudo

A educação ambiental na Fundação Parque Zoológico de São Paulo

O Brasil conta hoje com 106 parques zoológicos e 10 aquários, a maioria localizada na Região Sudeste (SZB, 2017). Inicialmente, os parques zoológicos surgiram com a função de entretenimento, ao permitir o contato dos visitantes com diversos tipos de animais. Atualmente, zoológicos de todo o mundo incorporam outros objetivos, como a conservação de espécies e ecossistemas ameaçados de extinção e a educação ambiental (ASHMAWY, 2018).

A Fundação Parque Zoológico de São Paulo (FPZSP) desenvolve atividades de educação ambiental tanto no

parque zoológico quanto em sua unidade de produção agrícola. No parque zoológico, as atividades educativas começaram no ano de 2000 e são baseadas em ações de conservação da biodiversidade e da fauna, utilização responsável dos recursos naturais e sobre a interferência do homem na natureza, visando sensibilizar os visitantes através de sua coleção de animais. Além disso, realizam diversos eventos ao longo do ano, apresentações didáticas, exposições, um jornal de divulgação de conteúdos ambientais da fundação, chamado *Abrindo o Bico*, cursos para educadores e um clube ecológico da terceira idade (FPZSP, 2017).

A educação ambiental na Divisão de Produção Rural

O programa de educação ambiental Fazenda Legal surgiu em 2011 a partir de parcerias com as secretarias municipais de meio ambiente e educação das cidades do entorno de Araçoiaba da Serra, sendo dividido em duas etapas. A primeira é o curso de formação de educadores (professores, coordenadores pedagógicos e diretores) da rede pública, baseado em encontros na DPR, onde são oferecidas palestras, minicursos e atividades práticas. Ao final do curso, os educadores devem desenvolver um projeto ambiental com seus alunos. Na segunda etapa os alunos dos educadores vão até a DPR e realizam uma visita monitorada. Ao final das visitas, os projetos dos educadores são avaliados e ocorre a escolha da escola vencedora (DUTRA, 2018).

As visitas monitoradas baseiam-se em uma trilha ecológica que resgata as lendas do folclore para que os alunos façam uma conexão entre suas histórias e questões relacionadas ao meio ambiente. Primeiramente, os participantes são recebidos no espaço de educação ambiental,

onde ocorre a introdução sobre o que é a FPZSP e quais as suas unidades, a sustentabilidade dentro da fundação e a função da DPR. Em seguida, os alunos partem para uma trilha ecológica onde o Saci Pererê demonstra a importância da manutenção das florestas e das ervas medicinais, a lara discute a poluição dos recursos hídricos e área de preservação permanente, o Boitatá discorre sobre queimadas, efeito estufa e perda de biodiversidade, Curupira fala sobre o consumismo e a cultura indígena e Caipora aborda o tráfico de animais e a proteção das florestas. Ainda, são abordados temas como reciclagem, compostagem e reflorestamento. Ao longo da trilha, os participantes conhecem alguns dos animais exóticos da unidade e são abordadas as relações entre seus hábitos e a conservação dos mesmos nos dias atuais.

Além disso, a DPR possuía um clube ecológico para crianças de 7 a 12 anos e atividades para escolas não parceiras e comunidade do entorno, além de participar de eventos alusivos ao meio ambiente.

Metodologia de avaliação do ciclo de vida

Objetivos da avaliação do ciclo de vida

O objetivo do presente estudo de ACV foi estimar os potenciais impactos ambientais produzidos por um programa de educação ambiental, Fazenda Legal, no ano de 2016, servindo como apoio na proposição de diretrizes de ges-

tão. Ainda, apresenta um método de avaliação de desempenho ambiental que pode ser estendido a outros programas educativos, enfatizando-se a importância da inserção do conceito de ACV em atividades de educação ambiental.

Escopo da avaliação do ciclo de vida

Definiu-se a unidade funcional do estudo como a “avaliação dos potenciais impactos ambientais decorrentes de um programa de educação ambiental com recebimento médio de 650 visitantes anuais”. A unidade funcional serve como um parâmetro para avaliação e relação com os impactos ambientais estimados.

A fronteira do sistema foi a DPR, unidade agrícola multifuncional em que foram realizadas as atividades, tendo recebido, no ano de 2016, visitantes das cidades de Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Votorantim e Sarapuá, num raio médio de 26 km. As atividades envolvendo o clube ecológico, onde há visitas de moradores próximos à unidade, e os eventos externos alusivos ao meio ambiente foram excluídos do estudo, voltando-se somente para o programa Fazenda Legal.

A partir da construção de um fluxograma com as principais entradas e saídas, foi possível o levantamento dos aspectos ambientais existentes e necessários para a elaboração do ICV da atividade.

Para essa atividade foram considerados os seguintes aspectos ambientais: consumo de energia elétrica, deslocamentos gerados pelos visitantes (considerados como ocorridos em ônibus a diesel), deslocamento de funcionários (ocorridos em ônibus e motocicleta) e destinação de resíduos, recicláveis e não reciclados, bem como os aspectos pertinentes ao seu deslocamento. Desconsiderou-se o consumo de água por ser baixo e insignificante.

O cenário de destino final foi feito levando-se em consideração os resíduos gerados pelos visitantes e funcionários. Para sua quantificação, realizaram-se pesagens semanais durante o primeiro semestre de 2016 e as mesmas foram relacionadas com o número total de visitantes recebidos nesse ano. Foram geradas as seguintes frações de resíduos: alumínio, papel, plástico, orgânico e sanitário. Considerou-se que o único descarte que não fez parte dessa quantificação foi o resto de alimento produzido pelos funcionários no refeitório, em que sua geração foi estimada a partir da proporção do número de funcionários dessa atividade e o resíduo orgânico (do refeitório) total gerado na unidade agrícola, obtido por Dutra (2018).

A baixa quantificação de resíduos deveu-se ao tipo de resíduo que entrou no sistema, que foram aqueles

para lanches, sendo que algumas vezes ocorreu a utilização de embalagens reutilizáveis e por vezes não houve tempo para o lanche dos alunos, o que acarretou uma baixa quantificação de resíduos. Ainda, o ano de 2016 contou com poucas visitas de alunos (comparado a anos anteriores), permitindo a quantificação de resíduos apenas em alguns meses do primeiro semestre, fato esse que justifica a influência de fatores externos (turmas que não levaram lanche e turmas que não fizeram lanche na unidade) na obtenção dos resultados e sua representatividade no ciclo de vida total.

Para a elaboração do cenário do destino final de resíduos, calculou-se a distância total anual percorrida para a destinação das frações reciclável (até uma cooperativa de reciclagem) e não reciclada (até o aterro sanitário) e correlacionou-se com a quantidade dos mesmos, obtendo-se um valor em “tonelada quilômetro” (t.km), necessário para a inserção no programa computacional utilizado.

Para os deslocamentos de funcionários e visitantes, utilizou-se a ferramenta Google Maps e registros de visitas recebidas no ano de 2016, correlacionando-se a quilometragem percorrida com o total de visitantes.

Foi utilizado o programa computacional SimaPro 7.3.0 para a inserção do ICV, construção do ciclo de vida e cálculo dos potenciais impactos ambientais. Esse programa computacional tem sido utilizado em estudos de gestão de resíduos, agricultura, quantificação de gases do efeito estufa e construção civil, entre outros (DUTRA, 2018). Além disso, um estudo de ACV não precisa necessariamente de programa computacional, podendo ser conduzido por equações que relacionem um aspecto ambiental e seu potencial poluidor para determinada categoria de impacto ambiental (ex.: CO_{2eq} e seu potencial causador de aquecimento global).

Dentre os diversos métodos de cálculo de impacto ambiental que o programa computacional possui, escolheu-se o método suíço Eco-Indicator 99(H), pois fornece dados representativos da carga ambiental total envolvida no ciclo de vida estudado e divididos em 3 categorias de danos e 11 categorias de impacto ambiental: danos à saúde humana (mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, radiação, respiráveis orgânicos, respiráveis inorgânicos e carcinogênicos),

danos ao ecossistema (ecotoxicidade, acidificação/eutrofização e uso do solo) e danos aos recursos naturais

(consumo de recursos minerais e consumo de combustível fóssil) (GOEDKOOP & SPRIENSMA, 2001).

Proposição de cenários de melhoria para o programa Fazenda Legal

A partir dos resultados obtidos, identificou-se a fase do ciclo de vida com maior carga ambiental e foram realizadas, no programa computacional

SimaPro 7.3.0, simulações para cenários alternativos visando à diminuição de impactos ambientais negativos.

RESULTADOS

Inventário de ciclo de vida

O programa Fazenda Legal destinou 23% de seus resíduos a uma cooperativa de reciclagem, coletados em duas viagens no ano de 2016. A fração não reciclada (77%), coletada semanalmente com os demais resíduos originados na unidade, referiu-se respectivamente a: restos de alimentos produzidos pelos funcionários, resíduos sanitários e resíduos orgânicos originados pelos visitantes (compostos por frutas).

A Tabela 1 apresenta o ICV com a quantificação dos principais aspectos e impactos ambientais levantados para o programa de educação ambiental no ano de 2016.

O consumo de eletricidade apresentou baixo valor pelo uso dever-se apenas à utilização de lâmpadas e ventiladores para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental.

Interpretação dos impactos do inventário de ciclo de vida

Para a construção do ciclo de vida da atividade, foram considerados os seguintes dados de entrada no programa computacional: consumo de eletricidade; geração dos resíduos alumínio, papel, plástico, orgânico dos visitantes, orgânico dos funcionários e sanitário; transporte de resíduos recicláveis, transporte de resíduos não reciclados e transporte de visitantes, calculados como descrito na metodologia. Os resíduos gerados entraram como uma fase denominada “operação”, representando os materiais de consumo que foram posteriormente destinados como resíduos. O transporte de resíduos recicláveis e não recicláveis constituiu a fase de cenário de destino final.

A Tabela 2 lista os impactos ambientais em termos de pontuação de impacto ambiental, dada pelo programa computacional em Pt. Já a Figura 1 mostra as porcentagens dos impactos ambientais de cada fase do ciclo de vida do programa Fazenda Legal.

Como dados de saída, o programa computacional SimaPro forneceu os impactos ambientais calculados para cada fase inserida no ciclo de vida, utilizando-se de uma unidade própria, o Point (Pt).

A fase de operação contribuiu com 0,023% de todo o ciclo de vida do programa de educação ambiental, estimando os impactos ambientais da extração de matéria-prima até seu uso, constituindo uma abordagem do berço-ao-portão. Esses materiais foram estimados a partir dos resíduos gerados pelos visitantes e a fração resto de alimentos gerada pelos funcionários no refeitório da unidade. Esses impactos superaram os decorrentes do consumo de energia elétrica, ocorridos num valor de 0,017%.

O Pt é eficiente quando se têm vários sistemas para comparar. Neste estudo, a partir dos dados numéricos (Tabela 2), os impactos ambientais de cada fase foram transformados em porcentagem com base nos impactos globais do sistema (Figura 1). Dessa forma, tem-se a possibilidade de uma melhor comparação de cada fase do ciclo de vida do programa de educação ambiental no que diz respeito a seus impactos.

As atividades envolvendo o transporte de pessoas foram responsáveis pela segunda maior contribuição dos impactos ambientais: aproximadamente 33%, sendo 3,4% devidos ao deslocamento de funcionários, percorrendo uma distância média e diária de 26,4 km, e 29,5% referentes aos visitantes. Essa abordagem levou em consideração o ciclo de vida dos veículos de locomoção, bem como o referente à obtenção dos combustíveis.

Utilizou-se a abordagem do portão-ao-túmulo para estimar os impactos do destino final de resíduos. Esse cenário representou o maior impacto do ciclo de vida: 66,3% referentes à destinação de resíduos ao aterro sanitário (correspondentes a 77% do total gerado) e 0,8% devidos à reciclagem (correspondentes a 23% do total gerado).

Apesar dos impactos positivos da reciclagem de alguns materiais, houve predomínio de impactos negativos por causa da logística de envio para a cooperativa, loca-

lizada a 12 quilômetros da DPR, e da realização de duas viagens no ano de 2016 para a coleta de materiais.

Uma alternativa para a reduzir a carga ambiental negativa gerada pelo cenário da reciclagem seria a redução para uma única viagem de coleta de resíduos por ano, além de maior reutilização de materiais antes de sua destinação final. Os resíduos recicláveis podem ser destinados a postos de entrega voluntária (PEV) pela frota interna da unidade, a qual se desloca diariamente e passa, eventualmente, por postos desse tipo.

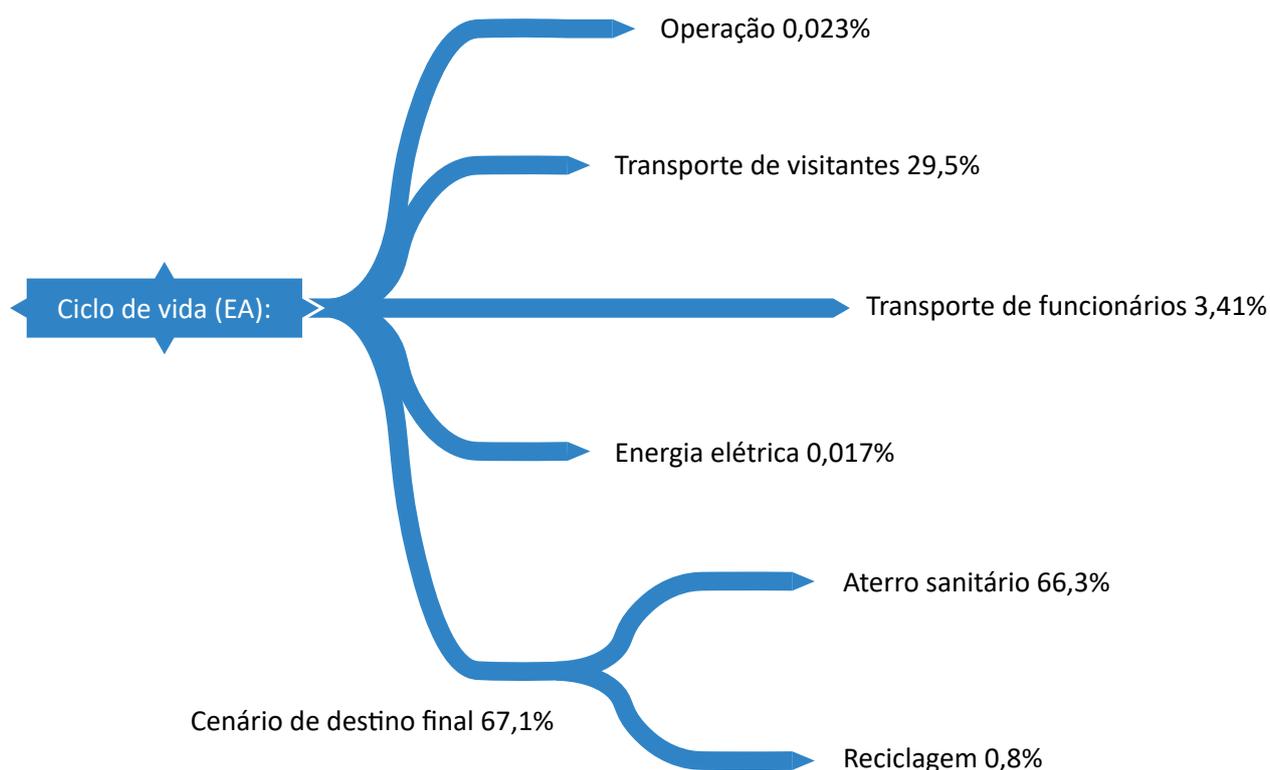
Tabela 1 – Inventário do ciclo de vida do programa de educação ambiental no ano de 2016.

Atividade	Aspecto ambiental	Quantificação
Desenvolvimento de atividades	Energia elétrica	Energia elétrica (kWh.ano ⁻¹)
		322,40
Visitação	Deslocamento até a Divisão de Produção Rural por ônibus a diesel	Transporte de visitantes anual (pessoa.km)
		719.615,40
	Número de visitantes em 2016	Visitantes anuais (pessoas.ano ⁻¹)
		651,00
	Resíduos enviados ao aterro sanitário por caminhão a diesel	Resíduo sanitário (kg.ano ⁻¹)
		28,00
		Resíduo orgânico - funcionários (kg.ano ⁻¹)
		31,00
		Resíduo orgânico - visitantes (kg.ano ⁻¹)
		3,00
Visitação	Resíduos enviados à reciclagem por caminhão a diesel	Transporte de resíduo não reciclado (t.km)
		141,01
		Papel (kg.ano ⁻¹)
		9,00
		Alumínio (kg.ano ⁻¹)
		2,00
		Plástico (kg.ano ⁻¹)
		8,00
Transporte dos funcionários	Deslocamento até a Divisão de Produção Rural	Transporte de resíduo reciclável (t.km)
		0,90
		Transporte por ônibus (pessoa.km)
		42.108,00
		Transporte por motocicleta (pessoa.km)
		50.776,00

Tabela 2 – Contribuição das fases integrantes do ciclo de vida do programa de educação ambiental e as categorias de impacto influenciadas em termos de pontuação no ano de 2016.

Categoria de impacto	Operação (Pt)	Transporte de funcionários (Pt)	Transporte de visitantes (Pt)	Energia elétrica (Pt)	Cenário de destino final (Pt)	Total (Pt)
Depleção da camada de ozônio	0,00	0,05	0,45	0,00	1,00	1,51
Radiação	0,01	0,46	5,14	0,01	5,28	10,90
Respiráveis orgânicos	0,00	6,79	4,70	0,00	26,97	38,47
Uso do solo	0,98	7,20	68,96	0,39	140,17	217,69
Consumo de minerais	0,18	6,95	49,85	0,25	222,18	279,42
Ecotoxicidade	0,08	15,41	116,32	0,32	159,34	291,48
Carcinogênicos	0,41	21,86	137,55	1,51	195,79	357,12
Acidificação/ eutrofização	0,07	24,01	296,79	0,04	491,87	812,77
Mudanças climáticas	0,36	75,31	537,35	0,64	1334,87	1948,53
Respiráveis inorgânicos	1,23	282,34	3147,77	0,68	6538,28	9970,30
Consumo de combustíveis fósseis	4,62	740,61	5830,79	2,09	14097,72	20675,83
Total	7,95	1181,00	10195,67	5,92	23213,47	34604,02

Fonte: adaptado de SimaPro 7.3.0.



Fonte: adaptado de SimaPro 7.3.0.

Figura 1 – Ciclo de vida do programa de educação ambiental (EA) e as porcentagens de impactos ambientais de cada fase constituinte no ano de 2016.

Neste caso, não haveria a demanda de consumo de combustíveis fósseis e emissões atmosféricas em razão do deslocamento da cooperativa de reciclagem.

Já os aterros sanitários costumam apresentar cargas ambientais significativas devido aos aspectos considerados, como construção, operação e manutenção. Entretanto, neste estudo, os impactos negativos relacionaram-se à logística, sendo que aterramento e decomposição dos materiais apresentaram impactos insignificantes diante do consumo de combustíveis fósseis. Do total, 35,4% dos impactos gerados pelo aterro sanitário deveram-se ao transporte da fração orgânica e 30,9% ao transporte de resíduos sanitários. Essa alta influência das atividades de logística se assemelha aos resultados obtidos por outros autores, como Doka (2003), Laurent *et al.* (2014a; 2014b) e Paes *et al.* (2018).

Proposição de cenários de melhoria

Os elementos naturais presentes em diversas paisagens contribuem para o processo de sensibilização, possibilitando um novo olhar sobre a realidade e a sensação de pertencimento (ALMEIDA; TOPPA; DE FIORI, 2017). O programa Fazenda Legal contribuiu para novas experiências e sensibilização dos participantes, principalmente nas abordagens sobre queimadas e aquecimento global, estrategicamente localizadas em área com menor quantidade de árvores, seguida da abordagem do reflorestamento. É nítido como o desconforto térmico sensibilizava os alunos e os fazia entender as consequências do desmatamento em nosso dia a dia. Apesar de seus aspectos positivos, sobretudo os sociais, foi possível identificar os impactos negativos gerados pela ação.

O raio médio de abrangência do Fazenda Legal em 2016 foi de 26 km e, devido à sua missão, quanto maior o número de visitas, melhor seu desempenho social, pois mais pessoas serão sensibilizadas pelas ações de conscientização ambiental. Entretanto, quanto maior o raio de abrangência, maiores as distâncias percorridas e os impactos ambientais negativos em razão, principalmente, do consumo de combustíveis fósseis.

Uma medida para mitigar os impactos ambientais negativos decorrentes da logística dos visitantes seria a conscientização e o estímulo das prefeituras municipais à contratação e ao uso de frotas com ônibus mais

Paes *et al.* (2018) avaliaram os impactos de uma gestão municipal de resíduos sólidos utilizando a ACV para estimar os impactos ambientais nas categorias acidificação, eutrofização, aquecimento global e toxicidade humana. Constataram que o transporte de resíduos ao aterro sanitário correspondeu a 91 e 89% dos impactos nas categorias acidificação e eutrofização, respectivamente, além da coleta de resíduos recicláveis e não reciclados consumirem três vezes mais diesel do que o utilizado na operação do aterro.

Os impactos relacionados à logística justificam que o consumo de combustíveis fósseis tenha sido a principal categoria de impacto ambiental influenciada, atingindo 59,8% dos impactos totais. Em seguida, destacaram-se as categorias respiráveis inorgânicos (28,8%) e mudanças climáticas (5,6%). Logo, as categorias de dano mais atingidas foram consumo de recursos e danos à saúde humana.

novos e eficientes quanto ao uso de combustíveis, além da otimização do uso dos mesmos nas viagens realizadas.

A DPR é uma propriedade rural de 574 hectares, possuindo áreas disponíveis para plantios, permitindo a neutralização do carbono e compensação das emissões de CO₂ realizadas pelo programa por meio de plantios e manutenções de árvores. Tal ação possui reflexos nas esferas educacional e ambiental (MEDEIROS & DANIEL, 2009).

Analisando-se o cenário de destino final, responsável por 67,1% dos impactos ambientais do ciclo de vida da atividade, teve-se que o deslocamento originado pela disposição de resíduos no aterro sanitário foi a etapa que apresentou maior carga ambiental negativa. Desses resíduos, mais da metade referiu-se à parte orgânica, representada por restos de alimentos de funcionários e aqueles descartados pelos visitantes.

A DPR possui áreas verdes, utiliza máquinas agrícolas e, inclusive, aborda o tema compostagem nas visitas monitoradas e cursos de formação de educadores. Assim, uma ação para a diminuição de impactos ambientais negativos seria a compostagem da fração orgânica originada tanto por funcionários como visitantes.

Além de ser uma prática que pode ser adotada em curto prazo, uma simulação no programa computacional

SimaPro 7.3.0 demonstrou que caso todo o resíduo orgânico passasse pela decomposição orgânica na própria unidade ao invés de ser aterrado, haveria uma diminuição de cerca de 37% dos impactos ambientais em relação ao cenário original obtido para o ano de 2016. Observa-se o exemplo do parque zoológico, o qual pos-

sui uma Unidade de Produção de Composto Orgânico no qual, a partir da decomposição orgânica de todos os resíduos orgânicos produzidos, tanto de funcionários quanto de visitantes, como carcaças e fezes de animais e aqueles decorrentes da varrição, tem-se composto orgânico (utilizado inclusive na DPR) (DUTRA, 2018).

A avaliação do ciclo de vida como uma ferramenta educativa e de desempenho ambiental de programas educativos

Os resultados demonstram que a ACV, constantemente aplicada na gestão de resíduos e processos produtivos, pode ser utilizada na área educacional, estimando os impactos ambientais positivos e negativos de atividades e avaliando seu desempenho ambiental. Dessa forma, poderá utilizar os principais aspectos ambientais inerentes ao processo educativo, como utilização de água, eletricidade, materiais de consumo, logística, geração de resíduos e efluentes líquidos e gasosos.

Parsons (2009) realizou pesquisa semelhante ao utilizar o pensamento do ciclo de vida na identificação dos principais aspectos e impactos ambientais decorrentes de um processo educativo. O autor estimou os impactos ambientais decorrentes do ensino de engenharia e ciências espaciais em uma universidade da Austrália, destacando a causa dos principais impactos e as oportunidades de melhorias. Os autores analisaram as duas formas de ensino: presencial e a distância, sendo que os últimos deveriam viajar ao menos duas vezes ao ano até a universidade.

Os impactos predominantes foram na emissão de gases causadores do efeito estufa devido ao uso de eletricidade (já que a combustão do carvão produz a maior parte da eletricidade na Austrália) e referentes à logística. Como a maior parte dos alunos pertencia ao ensino a distância, as contribuições relacionadas ao uso da água e eletricidade do campus não foram significativas no primeiro momento. Porém, os alunos faziam uso de eletricidade para estudar e realizar atividades on-line em seus domicílios, somando-se, ainda, a logística tanto dos servidores da faculdade como das viagens dos alunos para aulas presenciais obrigatórias (existindo alunos até de fora da Austrália). Destaca-se que o uso de eletricidade e emissões de gases causadores do efeito estufa foram os mais significativos na avaliação do ciclo de vida das duas modalidades de ensino estudadas (PARSONS, 2009).

O enfoque de ciclo de vida e a ACV podem ser estendidos a diversas outras práticas de educação, bem

como em outras tomadas de decisão. Como exemplo, poder-se-ia avaliar uma fase de uma atividade, como aquela que se baseia na distribuição de folhetos, permitindo a comparação de impactos ambientais benéficos e impactos ambientais negativos, ou seja, disseminação de informações *versus* consumo de recursos naturais e geração de resíduos. Além de agir como uma ferramenta de avaliação, o conceito pode ser trabalhado e inserido em processos educativos.

Almeida, Toppa e De Fiori (2017) estudaram a introdução da área de preservação permanente (APA) de Itupararanga no ensino de alunos de Ibiúna, um dos oito municípios de sua abrangência. Os autores concluíram que a introdução do conceito é capaz de trazer contribuições significativas ao aprendizado, entretanto identificaram as dificuldades dessa inserção.

A APA é uma unidade de conservação com características ambientais relevantes e a de Itupararanga, além dos valores ambientais, possui utilização para o lazer da comunidade, cultivos agrícolas e construção de residenciais. Mesmo sem a visitação, é possível levar o conceito de ciclo de vida aos alunos, evidenciando os aspectos ambientais das diversas atividades que fazem parte da APA, como os insumos utilizados e os impactos ambientais decorrentes do ciclo de vida das atividades de cultivo; os impactos ambientais decorrentes da fase de construção (atividades de logística, materiais de construção, geração de resíduos) e utilização das residências (utilização de recursos naturais e geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos). Até mesmo o lazer pode ter seu ciclo de vida analisado, pois as visitas consumirão combustíveis fósseis para o transporte dos visitantes, além da geração de emissões atmosféricas (que ficarão suspensas na área da APA) e resíduos; entretanto, haverá a percepção das belezas naturais e sua importância em nosso cotidiano, podendo fortalecer a consciência ambiental dos visitantes. Dessa forma, é possível comparar os impactos benéficos da APA com

os impactos negativos gerados por ela, agregando-se as contribuições sociais (lazer e valorização ambiental) e econômicas (cultivos), além de instigar os estudantes a discutirem sobre a conservação da APA.

Sempre que possível, estudos de ACV devem ter outras ferramentas agregadas, como as de valoração econômica, social e cultural, fornecendo resultados amplos e que impactarão nas discussões sobre sustentabilidade.

CONCLUSÃO

A educação ambiental é capaz de trazer a temática ambiental ao cotidiano das pessoas, contribuindo para uma mudança comportamental e na busca pelo desenvolvimento sustentável.

O programa Fazenda Legal, da DPR, contribuiu para a formação de uma consciência ecológica, formando educadores e conscientizando alunos por meio de abordagens e atividades ambientais. Entretanto, além dos impactos ambientais e sociais positivos, como todo processo e serviço, gerou impactos ambientais negativos.

Dos impactos do ciclo de vida gerados por essa atividade, 67,1% corresponderam ao deslocamento de resíduos não reciclados ao aterro sanitário, sendo a fração orgânica gerada em maior quantidade e, consequentemente, com maior parcela de impactos. Dessa forma, uma alternativa para a diminuição de impactos ambientais negativos seria a compostagem desses resíduos, visto que a unidade possui áreas para a realização da prática e para o aproveitamento do composto gerado na forma de fertilizante, constituindo uma ação

que pode ser adotada em curto prazo. Esse aproveitamento promoveria a diminuição de 37% dos impactos ambientais negativos, contribuindo para a melhoria do desempenho ambiental da atividade e do sistema de gestão ambiental empregado na unidade.

Além disso, visando à melhoria contínua, tanto da unidade como do programa de educação ambiental, outras ações em médio e longo prazo devem ser consideradas e adotadas para evitar e mitigar impactos ambientais negativos, além de acentuar os positivos.

A estimativa dos impactos ambientais e os resultados obtidos demonstram que tanto o conceito de pensamento de ciclo de vida como de ACV podem ser aplicados a diversos processos educativos como uma forma de identificar os principais aspectos e impactos ambientais a serem gerenciados. Ainda, podem ser utilizados em abordagens de educação ambiental para a difusão de que impactos ambientais positivos e negativos ocorrem durante todas as etapas de um ciclo de vida, difundido a consciência ecológica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FPZSP, por propiciar o desenvolvimento deste trabalho em suas instalações; e espe-

cialmente aos responsáveis pela Divisão de Produção Rural e pela gestão e educação ambiental na unidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. G.; TOPPA, R. H.; DE FIORI, A. Potencialidades pedagógicas da área de proteção ambiental Itupararanga: percepções de educadores e educandos. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 45, p. 71-85, 2017. <http://doi.org/10.5327/Z2176-947820170156>

ASHMAWY, I. K. I. M. NGO involvement in zoo management: a myth or a reality? *Environment, Development and Sustainability*, v. 20, n. 4, p. 1873-1887, 2018. <http://doi.org/10.1007/s10668-017-9939-3>

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *ABNT Catálogo*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

_____. *NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 21 p.

BARBIERI, J. C.; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 12, n. 3, p. 51-82, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-69712011000300004>

BRASIL. Lei nº 9.975, de 27 de abril de 1997. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1997.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Um pouco da história da educação ambiental*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/historia.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2016.

CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 77-85, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100011>

CURRAN, M. A. *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory, 2006. 88 p.

DIAS, G. F. *Educação Ambiental: Princípios e práticas*. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004. 551 p.

DOKA, G. *Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services*. Ecoinvent Report nº 13. St Gallen: Swiss Centre for life Cycle Inventories, 2003. p. 1-111

DUTRA, A. C. *Impactos ambientais de uma unidade agropecuária estimados pela avaliação do ciclo de vida*. 2018. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2018.

FENGLER, F. H.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; PECHE FILHO, A.; MORAES, J. F. L.; BRESSANE, A. Desenvolvimento da percepção ambiental de alunos de pós-graduação em Ciências Ambientais da Unesp Sorocaba por meio da abordagem construtivista de ensino. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 12, n.29, p. 805-834, 2015. <http://dx.doi.org/10.21713/2358-2332.2015.v12.857>

FUNDAÇÃO PARQUE ZOOLOGICO DE SÃO PAULO (FPZSP). *Relatório Anual 2012*. São Paulo: Dfuse Design, 2013. 78 p.

_____. *Relatório Anual 2016*. São Paulo: Editoria de Arte, 2017. 104 p.

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. *The Eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment*. Methodology Report. Pre Consultants, 2001.

GRIGOL, A. A. A. E. S.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; LORENÇO, R. W.; TOMAZ, I. S. F.; MARIN, A. M. O. Gestão ambiental em Centro de Experimentos Florestais na Região de Itu - SP: diagnóstico dos aspectos e impactos ambientais e potencialidade do reúso da água. *Engenharia Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 39-55, 2013.

HELLWEG, S.; CANALS, L. M. Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. *Science*, v. 344, n. 6188, p. 1109-1113, 2014. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1248361>

KIKUCHI-UEHARA, E.; NAKATANI, J.; HIRAO, M. Analysis of factors influencing consumers' proenvironmental behavior based on life cycle thinking. Part I: effect of environmental awareness and trust in environmental information on product choice. *Journal of Cleaner Production*, v. 117, p. 10-18, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.030>

LAURENT, A.; BAKAS, I.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; NIERO, M.; GENTIL, E.; HAUSCHILD, M. Z.; CHRISTENSEN, T. H. Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I: lessons learned and perspectives. *Waste Management*, v. 34, n. 3, p. 573-588, 2014a. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.045>

LAURENT, A.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; BAKAS, I.; NIERO, M.; GENTIL, E.; CHRISTENSEN, T. H.; HAUSCHILD, M. Z. Review of LCA studies of solid waste management systems – Part II: methodological guidance for a better practice. *Waste Management*, v. 34, n. 3, p. 589-606, 2014b. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.12.004>

LUTINSKI, J. A.; ILHA, C.; LUTINSKI, C. J.; BAUCKE, L.; BUSATO, M. A.; GARCIA, F. R. Ant fauna associated with areas under the direct impact of small hydropower plant in the State of Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 46, p. 2-13, 2017. <http://dx.doi.org/10.5327/Z2176-947820170196>

MEDEIROS, G. A.; CARVALHO JUNIOR, O. O.; VACCARI, G. B. Potencialidades do reuso da água: estudos de caso no setor sucroalcooleiro e universitário. *Engenharia Ambiental*, v. 9, n. 1, p. 3-16, 2012.

MEDEIROS, G. A.; DANIEL, L. A. Responsabilidade ambiental: neutralização do carbono gerado pelos alunos da Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba - SP. *Reverte*, Indaiatuba, n. 7, p. 14-29, 2009.

NAKAJIMA, K.; HIRAYAMA, Y.; HONDO, H. Influences of life cycle thinking-based environmental education program on pro-environmental behavior. *Journal of Life Cycle Assessment*, v. 7, n. 1, p. 84-95, 2011. <https://doi.org/10.3370/lca.7.84>

PAES, M. X.; MANCINI, S. D.; MEDEIROS, G. A.; BORTOLETO, A. P.; KULAY, L. A. Life cycle assessment as a diagnostic and planning tool for waste management - a case study in a Brazilian municipality. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, v. 44, n. 3, p. 259-269, 2018. <http://dx.doi.org/10.5276/JSWTM.2018.259>

PARSONS, D. The environmental impact of engineering education in Australia. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 14, n. 2, p. 175-183, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0045-5>

SADI JUNIOR, H. T.; AMORIM, J. C.; RIBEIRO, A. G. C.; FIA, R. Coleta seletiva: influência nos hábitos de descarte da população em Lavras, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 43, p. 49-63, 2017. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820170097>

Sociedade Zoológicos e Aquários do Brasil (SZB). *Lista de zoológicos e aquários do Brasil, divididos por regiões*. Brasil: SZB, 2017. Disponível em: <<http://www.szb.org.br/arquivos/zoos-e-aquarios-brasil.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

UYANIK, G. Effect of environmental education based on transformational learning theory on perceptions towards environmental problems and permanency of learning. *International Electronic Journal of Environmental Education*, v. 6, n. 2, p. 126-140, 2016.



AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À DESERTIFICAÇÃO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

EVALUATION OF DESERTIFICATION VULNERABILITY IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL

**Aurélio Azevedo
Barreto-Neto** 

Professor efetivo do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Vitória (ES), Brasil.

Anthony Fabríz Marchesi 

Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Vitória (ES), Brasil.

Endereço para correspondência:

Aurélio Azevedo Barreto-Neto –
Rua Odete de Oliveira Lacourt, 259,
ap. 301 – Jardim da Penha –
CEP 29060-050 – Vitória (ES), Brasil –
E-mail: aurelio@ifes.edu.br

Recebido em: 14/11/2018

Aceito em: 14/03/2019

RESUMO

O processo de desertificação é caracterizado pela influência do clima, que em regiões secas (áridas e semiáridas) é o fator preponderante de fragilidade do ambiente, que provoca déficits sociais e econômicos, que por sua vez retroalimentam o processo por meio da pressão da população sobre o meio ambiente. O índice de vulnerabilidade socioambiental à desertificação (IVSD) foi desenvolvido em um sistema de informações geográficas utilizando dados ambientais e socioeconômicos, tais como taxa de analfabetismo, crescimento populacional, produto interno bruto, rendimento médio da população, precipitação, evapotranspiração, temperatura da superfície, índice de aridez e monitoramento da qualidade da água. No desenvolvimento do IVSD foi realizada uma análise estatística dos dados preparados e calculados. Essa análise consistiu na eliminação dos valores de pico e na divisão de três classes por percentis (classes de vulnerabilidade alta, média e baixa), com percentis de 0 a 33,33%; 33,33 a 66,66%; e 66,66 a 100%, respectivamente. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver e avaliar um índice para determinação da vulnerabilidade socioambiental à desertificação no estado do Espírito Santo, visando identificar as regiões mais vulneráveis a esse processo. O IVSD evidenciou uma área localizada no norte-noroeste, que já é considerada oficialmente como uma área susceptível à desertificação, e uma área localizada no extremo sul, que embora possua as mesmas características, não é considerada oficialmente uma área susceptível à desertificação. O IVSD permitiu evidenciar a necessidade de implantação e de melhorias das políticas públicas para promover o avanço no desenvolvimento das regiões mais fragilizadas do Espírito Santo, visando torná-las menos vulneráveis aos processos de desertificação.

Palavras-chave: desertificação; áreas susceptíveis à desertificação; causas da desertificação.

ABSTRACT

The desertification process is characterized by the climate influence, that in dry regions (arid and semi-arid) is the preponderant factor of environmental fragility, which causes social and economic deficits, that turn back to feed the process through population pressure over the environment. The Socio-Environmental Vulnerability Index to Desertification (IVSD) was developed in a Geographic Information System using environmental and socioeconomic data as illiteracy rate, population growth, gross domestic product, average income of population, precipitation, evapotranspiration, surface temperature, aridity Index and water quality monitoring. A statistical analysis of the prepared and evaluated data was used in the development of IVSD. The analysis consisted of eliminating the peak values and dividing the values in three classes by percentiles (high, medium, and low vulnerability classes),

with the percentiles of 0–33.33%; 33.33–66.66%; and, 66.66–100%, respectively. The main objective of the study was to develop and analyze an index to determine the socio-environmental vulnerability to desertification in order to identify the most vulnerable regions to the desertification process in the state of Espírito Santo. The IVSD evidenced an area in the North-Northwest that was officially considered as a susceptible area to desertification, and an area on the South, that although having the same characteristics, isn't officially considered as a susceptible area to desertification. The IVSD permitted to highlight the need of implementing and improving public policies to promote progress in the development of the most fragile regions of Espírito Santo, to make them less vulnerable to desertification processes.

Keywords: desertification; desertification susceptible areas; desertification causes.

INTRODUÇÃO

A falta de planejamento no uso e ocupação do solo, a prática de atividades agropecuárias sem o uso de técnicas conservacionistas do solo e água, e a não observância e consideração da aptidão natural do meio ambiente têm levado muitas áreas rurais a sofrerem um processo de degradação dos solos e dos recursos hídricos. A degradação desse capital natural tem como consequência a perda da fertilidade dos solos, apresentando como consequências a dificuldade para fixação das vegetações, intensos processos erosivos, assoreamento de corpos d'água e decréscimo da disponibilidade de água no solo. Esses fatores, alinhados às alterações climáticas tais como falta de chuva, redução da umidade do ar e aumento da incidência solar, têm contribuído para a intensificação dos processos de desertificação (KASSAS, 1995; D'ODORICO *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2015).

Os processos de desertificação nos espaços semiáridos brasileiros começaram a ser formalmente identificados nos anos 1970 (BRASIL, 2005), sendo o semiárido brasileiro configurado como “um deserto atípico, diferenciado do típico deserto saariano pela incidência de precipitações e natureza do solo, mas com as mesmas implicações de inabitabilidade das terras”, segundo Vasconcelos Sobrinho (1974 *apud* BRASIL, 2005).

Na América Latina, mais de 516 milhões de hectares são afetados pela desertificação. Como resultado desse processo, perdem-se 24 bilhões de toneladas por ano da camada arável do solo, o que afeta significativa-

mente a produção agrícola e o desenvolvimento econômico (FAO, 1998).

Alguns sistemas têm sido desenvolvidos para avaliar a vulnerabilidade à desertificação de algumas regiões no planeta, tais como o *Environmental Sensitive Area*, que monitora a região mediterrânea utilizando quatro indicadores ambientais (clima, solo, vegetação e tipo de ocupação do solo) (FERRARA *et al.*, 2012). O índice de risco à desertificação desenvolvido para a região de Gansu, China, consiste em uma técnica de modelagem estatística que utilizou 20 fatores socioeconômicos visando explorar a variabilidade temporal e espacial da desertificação (DANFENG; DAWSON; BAOGUO, 2006). Feoli *et al.* (2003) desenvolveram um índice de risco à desertificação com bons resultados utilizando imagens de satélite com índice de vegetação, índice de aridez e parâmetros ecofisiológicos da região. Dharumarajan *et al.* (2018), utilizando dados de clima, uso do solo, solos e dados socioeconômicos, criaram um índice de vulnerabilidade à desertificação para uma região da Índia utilizando um modelo de análise multivariada com resultados bem satisfatórios. Um estudo no Brasil, em Ouricuri, Pernambuco, desenvolvido para a identificação dos processos de desertificação a partir da modelagem de séries temporais de imagens de satélite Landsat (TM), usando índice de vegetação e um método de estimação de tendência de séries temporais, apresentou-se viável para a região estudada (SOUSA *et al.*, 2013).

O estado do Espírito Santo sofreu nas últimas décadas um processo acelerado de desmatamento, restando

atualmente apenas 12% de remanescentes da mata atlântica, que se encontram dispersos em pequenos fragmentos florestais (FSOSMA & INPE, 2011).

Ainda, conforme dados apresentados pela Cedagro (2012) para o ano base de 2010, 8,54% das terras do estado estão degradadas, sendo que desses, 16,65% correspondem ao percentual de áreas agrícolas degradadas. Essas áreas tornaram-se degradadas principalmente devido às atividades de cultura do café e pastagens, tanto na fase do desmatamento para a sua implantação como também no manejo inadequado.

Em 1997 o Brasil tornou-se signatário da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNC-CD), que considera desertificação como a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, em resposta às variações climáticas e às atividades antrópicas, principalmente as relacionadas com o uso inadequado dos recursos naturais (solo, vegetação e água) (BRASIL, 2007; 2011). A metodologia estabelecida pela UNCCD para a delimitação dessas áreas foi o índice de aridez (IA) definido por Thornthwaite (1941), o qual é calculado pela razão entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (EP) (Equação 1). A UNCCD considera como zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, todas as áreas, com exceção das polares e das subpolares, com índice de aridez entre 0,05 e 0,65.

$$IA = \frac{P}{EP} \quad (1)$$

As áreas secas ($0,05 < IA < 0,65$) atualmente cobrem 41% da superfície do planeta e são habitadas por 35%

da população global. Essas áreas possuem uma população de mais de dois bilhões de habitantes, com 90% dessa população vivendo em países em desenvolvimento. Algumas dessas regiões estão sob insegurança alimentar e apresentam baixa qualidade de vida, estando propensas a uma desertificação acelerada (D'ODORICO *et al.*, 2013).

Ainda, a susceptibilidade à desertificação de uma determinada área pode variar de “muito alta” a “moderada”, conforme variação do IA de 0,20 a 0,65, respectivamente. Quanto mais seca a localidade e maior for a demanda descontrolada por recursos naturais, maior será a sua susceptibilidade à desertificação. O IA classifica o clima de uma região conforme a Tabela 1.

Atendendo ao compromisso básico dos países signatários da UNCCD, em 2004 o Brasil elaborou o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil). O PAN-Brasil é um instrumento norteador para a implantação de ações de controle e combate à desertificação que atua prioritariamente em áreas que estão sujeitas a processos de desertificação, denominadas áreas susceptíveis à desertificação (ASD).

Especificamente no Brasil, as ASD correspondem a áreas de climas subúmido seco, semiárido e áreas do entorno (áreas no entorno das áreas semiáridas e subúmidas secas). Essas regiões ocupam cerca 1.340.000 km² e afetam aproximadamente 30 milhões de pessoas. Aproximadamente 15% dessas áreas já se encontram em processo grave e muito grave de desertificação, estando situadas no nordeste e sudeste do país (BRASIL, 2007).

Tabela 1 – Classificação climática conforme o índice de aridez.

Classe	Valor do índice
Hiper árido	< 0,03
Árido	0,03–0,2
Semiárido	0,21–0,5
Subúmido e seco	0,51–0,65
Subúmido e úmido	> 0,65

Fonte: Brasil (1997).

Historicamente, essas áreas, geralmente pertencentes a um ecossistema mais sensível, como é o caso da Caatinga, têm sofrido um desgaste excessivo e desenfreado dos recursos naturais, particularmente da vegetação nativa, que tem provocado uma série de problemas ambientais, destacando-se:

- as queimadas; o excesso de pastoreio e extrativismo;
- os processos erosivos, principais protagonistas no desencadeamento da desertificação, principalmente quando associados a um déficit hídrico (TRAVASSOS & SOUZA, 2011; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

As ASD no Brasil ocupam áreas dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Maranhão e Espírito Santo. No estado do Espírito Santo, 24 municípios situados ao norte e a noroeste do estado são considerados como ASD. Essas áreas possuem extensão de 16.680 km², representando 36% do território estadual (BRASIL, 2005).

Os impactos ambientais provocados pelas secas influenciam diretamente a sociedade e sua economia. As secas reduzem as atividades geradoras de riquezas, diminuindo o poder de compra da população envolvida e proporcionando um baixo nível de desenvolvimento dessas forças produtivas, levando essa população a um déficit social, cultural e de saúde. Toda essa problemática apresentada contribui também para a continuidade da degradação ambiental e, conseqüentemente, dos processos de desertificação (CARVALHO & EGLER, 2002).

Pedroso e Lima (2012), em análise realizada no núcleo de desertificação de Gilbués, no Piauí, observaram que o analfabetismo, a fome e a falta de infraestrutura e de trabalho locais não podem ser justificados apenas pelo clima da região, mas derivam da postura da sociedade e do Estado diante dessa situação. Esses autores ainda recomendam uma atuação mais presente do Estado para mudar a conjuntura da região, observando-se a necessidade de desenvolvimento educacional e técnico dos agropecuaristas, além da importância de se ampliar as ações do Estado aos municípios do entorno.

Para avaliação da situação e do desempenho econômico de uma região, utiliza-se principalmente o produto

interno bruto (PIB), que infere sobre o montante de valorização econômica produzido pela agricultura, indústria e serviços. Porém, uma vez que o PIB não se traduz automaticamente em desenvolvimento humano, o mesmo apresenta-se limitado para avaliações sociais (BARBOSA *et al.*, 2015).

Mas nesse caso, para gerar um desenvolvimento econômico são necessários investimentos em educação para promoção de profissionais qualificados e tecnologia para aumentar a competitividade de um país no mercado internacional (BARBOSA *et al.*, 2015). Nesse sentido, um índice básico de educação, a taxa de alfabetização, mede o grau de instrução de uma amostra pela avaliação da capacidade das pessoas de 15 anos ou mais, que por própria declaração, afirmam saber ler e escrever um bilhete simples no seu idioma. Sendo assim, a taxa de analfabetismo representa o número de pessoas que declaram não saber ler ou escrever aceitavelmente (IBGE, 2015).

Cadaval (2010) buscou identificar, por meio de um estudo empírico, a relação entre a qualidade da educação e o PIB *per capita* brasileiro. Identificou que a educação brasileira apresentou avanços tanto no número de matrículas quanto na taxa de alfabetização, porém o país ainda convive com uma educação deficitária se comparada à de outros países com o mesmo perfil de desenvolvimento. O Brasil apresentou redução frequente na taxa de analfabetismo, tendo atingido 9,21% em 2007 (CADAVAL, 2010) e estando em torno de 8,65% em 2012 (IBGE, 2015). O Espírito Santo apresentava 93% da população alfabetizada em 2012 e a Região Sudeste apresentava em média 94,5% (IBGE, 2015).

Em complemento aos parâmetros já citados, temos também o rendimento médio mensal, que expressa a renda média mensal da população com mais de 15 anos de idade, e a taxa de crescimento populacional (IBGE, 2015).

Silva *et al.* (2014) utilizaram o índice de desenvolvimento humano (IDH) e o índice de pobreza humano municipal (IPHM) para descrever a situação socioeconômica da região do Cariri, na Paraíba. Nesse trabalho, observaram a importância desses índices para o aprofundamento do conhecimento sobre o processo de desertificação no Cariri, identificando a população absoluta como responsável pela pressão sobre os recursos naturais. Quanto ao IDH nas ASD, foi verificado que 99%

dos municípios encontram-se abaixo do valor nacional e que 96% apresentavam taxa de mortalidade infantil acima da média nacional em 2002 (BRASIL, 2005).

Em princípio, Sousa *et al.* (2008) buscaram avaliar a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental na região de desertificação do Cariris Velhos, na Paraíba. Para tanto, utilizou-se dados adquiridos por meio de questionários aplicados aos produtores rurais, posteriormente processados em *software* estatístico de vulnerabilidade. Como resultado, concluiu-se que as famílias dos municípios investigados estão altamente vulneráveis à ausência de desenvolvimento sustentável, alegando que a ausência de políticas públicas, agravos do clima com estiagens e a retirada das coberturas vegetais com posterior uso de técnicas não conservacionistas, diminuindo a fertilidade dos solos, como sendo os principais fatores e impactos.

Tavares (2014) também utilizou questionários para avaliação socioeconômica e ambiental, para um mesmo município que Sousa (2008), São João do Cariri, e atingiu 10% da população rural local, tendo avaliado fatores de vulnerabilidade social (demografia, participações sociais etc.), econômica (produção agropecuária etc.), tecnológica (tecnologias, máquinas etc.), e secas (manejo da caatinga, ocupação nas estiagens etc.). Entretanto, como resultado, o mesmo identificou vul-

nerabilidade social alta, associada à falta de estrutura no campo e de educação, mas vulnerabilidade moderada para os eixos tecnologias e secas, e baixo para a questão econômica.

Enquanto isso, Lima e Borges (2014) já buscaram uma espacialização de indicadores sociais envolvidos com o processo de desertificação em dois municípios, Pedro Alexandre e Uauá, na Bahia, tendo trabalhado com dados de renda *per capita*, taxa de alfabetização e densidade demográfica. Como resultado, constatou-se, partindo-se do princípio da já existente vulnerabilidade ambiental pelo clima, que ocorrem agravos de ordem social pelo mau uso dos recursos naturais, associados a problemas sociais e econômicos da região.

Silva (2011) concluiu que, nas regiões de desertificação, a pressão da população sobre os recursos naturais leva à degradação do ambiente que já é frágil, que por sua vez degradado retroalimenta o ciclo de pobreza e miséria na região, tornando-a cada vez mais vulnerável a uma degradação ambiental, econômica e social.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um índice acessível e aplicável para determinação da vulnerabilidade socioambiental à desertificação no estado do Espírito Santo, utilizando dados socioeconômicos e ambientais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: imagens do sensor MODIS contendo a temperatura da superfície terrestre, obtidos na Agência Espacial Americana (NASA); dados pluviométricos adquiridos no portal Hidroweb (2018), disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA); dados do índice de qualidade da água (IQA), adquiridos na Agência Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (AGERH); o mapa político do

estado, adquirido na plataforma online do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do estado do Espírito Santo (GEOBASES); os dados socioeconômicos municipais referentes ao produto interno bruto (PIB); taxa de alfabetização, crescimento populacional e rendimento médio da população, adquiridos na plataforma online de dados municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Método

Preparação e cálculos dos dados

Os valores de temperatura utilizados neste trabalho foram obtidos do sensor MODIS que está a bordo do satélite Terra. Os dados de temperatura da superfície terrestre referiram-se ao produto MOD11C3, que re-

presenta a média mensal da temperatura da superfície. Esses dados foram processados e mosaicados no *software* MRT (*MODIS Reprojection Tool*), desenvolvido pela NASA e disponibilizado para uso de forma gratuita.

Como existe uma diferença entre a temperatura da superfície terrestre (imagens MODIS LST) e as temperaturas medidas em estações climatológicas (essas estações registram a temperatura do ar acima da superfície), foi necessária a realização de um ajuste, conforme desenvolvido por Barreto Neto e Marchesi (2012), visto que a metodologia utilizada para o cálculo do IA utiliza dados de temperatura do ar e não da superfície do solo.

Com os dados de temperatura ajustados, a evapotranspiração foi calculada utilizando o método de Thornthwaite (1941), definido como padrão pela UNCCD e que utiliza a Equação 2.

$$EP = 16,2 \left(10 \times \frac{T}{I} \right)^a \quad (2)$$

Em que:

EP = a evapotranspiração potencial (mm/mês);

T = a temperatura média mensal ($^{\circ}C$);

I = o índice de calor anual, obtido pelo somatório dos 12 índices i (um para cada mês do ano), utilizando a Equação 3.

$$I = \sum i_j \quad (\text{com valores de "j" entre 1 e 12}) \quad (3)$$

Em que:

i_j = calculado pela Equação 4, com t_j sendo a temperatura mensal, e a definido pela Equação 5.

$$i_j = \left(\frac{t_j}{5} \right)^{1,514} \quad (4)$$

$$a = 675 (I \cdot 10^{-3})^3 - 77,1 (I \cdot 10^{-3})^2 + 1,792 (I \cdot 10^{-5}) + 0,49329 \quad (5)$$

Para o cálculo da evapotranspiração de cada mês, foi necessário gerar um mapa do índice de calor (I) e um mapa do parâmetro a para cada ano. Posteriormente foram gerados mapas anuais da evapotranspiração a partir das evapotranspirações mensais, que posteriormente resultaram em um mapa final gerado pela média da evapotranspiração dos 13 anos em análise.

Em seguida, as informações de precipitação foram adquiridas da base nacional de estações pluviométricas e passaram por uma avaliação, em planilha eletrônica, para identificação de falhas nos dados, ou seja, ausências de medições. Para ajuste das planilhas, com o preenchimento das falhas, utilizou-se o método da ponderação regional, definido por Tucci (2015). Na sequência, os dados foram interpolados pelo método de interpolação inverso do quadrado da distância, pelo fato desse método apresentar menor erro médio quadrático para dados de precipitação (MAGALHÃES *et al.*, 2013), gerando assim mapas de pluviosidade espacial.

Com a obtenção dos mapas de pluviosidade e evapotranspiração para um mesmo período de análise, realizou-se o cálculo do IA do estado do Espírito Santo, conforme metodologia adotada pela UNCCD, expressa na Equação 1.

Os pontos de monitoramento do IQA do programa de monitoramento das águas superficiais da AGERH (2015) foram espacializados no mapa de divisão política visando identificar os municípios que contêm pontos de análise de qualidade da água e os que não contêm.

A taxa de crescimento populacional, que infere sobre a média percentual de incremento da população, foi avaliada pelo método da taxa média geométrica de crescimento, que é calculada para duas populações conhecidas de tempos determinados, conforme Equação 6 (IBGE, 2015). Nesta pesquisa, os tempos determinados referiram-se aos períodos de censo demográfico de 2000 e de 2010.

$$i = \sqrt[n]{\frac{P(t+n)}{P(t)}} - 1 \quad (6)$$

$P(t)$ = população num tempo inicial;

$P(t+n)$ = população no tempo final;

n = número de anos de diferença entre o ano inicial (t) e final ($t+n$), resultando na taxa de crescimento geométrico (i) em percentual.

Os demais dados de PIB, analfabetismo e rendimento médio foram obtidos do censo demográfico nacional, realizado em 2010, e foram organizados em planilhas e lançados em ambiente do Sistema de Informações Geográficas (SIG), expressando um valor a cada município.

Desenvolvimento do índice de vulnerabilidade socioambiental à desertificação

O desenvolvimento do índice de vulnerabilidade socioambiental à desertificação (IVSD) iniciou-se com a análise estatística dos dados preparados e calculados. Essa análise consistiu na eliminação dos valores de pico (*outlier*) e na divisão de classes por percentis. Os dados utilizados nesta pesquisa foram divididos em três classes: de alta, média e baixa vulnerabilidade, formadas pelos percentis de 0 a 33,33%; 33,33 a 66,66%; e 66,66 a 100%, respectivamente, do valor da amplitude amostral de cada parâmetro sem seus respectivos valores de pico (*outliers*). Uma reclassificação em ambiente SIG categorizou as classes em 1, 2 e 3, conforme a Tabela 2, representando a valoração do índice para cada classe de cada parâmetro.

Essa reclassificação foi realizada como artifício para permitir uma álgebra entre os oito mapas (um para cada parâmetro) utilizados. Os oito mapas foram somados, obtendo um mapa final com categorias variando de 8 a 24. Na sequência, esse mapa final foi classificado em três classes de 0 a 33,33% (classe baixa); 33,33 a 66,66% (classe média); e 66,66 a 100% (classe alta), referentes à amplitude total dos valores do índice de vulnerabilidade socioambiental.

Para a análise de comparação final optou-se, nesta pesquisa, por dividir os municípios em duas classes:

- municípios pertencentes às ASD (24 municípios);
- municípios não pertencentes às ASD (54 municípios), denominados de NASD.

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Interpretação dos resultados dos dados preliminares

No mapa da precipitação (Figura 1A), observa-se que os municípios com as menores precipitações estão lo-

calizados no norte e noroeste do estado, justamente na área de limite das ASD onde as precipitações são infe-

Tabela 2 – Classes dos parâmetros analisados para composição do índice de vulnerabilidade socioambiental à desertificação.

Mapa	Parâmetro	Definição das classes		
		Alta vulnerabilidade (classe 3)	Média vulnerabilidade (classe 2)	Baixa vulnerabilidade (classe 1)
E	Precipitação (P) (mm)	$P < 1.255$	$1.255 < P < 1.440$	$P > 1.440$
F	Evapotranspiração (Evp) (mm)	$Evp > 1.200$	$1.000 < Evp < 1.200$	$Evp < 1.000$
H	Índice de aridez (IA)	$IA < 1,15$	$1,15 < IA < 1,5$	$IA > 1,5$
B	Taxa de analfabetismo (TA) (%)	$TA > 14,75$	$11 < TA < 14,75$	$TA < 11$
D	Rendimento médio (Rm) (R\$)	$Rm < R\$ 1.675$	$R\$ 1.675 < Rm < R\$ 2.080$	$Rm > R\$ 2.080$
A	Produto interno bruto (PIB) (R\$)	$PIB < R\$ 990.000$	$R\$ 990.000 < PIB < R\$ 1.920.000$	$PIB > R\$ 1.920.000$
C	Crescimento populacional (CP) (%)	$CP < 0,55$	$0,55 < CP < 1,45$	$CP > 1,45$
G	Pontos de índice de qualidade da água	Não Possui	Possui	
	IVSD	$I \geq 17$	$13 \leq I \leq 16$	$I \leq 12$

riores a 1.000 mm de média anual. As maiores precipitações ocorrem ao sul e a leste do estado, embora se tenham detectado, no sul do estado, dois municípios com taxas de precipitação semelhantes às encontradas nas ASD.

No mapa de evapotranspiração média (Figura 1B), observa-se que as maiores taxas de evapotranspiração estão localizadas ao norte e a noroeste nos limites das ASD e no seu entorno, apresentando valores maiores que 1.500 mm. Analisando a porção sul do estado, observam-se também alguns municípios com altas taxas de evapotranspiração, similares às encontradas nas ASD.

Os dados socioeconômicos apresentaram características distintas. O PIB, apresentado na Figura 2A, evidenciou a disparidade de produção econômica entre a região litorânea e o interior do estado por conta da

presença da atividade industrial mais intensa no litoral. No entanto, a taxa de analfabetismo evidenciou o déficit educacional existente nas ASD, indicando que estão no noroeste do estado as maiores vulnerabilidades existentes referentes a essa situação, conforme a Figura 2B.

O crescimento populacional, apresentado na Figura 2C, mostrou-se predominante nas regiões litorâneas, porém adentrando o interior do estado por eixos norte, centro e sul, mas se apresentou baixo para grande parte das ASD. Também na região litorânea, o rendimento médio da população (Figura 2D) apresentou valores maiores (vulnerabilidade baixa), diferente da área central do estado.

Os mapas contendo as classificações dos municípios quanto aos valores de precipitação e da evapotranspiração encontram-se nas Figuras 2E e 2F, respectivamente,

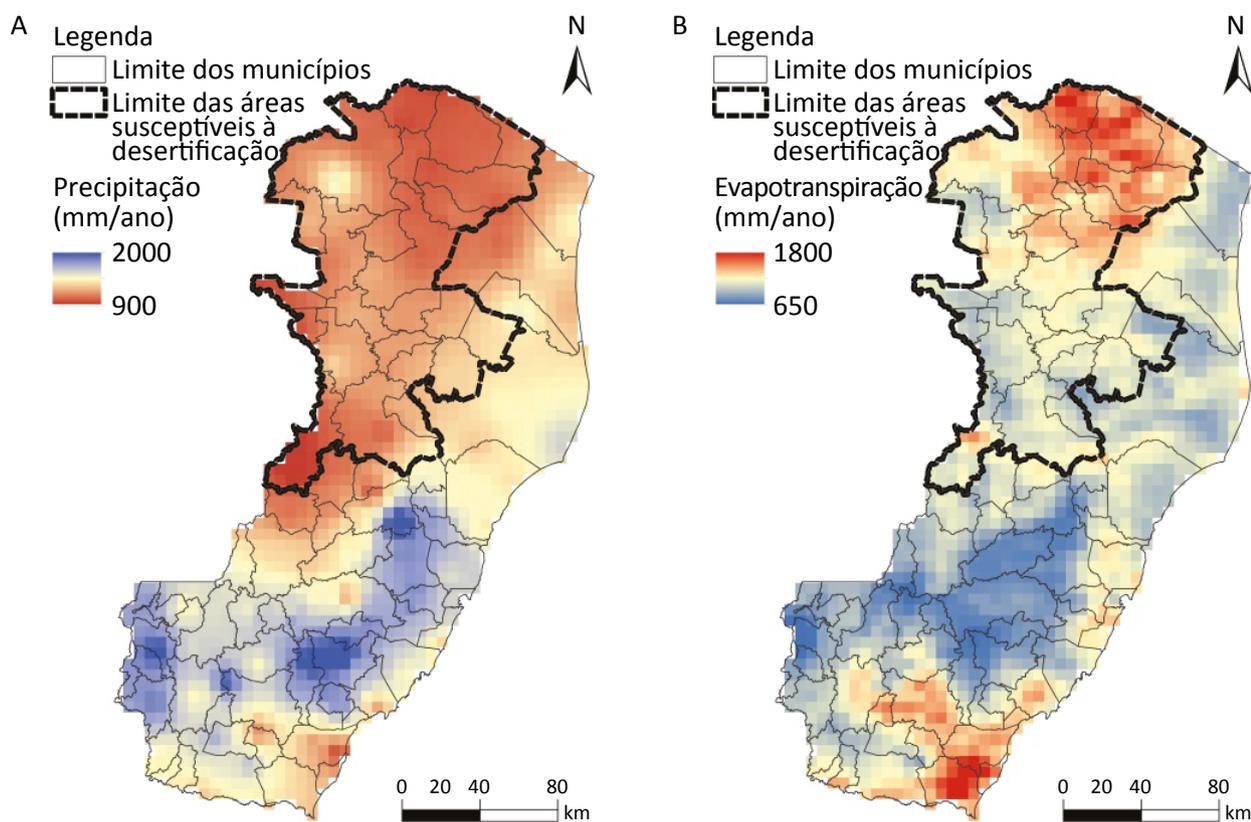


Figura 1 – Mapas de precipitação (A) e evapotranspiração média (B) em mm/ano entre 2001 e 2013 para o estado do Espírito Santo.

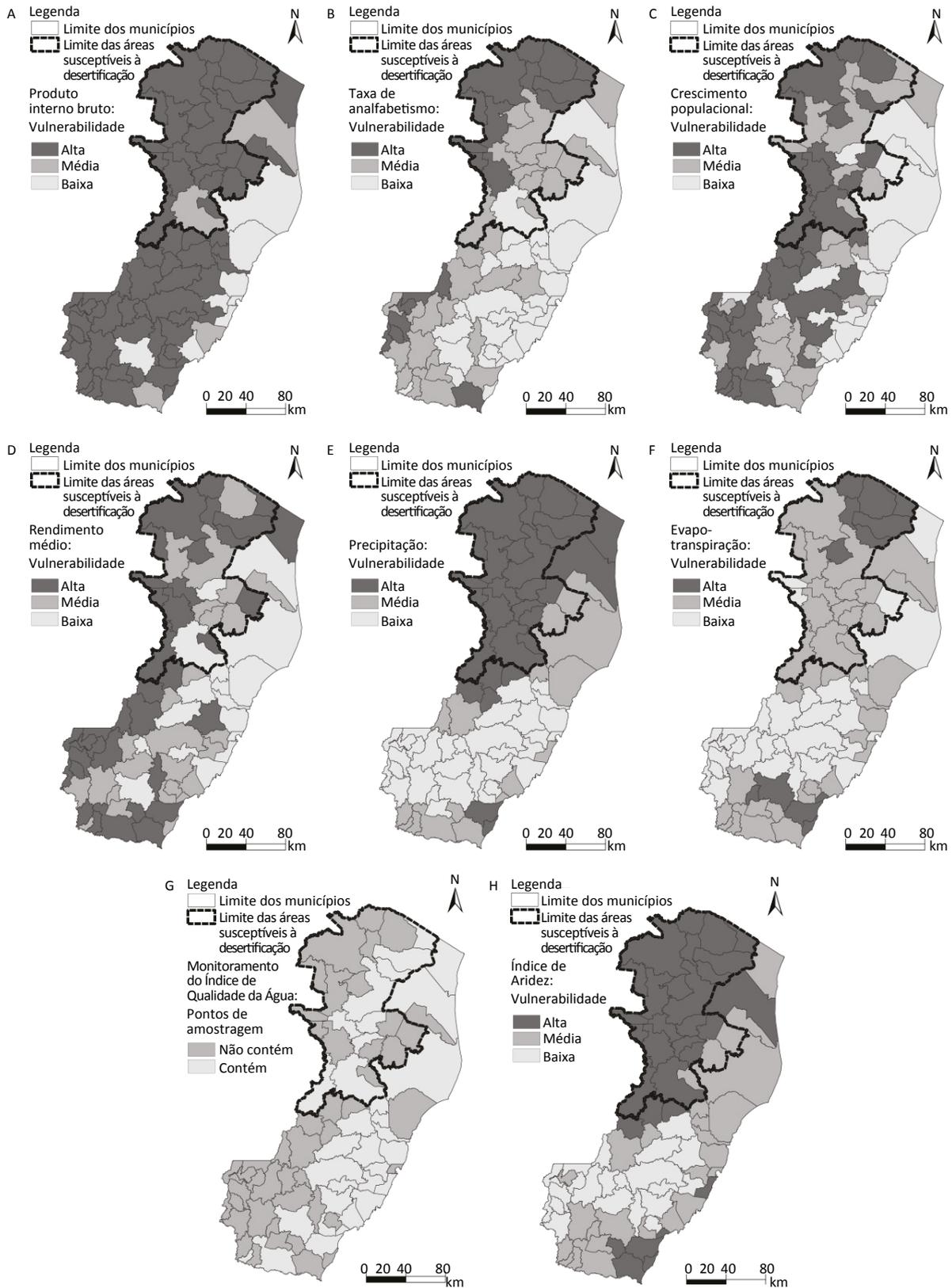


Figura 2 – Mapas da vulnerabilidade dos parâmetros de análise: (A) produto interno bruto; (B) analfabetismo; (C) crescimento populacional; (D) rendimento médio; (E) precipitação; (F) evapotranspiração; (G) índice de qualidade da água; (H) índice de aridez.

onde se observa uma maior concentração da vulnerabilidade alta na região noroeste.

Referente ao monitoramento da qualidade das águas superficiais, um número significativo de municípios pertencentes às ASD não possui pontos monitorados pelo órgão ambiental estadual para o cálculo do IQA (Figura 2G). Considerando que as ASD representam 36% da área do estado, os números de pontos monitorados nessas áreas apresentaram-se insuficientes. Essa ausência também pode ser observada em municípios no sul e sudoeste do estado.

O mapa do IA calculado para o estado do Espírito Santo apresentou apenas o clima subúmido úmido ($IA > 0,65$). Entretanto, considerando os valores do IA encontrados, os valores mais próximos a 0,65 (categoria alta) foram registrados nas ASD, no seu entorno e em uma porção ao sul do estado, enquanto os valores mais superiores a 0,65 (categoria médio e baixa) se lo-

calizaram no restante do estado. O mapa do IA encontra-se classificado na Figura 2H.

Aplicação do índice de vulnerabilidade a desertificação no estado do Espírito Santo

A álgebra realizada entre os oito mapas que representaram os dados preliminares para o desenvolvimento do IVSD (Figura 2) permitiu a criação de um mapa final com três classes (baixa, média e alta), representando os valores do índice de vulnerabilidade socioambiental para cada município do estado, conforme apresentado na Figura 3.

O IVSD indica, por fim, os municípios com as menores, as médias e as altas taxas de vulnerabilidade a processos de desertificação, considerando os diversos fatores elencados de representação desse fenômeno, as características ambientais e socioeconômicas das regiões.

Analisando a Figura 3, observa-se que foram identificados pelo IVSD muitos municípios com alta e média

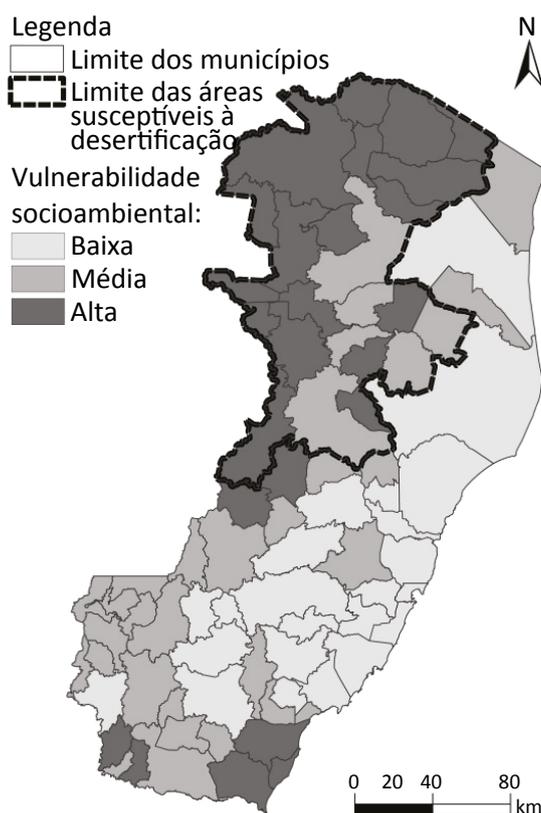


Figura 3 – Mapa do índice de vulnerabilidade socioambiental à desertificação para o estado do Espírito Santo.

vulnerabilidade à desertificação localizados principalmente ao norte e a noroeste do estado. Essas áreas identificadas pelo IVSD coincidem com a delimitação oficial das ASD para o estado do Espírito Santo, validando dessa forma o índice desenvolvido nesta pesquisa.

O IVSD também identificou, ao sul do estado, quatro municípios com alta vulnerabilidade à desertificação,

bem como outros municípios com média vulnerabilidade. Embora não sejam considerados oficialmente ASD do estado, os dados indicam que na prática essas áreas têm sofrido com um déficit hídrico ao longo dos anos. Vale salientar que as autoridades ambientais do estado já apresentaram manifestação ao governo federal para a inclusão dessas áreas como ASD.

CONCLUSÃO

Referente aos dados preliminares, o uso das imagens do sensor MODIS apresentou-se viável para o monitoramento do IA, tanto pela aquisição gratuita, periodicidade do tempo da pesquisa, abrangência e qualidade das informações.

O IVSD desenvolvido com os dados ambientais e socioeconômicos permitiu a identificação de áreas com maior vulnerabilidade à desertificação no Espírito Santo. A área localizada no norte e noroeste já é considerada oficialmente como uma ASD, entretanto a área localizada no extremo sul, embora possua as mesmas características, não é considerada oficialmente como ASD, o que a deixa mais vulnerável em razão da falta

de políticas públicas já existentes nacionalmente para as ASD oficiais.

A acessibilidade de aquisição dos dados base, juntamente com o uso de tecnologias básicas como os sistemas de informações geográficas, permite o uso do IVSD por outras regiões, a partir de adaptações e incrementos regionais.

O IVSD permitiu evidenciar a necessidade de implantação e de melhorias das políticas públicas socioambientais para promover o avanço no desenvolvimento das regiões mais fragilizadas do Espírito Santo, tornando-as menos vulneráveis ao processo de desertificação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (AGERH). *Diretoria de Planejamento e Gestão Hídrica*. Vitória: AGERH, 2015.

BARBOSA, M. S. M.; LIMA, K. dos S. C.; FRIEDE, R. R.; MIRANDA, M. G. de. A relação entre pobreza e degradação ambiental no Brasil sob a ótica dos indicadores PIB/IDH. *Semioses*, v. 9, n. 1, p. 17-35, 2015. <http://dx.doi.org/10.15202/1981996X.2015v9n1p17>

BARRETO NETO, A. A.; MARCHESI, A. F. Application of MODIS LST Data for Calculation of Evapotranspiration in the State of Espírito Santo, Brazil. In: EARSEL SYMPOSIUM, 32., 2012. *Anais eletrônicos* Grécia: European Association of Remote Sensing Laboratories, 2012. p. 325-332. Disponível em: <http://www.earsel.org/symposia/2012-symposium-Mykonos/Proceedings/11-01_EARSEL-Symposium-2012.pdf>. Acesso em: 1º abr. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). *Resolução CONAMA nº 238, de 22 de dezembro de 1997*. Dispõe sobre a aprovação da Política Nacional de Controle da Desertificação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Disponível em: <<https://portal.inpa.gov.br/images/acervo-livros/Desertifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20no%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2019

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Atlas das áreas susceptíveis a desertificação do Brasil*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 134 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil)*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 213 p.

CADAVAL, A. F. *Qualidade da educação fundamental e sua relação com o crescimento econômico*. 213 f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CARVALHO, O. de; EGLER, C. A. G. *Alternativas de desenvolvimento para o Nordeste semi-árido: relatório final*. Fortaleza: Ministério da Fazenda, Banco do Nordeste do Brasil, 2002.

CENTRO DO DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO (CEDAGRO). *Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo*. Vitória: CEDAGRO, 2012. Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/artigos/A_Areas_Degradadas_Doc_Completo.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2018.

DANFENG, S.; DAWSON, R.; BAOGUO, L. Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China. *Journal of Environmental Management*, v. 79, n. 4, p. 348-356, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.004>

DHARUMARAJAN, S.; BISHOP, T. F. A.; HEGDE, R.; SINGH, S. K. Desertification vulnerability index – an effective approach to assess desertification processes: A case study in Anantapur District, Andhra Pradesh, India. *Land Degradation & Development*, v. 29, n. 1, p. 150-161, 2018. <https://doi.org/10.1002/ldr.2850>

D'ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K. F.; RAVI, S.; RUNYAN, C. W. Global desertification: drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, v. 51, p. 326-344, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>

FERRARA, A.; SALVATI, L.; SATERIANO, A.; NOLÈ, A. Performance evaluation and cost assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Ecological Indicators*, v. 23, p. 123-129, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.015>

FEOLI, E.; GIACOMICH, P.; MIGNOZZI, K.; OZTÜRK, M.; SCIMONE, M. Monitoring Desertification risk with an index integrating climatic and remotely-sensed data: an example from the coastal area of Turkey. *Management of Environmental Quality*, v. 14, n. 1, p. 10-21, 2003. <https://doi.org/10.1108/14777830310460351>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *A new framework for: conservation-effective land management and desertification control in Latin America and the Caribbean*. Roma: FAO, 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/W9298E/W9298E00.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

FUNDAÇÃO S.O.S. MATA ATLÂNTICA (FSOSMA); INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Atlas das Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período de 2008-2010*. São Paulo: INPE, 2011. Disponível em: <<http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/atlasrelatoriofinal.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

HIDROWEB. *Sistema de Informações Hidrológicas*. Hidroweb. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 9 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352 p.

KASSAS, M. Desertification: a general review. *Journal of Arid Environments*, v. 30, n. 2, p. 115-128, 1995. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(05\)80063-1](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(05)80063-1)

LIMA, E. de J. S.; BORGES, E. F. Espacialização de indicadores sociais e sua associação com o processo de desertificação no polo de Jeremoabo-BA. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 2014. *Anais...* Aracaju: Rede Sergipe de Geotecnologias (RESGEO), 2014.

MAGALHÃES, I. A. L.; ALMEIDA, K. L. de; THIAGO, C. R. L.; GARDIMAN JUNIOR, B. S.; ZANETTI, S. S.; CECILIO, R. A. Análise de métodos de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na região Norte do estado do Espírito Santo. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16., 2013. *Anais...* Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013.

PEDROSO, C.; LIMA, M. A. A. de. Perspectivas de redução da vulnerabilidade no núcleo de Gilbués, PI: ação governamental e sociedade civil. *In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE*, 6., 2012. *Anais...* Belém: Universidade Federal do Pará, 2012. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT11-774-488-20120806171426.pdf>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

SILVA, T. B. Análise integrada de indicadores socioeconômicos e socioambientais na avaliação do processo de desertificação na região nordeste do estado da Bahia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 15., 2011, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, 2011. p. 9252-9260.

SILVA, V. dos S. *Os aspectos socioeconômicos associados ao processo de desertificação na microrregião do Cariri PB*. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2014. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4816/1/PDF%20-%20Valdenize%20dos%20Santos%20Silva.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2018.

SOUSA, W. R. N.; COUTO, M. S.; CASTRO, A. F.; SILVA, M. P. S. Evaluation of desertification processes in Ouricuri-PE through trend estimates of times series. *IEEE Latin American Transactions*, v. 11, n. 1, p. 602-606, 2013. <https://doi.org/10.1109/TLA.2013.6502869>

SOUSA, R. F. de; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M. de; MENESES, L. F. de; GADELHA, A. G. Vulnerabilidades e impactos socioeconômicos e ambientais em municípios do Cariri paraibano. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 5, n. 3, p. 63-78, 2008.

SOUZA, B. I. F.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e Desertificação. *Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará*, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009>

TAVARES, V. C. *A desertificação em São João do Cariri (PB): uma análise de vulnerabilidades*. 109 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

THORNTHWAITE, C. W. *Atlas of climatic types in the United States*. Estados Unidos: Department of Agriculture, Forest Service, 1941. 250 p. n. 421.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. de. Solos e desertificação no sertão paraibano. *Cadernos do Logepa*, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2011.

TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS e ABRH, 2015. 943 p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. *O deserto brasileiro*. Recife: UFPE/Imprensa Universitária, 1974.

ZHANG, F.; TIYIP, T.; JOHNSON, V. C.; KUNG, H.; DING, J.; ZHOU, M.; FAN, Y.; KELIMU, A.; NURMUHAMMAT, I. Evaluation of land desertification from 1990 to 2010 and its causes in Ebinur Lake region, Xinjiang China. *Environmental Earth Sciences*, v. 73, n. 9, p. 5731-5745, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-014-3830-4>



CONTRATAÇÕES PÚBLICAS DO IFCE — CAMPUS IGUATU: ANÁLISE SOB A ÓPTICA DA SUSTENTABILIDADE

IFCE-CAMPUS IGUATU'S PUBLIC PROCUREMENTS: ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABILITY

Anna Ariane Araújo de Lavor 

Doutoranda na Universidade Vale do Taquari (UNIVATES) – Lajeado (RS), Brasil.

Luciana Turatti 

Professora do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS) e do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) na UNIVATES – Lajeado (RS), Brasil.

Endereço para correspondência:

Anna Ariane Araújo de Lavor –
Rua Carlos Colares, 8 – Esplanada –
CEP 63505-180 – Iguatu (CE), Brasil –
E-mail: annaariane@hotmail.com

Recebido em: 17/09/2018

Aceito em: 21/04/2019

RESUMO

Este artigo tem como escopo o estudo do processo de difusão das compras públicas sustentáveis no Brasil e, de forma mais específica, em uma instituição de caráter federal, tendo em vista que, na última década, a evolução normativa envolvendo tal tema tem considerado a possibilidade de estas não considerarem somente os aspectos econômicos quando da sua realização. A instituição escolhida foi o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará — *Campus* Iguatu. Foram analisados todos os seus processos de aquisição no exercício de 2015. O intuito da pesquisa foi analisar se a instituição adotou critérios de sustentabilidade, quando das compras públicas, quais critérios foram adotados e como ocorreu essa inserção. A pesquisa teve caráter descritivo e exploratório, e a abordagem foi qualitativa. Ao final, ficou demonstrado que o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará — *Campus* Iguatu, no ano analisado, possuiu percentuais acima da média nacional, quanto à adoção de critérios de sustentabilidade.

Palavras-chave: sustentabilidade; contratações públicas; desenvolvimento.

ABSTRACT

This article has as its scope the study of the sustainable public purchases' process of diffusion in Brazil; more specifically, in a federal institution, considering that in the last decade the normative evolution involving such subject has considered the possibility of these, not to consider only the economic aspects when they are carried out. The institution chosen was the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará — *Campus* Iguatu. All its acquisition processes were analyzed in the year of 2015. The purpose of the research was to analyze whether the institution adopted criteria of sustainability, when the public purchases occurred, which criteria were adopted and how this insertion occurred. The research was descriptive and exploratory, with a qualitative approach. In the end, it was demonstrated that the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará — *Campus* Iguatu had percentages above the national average regarding the adoption of sustainability criteria in the analyzed year.

Keywords: sustainability; public contracts; development.

INTRODUÇÃO

As contratações governamentais são regulamentadas pela Lei nº 8.666/93 (BRASIL, 1993), que estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços e aquisição de bens. O artigo 3º do dispositivo legal citado prevê, de forma expressa, que a negociação realizada deve garantir a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, assim como devem ser respeitados os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos.

Para corroborar com o propósito previsto na lei de licitações, no sentido de assegurar o desenvolvimento nacional sustentável, em 2012 foi aprovado o Decreto nº 7.746, que propôs a regulamentação das denominadas licitações sustentáveis, estabelecendo critérios, práticas e diretrizes para as contratações realizadas pela Administração Pública Federal (BRASIL, 2012). Assim, o presente artigo visou, por meio dos debates nele travados e dos resultados apresentados, disseminar a prática das contratações sustentáveis, bem como estimular os gestores e os planejadores das compras públicas para que estes tomem decisões direcionadas às ações sociais, econômicas e ambientais em prol do desenvolvimento sustentável. Para isso, apresenta os resultados de uma investigação empírica realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) — *Campus Iguatu*, onde foram analisados todos os procedimentos licitatórios do exercício de 2015, sob a óptica da sustentabilidade.

A instituição fica localizada na cidade de Iguatu, região centro-sul do Ceará. A entidade foi escolhida para a pesquisa pelo expressivo quantitativo orçamentário de R\$ 6.405.666,06 no exercício de 2015 (período utilizado na pesquisa), bem como pelo total de servidores (205 servidores: 115 técnicos administrativos, 77 professores efetivos, 10 professores substitutos e três temporários) e alunos (total de 973: 120 internos, 50 semi-internos e 803 externos) que precisam ser atendidos pelas contratações públicas realizadas. O trabalho realizado na instituição pesquisada se propôs a analisar em que medida esta adotou critérios de sustentabilidade quando das compras públicas realizadas ao longo do ano de 2015, quais critérios foram adotados e como ocorreu essa inserção.

Para dar consecução aos objetivos propostos, a pesquisa assumiu o caráter descritivo e exploratório. Quanto ao procedimento técnico, utilizou-se a abordagem qualitativa como forma de análise dos procedimentos de compras identificados no ano de análise. Os parâmetros e os critérios para a análise das contratações públicas foram retirados da legislação vigente, especialmente do Decreto nº 7.746/2012, que trata da sustentabilidade nas compras governamentais, bem como das dimensões de sustentabilidade (dimensões jurídico-política, ética, social, econômica, ambiental, cultural, distribuição territorial equilibrada, sustentabilidade do sistema internacional e liberdade de escolhas e oportunidades) adotadas por Sachs, Freitas e Veiga, que orientaram a construção do referencial teórico.

REFERENCIAL TEÓRICO

Sustentabilidade: um conceito multidisciplinar

A sustentabilidade pode ser entendida como a disponibilidade dos recursos existentes para toda a população e seus descendentes, ou seja, o desenvolvimento sustentável atende às necessidades socioeconômicas de uma população, sem, contudo, comprometer o atendimento das demandas das gerações futuras (ONU, 1987). O desenvolvimento sustentável não se limita somente à questão ambiental, pois a ideia de sustentabilidade também se refere a outros segmentos da sociedade, como economia, educação, cultura e qualidade de vida. Ou seja, o conceito utilizado no presente artigo defende

que existem várias dimensões que se completam para definir o desenvolvimento sustentável. Para isso, no decorrer deste trabalho, far-se-á uma análise das dimensões apresentadas por Veiga, Freitas e Sachs, cotejando-as com as contratações públicas e em sintonia com a legislação em vigor no âmbito das contratações públicas. Os autores José Eli da Veiga, Juarez Freitas e Ignacy Sachs foram escolhidos para fundamentar a pesquisa, por se colocarem como alguns dos principais autores a adotar uma abordagem multidimensional quando da significação do termo sustentabilidade.

Veiga (2006) destaca que não é possível auferir o desenvolvimento apenas a partir de índices, como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Estes são apenas um ponto de partida, pois o desenvolvimento é amplo e complexo e não poderia ser captado apenas por números, pois estes não seriam capazes de capturar ou representar fatores essenciais da vida das pessoas, tais como a capacidade de participar das decisões que lhe afetam. Em outra obra, o autor afirma que o desenvolvimento, dessa forma, seria a expansão das liberdades substantivas, ou seja, a liberdade real de empoderamento para suprir suas mais diversas necessidades e escolhas (VEIGA, 2008). Para ele, o desenvolvimento demanda a remoção das fontes de privações de liberdade preponderantes, tais como: “Pobreza e tirania, carência de oportunidades econômicas e destituição social sistemática, negligência dos serviços públicos e intolerância ou interferência dos Estados repressivos” (VEIGA, 2008, p. 34).

Veiga justifica essa visão ao afirmar:

O processo de desenvolvimento pode expandir as capacidades humanas, expandindo as escolhas que as pessoas têm para viver vidas plenas e criativas. E as pessoas são tanto beneficiárias desse desenvolvimento, como agentes do progresso e da mudança que provocam. Este processo deve beneficiar todos os indivíduos equitativamente e basear-se na participação de cada um deles (VEIGA, 2005, p. 249).

Assim, as políticas públicas devem estabelecer prioridades a fim de preservar e expandir as liberdades substantivas desfrutadas hoje, sem, contudo, comprometer a capacidade das futuras gerações usufruírem de liberdades semelhantes ou maiores. É a administração pública que deve assegurar que isso ocorra efetivamente, para que todos possam ter a garantia constitucional de equidade.

Um autor que apresenta as dimensões da sustentabilidade de forma bastante didática é Juarez Freitas. O autor entende que a sustentabilidade possui diversas dimensões: social, ética, jurídico-política, econômica e ambiental. Para Freitas (2012), o desenvolvimento segundo a dimensão social não pode ser excludente, injusto e discriminatório. Em tal dimensão estariam englobados os direitos fundamentais sociais, por exemplo, o direito a um ambiente de trabalho decente, salubre e livre de contaminações físicas ou psicológicas.

Ao tratar da dimensão ética, Freitas (2012) inicialmente apresenta um conceito para o termo *ética* informando que esta equivale a um conjunto de normas e valores dentro de uma sociedade. Como tal, é indispensável na construção do desenvolvimento justo. Assim, a sustentabilidade, na visão do autor, também impõe uma ética universal concretizável, a qual seria vital para defender a ideia de realocar os recursos públicos à universalização do desenvolvimento com bem-estar.

Já a dimensão jurídico-política, segundo Freitas (2012), apresenta-se no poder-dever do Estado de proteger a liberdade e o direito ao futuro de cada cidadão, o que encontra guarida na previsão constitucional dos direitos e dos deveres fundamentais. Para atingir tal finalidade, esse segmento do desenvolvimento sustentável garantiria o “direito à boa Administração Pública, com a indeclinável regulação das atividades essenciais e socialmente relevantes” (FREITAS, 2012, p. 70), e isso deve acontecer em todos os atos administrativos, inclusive nas contratações públicas.

Quando da apresentação da dimensão econômica, Freitas (2012) lembra que a economia engloba a produção e o consumo de bens/serviços, bem como a forma que eles serão distribuídos entre as pessoas, o que, contudo, pode ocorrer de forma excludente, desregulando o desenvolvimento. Dessa forma, defende que o aspecto econômico não pode ser separado da medição das consequências de longo prazo, ou seja, o consumo e a produção precisam passar por uma reestruturação visando à sustentabilidade.

Tratando da dimensão ambiental, o autor lembra que quando se fala em sustentabilidade não há como deixar de fora a responsabilidade humana sobre o meio ambiente, pois o comprometimento da biodiversidade causa severo empobrecimento da qualidade de vida, ou seja, “não pode haver qualidade de vida e longevidade em um ambiente degradado” (FREITAS, 2012, p. 65). Assim, é vedado ao governo se eximir de cuidar do meio ambiente em todos os seus atos administrativos, inclusive por meio das contratações públicas.

Outro autor que aborda diferentes dimensões dentro do contexto do desenvolvimento sustentável é Ignacy Sachs (2004). Para ele, embora o desenvolvimento não possa ocorrer sem crescimento, este tem valor apenas instrumental, sendo somente um dos aspectos indispensáveis. Sachs (2002) acrescenta a cultura, a distri-

buição territorial equilibrada e a sustentabilidade do sistema internacional como elementos necessários ao desenvolvimento sustentável. A cultura é um fenômeno social que corresponde a um componente indispensável na vida de cada indivíduo. Por isso, Sachs (2002) ressalta que a cultura tem papel de destaque no desenvolvimento humano, e, conseqüentemente, no desenvolvimento sustentável. Como exemplos da dimensão cultural do desenvolvimento, podemos citar o turismo sustentável, as indústrias culturais e criativas, a revitalização urbana baseada em seu patrimônio, entre outros.

Já a distribuição territorial equilibrada deve ser analisada por seu sentido econômico e social, a fim de evitar a crescente dinâmica de exclusão socioespacial, bem como obter uma divisão rural-urbana mais equilibrada e melhor distribuição das atividades econômicas. Portanto, é um elemento essencial para o desenvolvimento harmonioso e sustentável. A dimensão da sustentabilidade do sistema internacional, segundo Sachs (2002), é baseada na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional. Esses fatores englobam diversos elementos, tais como gestão do meio ambiente e dos recursos naturais, prevenção das mudanças climáticas globais, proteção da diversidade biológica e cultural, gestão do patrimônio mundial, entre outros.

Dentro das contratações públicas é possível adotar uma visão multidisciplinar da sustentabilidade, e isso ocorre em sintonia com o Decreto nº 7.746 de 2012, que regulamenta e estabelece critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento sustentável no âmbito das contratações realizadas pela Administração Pública Federal. O referido decreto não apresenta uma definição de sustentabilidade, abrindo espaço, dessa forma, para o emprego do conceito moldado pela visão multidisciplinar, que, por sinal, é considerado mais amplo e moderno, opção esta escolhida para o presente trabalho, em detrimento do tripé da sustentabilidade (*Triple BottomLine*).

Ante o exposto, observa-se que todas as dimensões (jurídico-política, ética, social, econômica, ambiental, cultural, distribuição territorial equilibrada, sustentabilidade do sistema internacional e liberdade de escolhas e oportunidades) do desenvolvimento sustentável defendidos por Veiga, Freitas e Sachs podem e devem ser inseridas nas características desejáveis e nas estruturas de abordagem das contratações públicas. Assim, as dimensões da sustentabilidade citadas serviram de guia para orientar a análise dos critérios ora existentes ou a serem propostos no que tange à realidade do IFCE — *Campus Iguatu*, Ceará.

CONTRATAÇÕES PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS

Silva *et al.* (2018) defendem que a contratação pública sustentável é entendida como o processo pelo qual organizações, a fim de satisfazer suas necessidades de bens, serviços e obras de construção, avaliam os custos reais de suas aquisições, buscando gerar benefícios não apenas para a administração pública, mas também para a sociedade e a economia, minimizando os danos ao meio ambiente. As contratações públicas sustentáveis estão recebendo uma crescente atenção como consequência de um aumento nos desafios para o desenvolvimento dos países. De acordo com Ross (2012), as contratações públicas representam aproximadamente 15% do produto interno bruto (PIB) nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e até 25–30% do PIB nos países em desenvolvimento, e os governos usam progressivamente esse poder de compra para influenciar os mercados para a inovação e a sustentabilidade. No Brasil, representam de 15 a 20% do PIB nacional (CADER DA SILVA; BARKI, 2012).

A Constituição Federal dispõe, em seu art. 37, XXI, que exceto em casos taxativamente previstos em lei, as compras públicas devem ser realizadas por meio de licitação (BRASIL, 1988). As contratações públicas são regulamentadas pela Lei nº 8.666/93, a qual impõe que deve ser garantida a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, assim como devem ser respeitados os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos. Meirelles, Azevedo e Aleixo Filho (2011) explicam que esse procedimento realizado pela administração pública deve selecionar a proposta mais vantajosa para cada serviço/compra, porém tal escolha, além de satisfazer a demanda, deve contribuir para o desenvolvimento sustentável e a consolidação de cadeias produtivas de bens e serviços.

Teixeira (2013) destaca que as contratações públicas não precisam visar apenas ao menor preço para suprir suas

necessidades imediatas: “Percebe-se, portanto, a possibilidade de utilização das contratações públicas para a obtenção de resultados paralelos que vão além do simples objetivo de suprimento do Estado e além do paradigma da eficiência estrita que se traduz em comprar mais, mais rápido e por um menor preço” (TEIXEIRA, 2013, p. 28).

Contudo, as contratações públicas não podem ser totalmente previstas em um pequeno rol taxativo. Segundo orientações previstas especialmente no Decreto nº 7.746/2012, para que os órgãos governamentais possam realizar contratações sustentáveis, é necessária a adoção de diversas medidas, tais como (BRASIL, 2012):

- a identificação dos bens, serviços e obras necessários pela instituição para analisar a viabilidade de adotar exigências de sustentabilidade nas licitações futuras, optando por produtos equivalentes que causem menor impacto ambiental;
- capacitação dos servidores responsáveis pelas contratações, bem como toda a equipe de apoio;
- análise do mercado, por meio da identificação e da avaliação de recursos materiais e humanos disponíveis, especialmente no mercado local, a fim de fomentar o crescimento da economia regional;
- utilização de tratamento favorecido, diferenciado e simplificado para as microempresas (ME) e as empresas de pequeno porte (EPP), os agricultores familiares, os produtores rurais, as pessoas físicas, os microempreendedores individuais (MEI) e as sociedades cooperativas de consumo, nos termos do Decreto nº 8.538/2015;
- verificação do grau de sustentabilidade dos produtos ou da condição de geração de menor impacto ambiental em relação aos seus similares, na certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Quando possível, que os bens sejam constituídos, no todo ou em parte, de material reciclado, atóxico, biodegradável, conforme normas brasileiras aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 15448-1 e 15448-2;
- exigência de observância da legislação trabalhista pelas empresas contratadas;
- observância do ciclo de vida dos produtos.

Além disso, conforme o artigo 2º e seguintes do Decreto nº 7.746/2012, a administração pública, ao adquirir bens e contratar serviços e obras, deve seguir de forma objetiva, delimitada e justificada os critérios de sustentabilidade definidos no instrumento convocatório. Tais regras devem ser dispostas no edital e contrato como uma especificação técnica do objeto ou como obrigação da contratada (BRASIL, 2012). Como se verifica, a norma concede uma abertura para que os órgãos públicos adotem critérios de sustentabilidade, não mais se limitando à busca pelo menor preço.

Segundo Garcia e Ribeiro (2012), existem quatro possíveis momentos viáveis para a delimitação da sustentabilidade nas contratações públicas: definição do objeto; fase de habilitação; julgamento das propostas; e obrigações do contratado. O primeiro momento em que será possível a inserção de critérios de sustentabilidade na contratação pública é em sua fase preparatória, mais precisamente na delimitação do objeto pretendido, contudo isso deverá ocorrer de forma técnica e fundamentada (GARCIA; RIBEIRO, 2012). Por exemplo, solicitando que o bem adquirido tenha certificação da qualidade do produto ou do processo de fabricação, sobre o aspecto ambiental. Outro momento possível para a adoção dos critérios de sustentabilidade ocorre quando do julgamento da proposta. Garcia e Ribeiro (2012) afirmam que é possível conferir preferência às propostas que produzam maiores benefícios ambientais, o que estimulará a busca pela excelência em sustentabilidade, desde que os critérios adotados sejam elencados de forma clara e objetiva, a fim de garantir a ampla concorrência e afastar o risco de privilégios ilícitos em favor de licitantes. Por último, pode-se admitir que no contrato esteja prevista a obrigação de que a empresa licitada atenda a exigências de sustentabilidade na execução do objeto contratado. Isso pode ser feito, por exemplo, ao se estipular uma cláusula que requisite à empresa contratada orientar e capacitar seus prestadores de serviços, fornecendo informações necessárias para sua perfeita execução, incluindo noções de responsabilidade socioambiental, ou ainda ao requerer a promoção da remoção de todo o entulho gerado na obra pública, dando a ela destinação adequada.

Cabe salientar que o artigo 2º, parágrafo único, do Decreto nº 7.746/2012, demonstrou a preocupação do legislador com a manutenção da competitividade do certame e com a prevenção de possíveis fraudes, ao determinar que a adoção de critérios e práticas de sustentabilidade

deverá ser objetivamente justificada nos autos (BRASIL, 2012). De acordo com Lavor e Turatti (2018), para que uma contratação pública seja sustentável é necessário que as instituições não analisem apenas o menor preço proposto, e sim que proposta seria capaz de produzir menores impactos ambientais ao mesmo tempo em que gera benefícios econômicos e sociais, porém sem perder a objetividade, a motivação, a eficácia, a eficiência, bem como os princípios da licitação.

Contudo, Biage e Calado (2015) destacam que a efetivação das contratações públicas sustentáveis

é recente e poucas são as pesquisas científicas sobre esse assunto, de forma que ainda é limitado o conhecimento científico sobre o processo de implementação, as dificuldades e as barreiras existentes. Gelderman, Semeijn e Vluggen (2017) também relatam que apenas um pequeno número de estudos investigou o papel do setor público no desenvolvimento de iniciativas de sustentabilidade. Dessa forma, analisar os procedimentos e os critérios utilizados nas contratações de uma instituição pública federal irá contribuir para ampliar o debate sobre esse contemporâneo tema.

PRINCIPAIS CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE UTILIZADOS NA ANÁLISE DOS DADOS

Todas as dimensões da sustentabilidade defendidas especialmente por Sachs, Freitas e Veiga podem ser utilizadas quando se analisa a sustentabilidade conforme as contratações públicas: dimensões jurídico-política, ética, social, econômica, ambiental, cultural, distribuição territorial equilibrada, sustentabilidade do sistema internacional e liberdade de escolhas e oportunidades. Tais dimensões serão explicadas no decorrer do referen-

cial teórico. Ocorre que, para a análise do objeto proposto neste artigo, não será utilizada a dimensão da sustentabilidade do sistema internacional, pois o IFCE — *Campus Iguatu* não realizou licitações internacionais durante o período de coleta dos dados para o presente trabalho. As demais dimensões serão utilizadas para avaliar os critérios de sustentabilidade das contratações da instituição, com destaque para os seguintes itens.

Dimensão social, econômica, de liberdade de escolhas e oportunidades

A seguir, são apresentados critérios licitatórios que potencialmente alcançam de forma simultânea as dimen-

sões: social, econômica e de liberdade de escolhas e oportunidades.

Benefícios para as microempresas e as empresas de pequeno porte

Uma forma eficaz de atender às dimensões social, econômica e de liberdade de escolhas e oportunidades é por meio da aplicação de benefícios para as ME e as EPP. O Brasil possui 10,3 milhões de ME e EPP, representado 52% dos empregos com carteira assinada e 40% dos salários pagos (BRASIL, 2015b). Tais empresas historicamente demonstram dificuldades para se manter no mercado e concorrer com as grandes empresas. Uma das formas de se aumentar a competitividade dessas empresas, bem como criar emprego e renda para uma parcela significativa da população, é garantir melhores condições para que as micro e pequenas empresas participem das contratações públicas. Para isso, existem várias ferramentas previstas na Lei Complementar nº 123/2006 (BRASIL, 2006) e no Decreto nº 8.538/2015, que possibilitam maiores oportunidades

para que as ME e as EPP participem de maior quantidade de compras governamentais:

- Licitação com participação exclusiva de ME/EPP: esse benefício está previsto no artigo 6º do Decreto 8.538/2015 e pode ser utilizado nas contratações de valores até R\$ 80 mil por item/grupo licitado (BRASIL, 2015b);
- Margem de preferência para ME/EPP: a margem de preferência, prevista no art. 44 da Lei Complementar nº 123/2006 (BRASIL, 2006) e no Decreto nº 8.538/2015 (BRASIL, 2015a), ocorre quando uma micro ou pequena empresa oferece uma proposta até 10% superior ao preço válido ofertado no certame. Nessa situação, ocorre o chamado empate ficto e, com isso, a micro e pequena em-

presa é chamada para manifestar se tem interesse em fazer uma oferta inferior àquela considerada vencedora da licitação;

- Prazo diferenciado para a comprovação da regularidade fiscal e trabalhista das ME/EPP: para as ME e as EPP, somente é exigida a comprovação no momento da assinatura do contrato, ou seja, não precisa comprovar esse requisito para participar do certame;
- Exigência de subcontratação de ME/EPP: nos instrumentos convocatórios, os órgãos podem exigir a subcontratação de ME e EPP. Contudo, deve haver um percentual mínimo a ser subcontratado e o percentual máximo admitido, sendo vedada a sub-rogação completa ou da parcela principal da contratação (BRASIL, 2015a);
- Cota para participação exclusiva de ME/EPP: se não houver prejuízo para o objeto licitado, os órgãos da administração pública devem, nas licitações para a aquisição de bens de natureza divisível, reservar cota de até 25% do objeto para a contratação de ME e EPP (BRASIL, 2015a).
- Prioridade para produtos nacionais: o artigo 9º, § II, g, prevê a possibilidade de priorizar a aquisição de produtos de origem nacional exclusivamente nos casos de propostas que se enquadrarem nas margens de preferência. Esse requisito tem grande importância, pois ajuda a fortalecer a indústria nacional e toda a cadeia produtiva envolvida;
- Tratamento diferenciado para agricultores, MEI, produtores rurais pessoa física e sociedades cooperativas de consumo: a legislação brasileira (Lei Complementar nº 123/2006, Decreto nº 8.538/2015, entre outros instrumentos normativos) admite tratamento diferenciado e simplificado para favorecer licitantes que não possuem grandes condições técnicas

e financeiras, tais como as ME, as EPP, o agricultor familiar, o produtor rural pessoa física, o MEI e as sociedades cooperativas de consumo. Esse favorecimento legal justifica-se pelo fato de tais categorias possuírem menores recursos técnicos, financeiros, necessitando de impulso para dar igualdade de condições para concorrer com as grandes empresas nos processos licitatórios. Tal atitude pode contribuir para o desenvolvimento econômico social e regional. Com base no Decreto nº 8.538/2015 (BRASIL, 2015a), as ME e as EPP locais também podem ter direito a uma nova margem de preferência em relação a outras sediadas fora da região, nos casos de licitação exclusiva, subcontratação e cota reservada. Além disso, com base no mesmo diploma legal, também pode ser estipulada margem de preferência de 10% para agricultores familiares e pequenos produtores rurais (pessoas físicas), da mesma forma que é concedido para as ME e as EPP no artigo 44, da Lei Complementar nº 123/2006. O decreto também prevê prazo diferenciado para a comprovação de regularidade fiscal, prevista no art. 42 da Lei Complementar nº 123/2006 para agricultores familiares, produtores rurais pessoa física, MEI e sociedades cooperativas de consumo;

- Margem de preferência para empresas que cumprem o sistema de reserva de vagas para pessoas com deficiência: em 2015, a Lei nº 8.666/93 foi alterada, acrescentado a possibilidade de se conceder, como critério de desempate, a margem de preferência para os fornecedores que comprovem cumprimento de reserva de cargos prevista em lei para pessoa com deficiência ou para reabilitado da Previdência Social, e que atendam às regras de acessibilidade previstas na legislação (BRASIL, 1993). Tal medida busca a inclusão social, a promoção da equidade, bem como o exercício de direitos das pessoas portadoras de deficiência.

Aquisição de produtos da agricultura familiar para alimentação escolar

A Lei nº 11.947/2009 determina que no mínimo 30% do valor repassado a estados, municípios e Distrito Federal para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) deve ser utilizado na compra de gêneros alimentícios oriundos da agricultura familiar (BRASIL, 2009). Tal medida tem como objetivo incentivar o desenvolvimento sustentável, pois estimula a aquisição de gêneros alimentícios diversificados, produzidos em

âmbito local, dando preferência para a agricultura familiar e para empreendedores familiares rurais, respeitando a cultura e os hábitos alimentares saudáveis, contribuindo para o bem-estar dos alunos e para o fortalecimento das cadeias produtivas da região. Embora a legislação não preveja percentuais para as instituições de ensino federais, estas podem também adotar esse relevante critério de sustentabilidade.

Uma forma de garantir a participação desses grupos nos processos de compras seria com a criação de um cadastro ou banco de dados local feito pela própria instituição, ou que poderia ser feito por meio do sistema de cadastramento de fornecedores (SICAF) do governo federal, a fim de catalogar e identificar possíveis fornecedores dessas categorias sediados na região, juntamente com suas linhas de fornecimento. Posteriormente, a instituição os notificaria sobre as licitações e buscaria facilitar a formação de parce-

rias ou subcontratações, de que tratam o art. 2º do Decreto nº 8.538/2015. Outra ação simples, mas que faria a diferença para maior participação dessas categorias nas contratações, seria publicar em jornais locais e divulgar em rádios comunitários da cidade os processos de compras vigentes na instituição, visto que esses grupos não costumam acompanhar o diário oficial e o site de compras do governo federal (Comprasnet).

Verificação se as empresas concorrentes ferem princípios constitucionais

A Lei nº 8.666/93 exige que as empresas participantes dos certames apresentem declaração de que não emprega menores de 18 anos em trabalho noturno, perigoso ou insalubre, bem como não tem trabalhadores menores de 16 anos, salvo na condição de aprendiz, a partir de 14 anos. Também é previsto a consulta às Certidões Negativas perante o

Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e a Justiça do Trabalho, que têm como finalidade ser instrumento concretizador de direitos fundamentais dos empregados das empresas fornecedoras, por ser um meio coercitivo indireto de execução das verbas trabalhistas.

Dimensão ética e jurídico-política

Transparência e ações de fiscalização

Gelderman, Semeijn e Vluggen (2017) defendem que transparência fornece a conexão ativa com as partes interessadas internas e externas para melhorar os processos, garantir a cooperação e incentivar uma base de fornecedores mais ampla para os contratos públicos, facilitando, conseqüentemente, a fiscali-

zação dos atos administrativos. Para isso, todos os contratos (independentemente da modalidade da contratação) precisam ser publicados no Diário Oficial da União. Legalmente, também é exigido que as licitações com valores acima de R\$ 650 mil sejam publicadas em jornais de grande circulação.

Dimensão cultural

A cultura é um fenômeno social que corresponde a um componente ativo na vida do ser humano e manifesta-se nos atos mais corriqueiros de sua conduta, portanto cada indivíduo é criador e propagador de cultura (MOREIRA; CANDAU, 2003). Reconhecendo essa função da cultura, a Rio+20 passou a incluir esse elemento nas discussões sobre desenvolvimento, conforme informações da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2017), que cita como exemplos o turismo sustentável, as indústrias culturais e criativas, a revitalização urbana baseada em seu patrimônio, entre outros.

Assim, em uma contratação pública, por exemplo, para atender essa dimensão da sustentabilidade, o órgão contratante pode adotar diversos critérios, entre eles:

- Em serviços de engenharia, construir obras que mantenham harmonia com a arquitetura local, respeitando assim a regionalidade cultural e social;
- Em contratações para merenda escolar, poderiam ser licitados itens da cultura local, como rapadura, galinha caipira, produtos tipicamente locais (no caso em questão, produtos nordestinos). Essa ação, por respeitar a identidade da região, atenderia a dimensão cultural, bem como a social e de distribuição territorial, visto que, em geral, quem produz tais itens são pequenos produtores e agricultores familiares;
- Nos serviços de contratação voltados para a urbanização de praças, ruas e órgãos públicos, o órgão licitante poderia exigir que fossem plantadas árvores nativas, como forma de observar as dimensões ambiental e cultural.

Dimensão econômica

A administração pública deve ser “preventiva, precavida e eficaz (não apenas eficiente)” (FREITAS, 2015, p. 120), e o governo pode regular o mercado, gerando uma economia sustentável utilizando as contratações públicas como uma ferramenta nesse sentido, por meio de diversas medidas, tais como: pesquisas de preço pré-licitatórias, cláusulas contratuais exigindo garantia de produtos e serviços, contratações compartilhadas, entre outras.

Uma ferramenta que começa a ser disseminada nas contratações públicas, que pode dar bons resultados para o desenvolvimento sustentável, são as contratações compartilhadas. Tais contratações são realizadas entre vários órgãos e permitem melhor planejamento das necessidades institucionais, bem como considerável redução de custos. Isso acontece, pois a venda de produtos em grande escala permite menores custos (para a administração pública e para empresa contratada), além da redução da burocracia

Dimensão ambiental

Diversas são as formas de atender à dimensão ambiental nos processos licitatórios, contudo, destacam-se: contratação de serviços de limpeza e conservação, nos termos do Decreto nº 5.940/2006; destinação adequada dos entulhos gerados em contratação de serviços de engenharia; preferência

Contratação de serviços de limpeza e conservação, nos termos do Decreto nº 5.940/2006

O Decreto nº 5.940/2006 instituiu a exigência da separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos públicos e impõe a sua destinação às associações e cooperativas formalizadas de catadores de materiais recicláveis. Essa iniciativa tem como objetivo fortalecer

Destinação adequada dos entulhos gerados em contratação de serviços de Engenharia

A Lei nº 12.305, de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos); a Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA); e a Instrução Normativa da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SLTI/MPOG) nº 1, de 19 de janeiro de

e dos esforços necessários ao procedimento licitatório, que será realizado apenas por um órgão, sendo que os demais órgãos participantes vão apenas aderir ao procedimento.

Um exemplo desse modelo foi adotado por órgãos assessorados pela Advocacia Geral da União (AGU), por meio de uma iniciativa inédita, que conseguiu uma economia de 3,7 milhões em uma única licitação para contratação conjunta de serviços de telefonia móvel para 24 órgãos federais (BRASIL, 2013). Cader (2014) enumera que as vantagens dessa modalidade de aquisição são: possibilidade de realizar um planejamento mais adequado e a longo prazo das compras, criação de minuta de editais padrões, contribuindo para disseminar critérios de sustentabilidade e melhoria nas especificações e padronização dos bens e serviços, menos burocracia e avaliação conjunta do ciclo de vida dos produtos.

por biocombustível; aquisição de madeira e outros produtos certificados, papel reciclado e produtos biodegradáveis; impedimento para a participação de fornecedores que estejam sob pena de interdição de direitos previstos na Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais).

as organizações de catadores de materiais recicláveis, promovendo a inclusão socioeconômica da categoria. Assim, cumprir esse dispositivo legal, além de contribuir para a dimensão ambiental, contribui para a dimensão social.

2010, delimitam o tipo de rejeito de construção civil e sua destinação mais adequada. Destaca-se que deve ser estipulado que a contratada não poderá dispor os resíduos em aterros de resíduos domiciliares, lixões, encostas, corpos d’água, lotes vagos e áreas protegidas por lei nem ainda em áreas não licenciadas.

Produtos certificados

Outra ferramenta interessante é a exigência de produtos certificados pelo INMETRO e que atendam às normas da ABNT. Além disso, os órgãos podem também exigir selos ou certificados ambientais, bem como certificação de economicidade. Por exemplo, nas licitações para aquisição de eletrodomésticos, os quais embora fossem de alto consumo e, muitas vezes, de uso contínuo, tais como ar condicionados, aspiradores de pó, geladeira, *freezer*, ventiladores e TVs, não contemplaram a exigência de nota mínima no Selo Procel de Economia de Energia. Esse selo constitui uma ferramenta simples e de importância para que o consumidor escolha eletrodomésticos com mais eficiência energética, dando nota de A (mais eficiente) até G (menos eficiente), bem como indicando o consumo de energia em kwh/mês.

Exigir produtos com melhores notas geraria economia de energia e ajudaria na preservação do meio ambiente, de forma prática e segura.

Também é importante incluir a exigência de madeira certificada, pois, além de seguir as leis aplicáveis, considera aspectos ambientais, sociais e econômicos na atividade florestal. Ou seja, a exploração e a extração de produtos da floresta, nestes casos, *a priori*, não são predatórias, uma vez que são observadas normas de segurança ocupacional na industrialização e existe o menor impacto ambiental, pois se conserva os recursos naturais ali existentes. Além disso, o custo atual de móveis que utilizam esse tipo de madeira fica em torno de apenas 5% a mais do que os de material não certificado (WWF, 2017).

Impedimento para a participação de fornecedores que estejam sob pena de interdição de direitos previstos na Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais)

De acordo com a Lei nº 9.605/1998, quando uma pessoa jurídica é punida em decorrência de crime ambiental, com penas de interdição temporária de direito, essa empresa fica proibida de “contratar com o Poder

Público, de receber incentivos fiscais ou quaisquer outros benefícios, bem como de participar de licitações, pelo prazo de cinco anos, no caso de crimes dolosos, e de três anos, no de crimes culposos” (BRASIL, 1998).

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Procedimentos e critérios utilizados nas contratações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará — *Campus Iguatu*

Após a análise dos principais documentos e referenciais teóricos acerca das contratações sustentáveis, passa-se a apresentar os resultados alcançados com a pesquisa a partir do cotejamento entre documentos, referencial teórico e os critérios adotados nas contratações públicas do IFCE — *Campus Iguatu*. Esses são fruto da análise documental realizada nos processos licitatórios identificados ao longo de 2015, onde buscou-se averiguar em que medida os critérios de sustentabilidade indicados pelos teóricos foram incorporados aos procedimentos.

No exercício de 2015, o IFCE — *Campus Iguatu* realizou 66 procedimentos de compras: 25 licitações (16 pregões eletrônicos e nove adesões a atas externas do Sistema de Registro de Preços — SRP), 33 dispensas e oito procedimentos de inexigibilidade. Dessas contratações, a maior parte (66%) corresponde a material destinado a suprir as demandas com gênero alimentício para os alunos, material de escritório e demais produtos para o cotidiano da instituição, enquanto o restante (40%) serviu para atender à demanda de serviços, como treinamentos.

No ano em análise, a instituição realizou apenas licitações na modalidade de pregão eletrônico e por meio de adesão a atas de registro de preço. O pregão foi instituído pela Lei nº 10.520/2002 e consiste em uma espécie de leilão, às avessas, onde basicamente ganha a empresa que ofertar o menor (melhor) valor para a contratação. O pregão pode ser realizado de forma presencial ou por meio da plataforma *web* do governo federal, denominada de Comprasnet, por meio do Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG). Os pregões eletrônicos podem ser realizados com ou sem adesão ao SRP (sistema responsável por gerir as compras compartilhadas das instituições federais). Podem ser adquiridos por meio de pregão, os bens e os serviços que possuem características simples e que possam ser objetivamente definidos no edital. As outras modalidades de contratações utilizadas pelo IFCE — *Campus Iguatu* foram as dispensas e as inexigibilidades de licitação.

Os critérios de sustentabilidade empregados nos processos licitatórios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará — *Campus Iguatu*

Essa verificação foi pautada em dimensões extraídas dos teóricos e dos documentos que apoiaram essa investigação, sendo elas: dimensão social, econômica, de

liberdade de escolhas e oportunidades; dimensão ética e jurídico-política; dimensão cultural; dimensão econômica; e dimensão ambiental.

Dimensão social, econômica, de liberdade de escolhas e oportunidades

Nesse item, estão descritos os critérios adotados pelo IFCE — *Campus Iguatu*, bem como se estes atendem

concomitantemente às dimensões social, econômica e de liberdade de escolhas e oportunidades.

Benefícios para as microempresas e as empresas de pequeno porte

Os incentivos adotados pelo IFCE — *Campus Iguatu* para as ME e as EPP foram:

- Licitação com participação exclusiva de ME/EPP: o IFCE — *Campus Iguatu* utilizou, em sete pregões, o critério de participação exclusiva das ME e das EPP, contudo pode-se observar que esse procedimento foi utilizado apenas nas licitações, quando também poderia ter sido aplicado nos processos de dispensa. Ou seja, das 40 (33 dispensas + sete pregões) contratações em que seria possível adotar esse critério, o *Campus* adotou apenas em sete;
- Margem de preferência para ME/EPP: esse critério foi utilizado em todas as contratações do *campus*, que não utilizaram o critério da participação exclusiva das ME e das EPP;

- Prazo diferenciado para a comprovação da regularidade fiscal e trabalhista das ME/EPP: utilizado em todos os certames do *campus*.

Ocorre que o IFCE — *Campus Iguatu* não adotou outros critérios que poderiam ser de grande relevância para que a instituição possa alcançar maior sustentabilidade, quais sejam: exigência de subcontratação de ME/EPP; cota para participação exclusiva de ME/EPP; prioridade para produtos nacionais; tratamento diferenciado para agricultores, MEI, produtores rurais pessoa física e sociedades cooperativas de consumo; margem de preferência para empresas que cumprem o sistema de reserva de vagas para pessoas com deficiência. Salienta-se que esse último critério legal entrou em vigor apenas em 2016, ou seja, posteriormente aos processos de compras analisados na pesquisa documental, cujo período correspondia ao exercício de 2015.

Aquisição de produtos da agricultura familiar para alimentação escolar

A legislação em vigor exige que no mínimo 30% do valor repassado a estados, municípios e Distrito Federal para o PNAE devem ser utilizados na compra de gêneros alimentícios oriundos da agricultura familiar (BRA-

SIL, 2009). O IFCE — *Campus Iguatu* é uma autarquia federal, logo não possui a obrigação legal de atender a esse critério, contudo a instituição poderia também adotar esse importante critério de sustentabilidade.

Dimensão ética e jurídico-política

Divulgação das contratações

Todas as contratações do IFCE — *Campus Iguatu*, exceto as dispensas de licitação, são publicadas no *site* que divulga as contratações do governo federal (Comprasnet) e no Diário Oficial da União. As licitações de valor a partir de R\$ 650 mil também são publicadas em um jornal de grande circulação (*Diário do Nordeste*). Além disso, as licitações realizadas na modalidade de pregão eletrônico

também são divulgadas no *site* institucional do IFCE — *Campus Iguatu*. Destaca-se ainda que todos os contratos (independentemente da modalidade da contratação) são publicados no Diário Oficial da União.

Pode-se perceber que existe ampla divulgação e transparência quanto aos pregões e às licitações

de grande valor, entretanto as dispensas e as licitações abaixo de R\$ 650 mil (que são maioria na instituição), embora possuam a divulgação legalmente exigida (dimensão ética e jurídico-política), talvez não sejam capazes de alcançar parcela significativa da população, representada, por exemplo, por pequenos agricultores e comerciantes locais que não têm como hábito acessar o *site* de com-

pras governamentais ou o Diário Oficial da União em busca de contratações públicas. Se tais compras fossem divulgadas em rádios comunitárias da cidade e no jornal local, haveria a possibilidade de inserir esses e outros grupos menos favorecidos nos certames, o que alcançaria a sustentabilidade na esfera social, a distribuição territorial e a liberdade de escolhas e oportunidades.

Comissão para apuração de condutas das empresas licitantes

A instituição possui uma importante ferramenta para agilizar a apuração de possíveis ilegalidades nas condutas das empresas participantes dos certames. Trata-se de uma comissão, nomeada por meio de portaria expedida pelo diretor-geral, a qual possui caráter de órgão técnico colegiado de assessoramento e assistência direta ao ordenador de despesa, responsável pelo cumprimento do que preconiza a Lei Federal nº 8.666/1993 e demais dispositivos legais relativos ao tema licitações e contratos administrativos. Compete ainda a citada Comissão (IFCE, 2016) a:

- I: Proposição de instauração de processo com vista à apuração de infrações cometidas no curso da licitação e do contrato, para promoção da responsabilidade administrativa e aplicação da sanção cabível;
- II: Execução de outras atividades, nos termos da legislação pertinente.

Essa ferramenta pode ser replicada em outros órgãos, a fim de garantir mais eficiência e efetividade quando for necessário investigar e aplicar sanções nas empresas que praticam condutas que ferem a ética e a legalidade dentro das contratações públicas.

Análise jurídica do certame pela Procuradoria Federal

Outra ação adotada pela instituição para garantir o cumprimento da legislação é o encaminhamento de todas as contratações, exceto das dispensas de licitação previstas no art. 24, I e II, da Lei nº 8.666/93, para Procuradoria Federal para análise jurídica dos atos internos preparatórios, regularidade da escolha da mo-

dalidade licitatória etc. Tal atitude possibilita maior segurança para o gestor, evitando possíveis erros, ilegalidades ou desvios de condutas no decorrer do certame, bem como cumpre a exigência de parecer jurídico contido no art. 38, VI, da Lei nº 8.666/93.

Consultas cadastrais e procedimentos básicos

A instituição realiza várias consultas cadastrais prévias e procedimentos no decorrer do certame (Quadro 1). Caso ocorra alguma pendência em uma dessas consultas, a empresa não poderá participar do processo de contratação. São considerados exemplos a consulta ao Sistema de Cadastramento Unificado de Fornecedores (SICAF) (níveis I, II, III e IV); a qualificação técnica; atestados de capacidade técnica; a qualificação econômica; e outros.

Com base na análise documental realizada, percebe-se que todas as consultas e os procedimentos mencionados atendem a dimensão ética e jurídica da sustentabilidade. A declaração fornecida pelos participantes de que não empregam menores de 18 anos em trabalho

noturno, perigoso ou insalubre, e que não têm trabalhadores menores de 16 anos, salvo na condição de aprendiz, a partir de 14 anos, bem como as Certidões Negativas perante o INSS, o FGTS e a Justiça do Trabalho, tem como finalidade ser instrumento concretizador de direitos fundamentais dos empregados das empresas fornecedoras, por ser um meio coercitivo indireto de execução das verbas trabalhistas. Já a Certidão Negativa de Falência e Balanço Patrimonial segue os aspectos da sustentabilidade econômica, a fim de verificar se o fornecedor possui qualificação econômico-financeira suficiente para cumprir as exigências contratuais.

A Lei nº 8.666/93, em seu artigo 29, IV, exige a apresentação da Certidão Negativa de Débitos Trabalhis-

tas, porém seria mais completo e eficaz se o governo criasse um sistema de consulta para verificar também se a empresa já foi condenada pela Justiça do Trabalho por *dumping* social, pois pode ocorrer de uma empresa não ter débitos na Justiça do Trabalho quando da solicitação das negativas, mas possuir a citada condenação. Nesse caso, seu nome não apareceria negativado na Certidão de Débitos Trabalhistas. O IFCE — *Campus Iguatu* também poderia exigir declaração de que a empresa não mantém em seus quadros trabalhadores em condições análogas às de um escravizado, ou consultar se a empresa está no banco de dados do Ministério do Trabalho como praticante de tal conduta.

A instituição, por meio de seus editais analisados neste trabalho, não admite ainda a participação de fornecedores:

- Em processo de falência ou recuperação judicial, sob concurso de credores, em dissolução ou liquidação. Esse critério é adotado em razão do maior risco de insolvência ou de quebra da empresa, fazendo com que ela não consiga realizar a venda ou a prestação do serviço contratado, colocando em risco o erário público;
- Que estejam suspensos de licitar e impedidos de contratar com o IFCE ou com a administração pública;
- Que sejam reunidos em consórcio e sejam coligados ou subsidiários entre si. Tal medida se torna necessária, pois a participação na mesma licitação de empresas que possuam sócios ou capital em comum, prejudica o princípio da competitividade do certame;

Quadro 1 – Critérios de sustentabilidade adotados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará — *Campus Iguatu*.

	Critério adotado	Quantidade
Dimensão de igualdade de escolhas e oportunidades e dimensão social	Margem de preferência para ME e EPP.	18
	Prazo diferenciado para a comprovação da regularidade fiscal e trabalhista de ME/EPP.	66
	Licitação com participação exclusiva de ME/EPP.	07
Dimensão social	Declaração de que não emprega menores de 18 anos em trabalho noturno, perigoso ou insalubre, bem como não tem trabalhadores menores de 16 anos, salvo na condição de aprendiz, a partir de 14 anos (conforme o art. 7º, XXXIII, da Constituição Federal).	25
Dimensão ambiental	Materiais reciclados.	1
	Madeira reflorestada.	1
Dimensão econômica	Contratações compartilhadas.	15
	Consulta a certidões de improbidade administrativa.	25
	Certidão negativa de falência e concordata.	25
	Impedimento para participação de empresas que sejam reunidas em consórcio e sejam coligadas ou subsidiárias entre si.	25
	Impedimento para empresas estrangeiras que não funcionam no Brasil.	25
	Cláusula para que a subcontratação seja admitida somente com autorização do órgão contratante.	3
Dimensão ética e dimensão jurídico-política	Análise técnica e jurídica dos processos.	33
	Publicidade e transparência.	33
Dimensão jurídico-política	Consultas sobre regularidade fiscal e trabalhista.	66

ME: microempresa; EPP: empresa de pequeno porte.

- Estrangeiros que não funcionem no país, como forma de valorizar a mão de obra e a produção nacional, permitindo ainda que o montante auferido na licitação possa circular no Brasil;
- Fornecedor condenado por ato de improbidade administrativa. Seria possível ampliar essa consulta, incluindo na pesquisa o sócio majoritário da empresa, nos termos da Lei nº 8.429/1992.

Além dessas restrições, é interessante que o IFCE — *Campus Iguatu* e as demais instituições também possam prever em seus editais a não participação de empresas cujo quadro societário tenha servidor público do órgão realizador do certame, conforme dispõe o inciso III do artigo 9º da Lei nº 8.112/1990. Não seria

Dimensão cultural

Neste subitem, foi realizada análise a partir da interseção dos dados coletados nos processos de contrata-

Merenda escolar

Nas contratações de gêneros alimentícios, para merenda escolar dos alunos, não foram encontrados itens que remetessem à rica cultura da região ou que privilegiassem produtos típicos e locais, por exemplo, rapadura e mandioca. Tais itens, além de seu rico teor

Material utilizado para brindes em eventos

Na contratação de materiais destinados a brindes para eventos dos servidores, percebe-se que poderiam ter sido escolhidos acessórios com aspectos culturais da região, por exemplo, peças de artesanato, tendo assim maior significado e simbolismo para a ocasião, seguindo parâmetros da dimensão cultural da sustentabilidade. Além dis-

Obras e serviços de engenharia

No exercício de 2015, o IFCE — *Campus Iguatu* não realizou contratações de serviços de engenharia, impos-

Dimensão econômica

Do ponto de vista da dimensão econômica da sustentabilidade, o IFCE — *Campus Iguatu* adotou as medidas descritas a seguir.

difícil verificar essa informação, pois ela pode ser obtida no SICAF. Outra situação possível de inserir no edital seria restringir a participação de fornecedores que estejam sob pena de interdição de direitos previstos na Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais).

Foi observada, ainda, em três editais de licitação da instituição, a imposição do fornecedor de utilizar o regime de subcontratação somente com autorização do órgão contratante. Esse critério de grande importância poderia ser utilizado nos demais editais, pois para que ocorra a subcontratação deve estar demonstrado o interesse público, bem como ser permitido apenas em casos muito específicos e respeitando um percentual de 30% do objeto licitado, não devendo estar ligado diretamente ao elemento fundamental do item. Em regra, a subcontratação deve ser evitada, para que o fornecedor não funcione como mero intermediário no negócio.

ções do IFCE — *Campus Iguatu*, sob a perspectiva da dimensão cultural.

nutricional, contribuiriam na valorização das tradições populares, sem esquecer dos demais benefícios relacionados às questões de ordem ambiental, pois a compra local também impede grandes deslocamentos de veículos para o transporte de produtos.

so, possivelmente, tais itens seriam adquiridos por meio de pequenos empreendedores (critério social e de divisão territorial), bem como, provavelmente, haveria economia, pois tais itens costumam ser menos onerosos (cada item adquirido na licitação custou R\$ 22), atendendo, portanto, também a critérios econômicos de sustentabilidade.

sibilitando a análise mais aprofundada de critérios de sustentabilidade desse segmento.

Cláusulas contratuais

Para evitar aumentos de valores e imprevistos no decorrer de um contrato, o IFCE — *Campus* Iguatu inseriu em seus editais uma cláusula especificando que, nos preços cotados, devem estar inclusas todas as despesas, de qualquer natureza, como mão de obra, impostos, frete, seguro, custos diretos e indiretos, tributos incidentes, todas as taxas, equipamentos, serviços, encargos sociais, trabalhistas; seguros, lucro e outras necessárias ao cumprimento integral do objeto do certame. Além disso, encontra-se

Pesquisa de preço

A instituição realiza as pesquisas de preço por meio do site do governo federal Comprasnet, por atas de registro de preço disponíveis/vigentes que possuíssem os itens pretendidos com melhores condições e preços. Além disso, pesquisa em um sistema privado, adquirido em 2015, que realiza cotações rápidas para verificar se os valores das atas estão compatíveis com os preços

Contratações compartilhadas

O IFCE — *Campus* Iguatu aderiu a nove processos licitatórios realizados por outras instituições, na modalidade de contratações compartilhadas, otimizando seus procedimentos e gerando economia para a administração pública. Além disso, o *campus* fez seis pregões originários no SRP, para que outras instituições pudessem participar do certame, contudo cabe destacar que a instituição poderia ter utilizado maior quantidade de contratações pelo SRP, pois foi possível verificar casos de dispensas de licitação que possuíam objeto semelhante. Tal fato pode caracterizar uma possível falha no planejamento, pois as três dispensas poderiam ser feitas em outra modalidade de processo licitatório, que possibilitasse maior publicidade e número de concorrente, gerando mais economia e eficiência no procedimento. Nesse caso, também seria mais adequado unir os dois certames fazendo a compra em uma única modalidade, em forma de pregão eletrônico, pois o valor total ultrapassaria o limite legal da dispensa de licitação.

Dimensão ambiental

Analisando as contratações do IFCE — *Campus* Iguatu, sob a óptica da dimensão ambiental, foi possível realizar as análises descritas a seguir.

vedada qualquer indexação de preços por índices gerais, setoriais ou que reflitam a variação dos custos.

Em algumas licitações também foi possível observar a exigência de garantia de 12 meses para os produtos adquiridos e a obrigação de o licitante ganhador apresentar uma amostra ou fôlder do produto ofertado, para evitar da instituição comprar produtos de qualidade inferior ao pretendido.

praticados no mercado. Embora a forma adotada seja uma forma ágil de verificar os valores, poderia ser feita também uma pesquisa local, para ver se os preços praticados pelo mercado regional atenderiam à demanda por preço semelhante ao demonstrado no sistema de cotação, a fim de fomentar a participação do comércio local nos certames licitatórios.

Uma das recomendações possíveis seria no sentido de a instituição efetuar estimativa do consumo anual, mediante levantamento dos quantitativos adquiridos para um mesmo bem ou bens de uma mesma linha de fornecimento nos últimos 12 meses (dimensão econômica, dimensão social, dimensão ética-jurídica). Saliente-se que o art. 24, II, da Lei nº 8.666/1993, dispõe que a administração pública não pode realizar mais de uma dispensa com o mesmo objeto, ou seja, partes de uma mesma compra ou serviço. Essa situação exige a realização de uma licitação de maior vulto que possa ser realizada de uma só vez. Além disso, poderia ter utilizado o Sistema de Cotação Eletrônica de Preços nas dispensas de licitação, em pelo menos 11 das 33 realizadas pela instituição em 2015. Cabe destacar que é recomendada a sua utilização para mais transparência dos processos de aquisição de bens de pequeno valor. Ressalta-se ainda que tal procedimento possibilita a redução de custos, em função do aumento da competitividade, bem como racionaliza os procedimentos administrativos, assegurando maior agilidade à contratação.

Aquisição de animais

Nas contratações para a aquisição de aves, a instituição estipula uma cláusula exigindo que os animais estejam vacinados e que o fornecedor seja registrado no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, devendo ainda estar de acordo com as normas de protocolo de

Material escolar

Na contratação de kits de material escolar (farda, caderno, bolsa, borracha, canetas, lápis e estojo), a instituição licitou lápis revestido em madeira reflorestada e caderno em papel reciclado.

Selos e certificados

Outra ferramenta utilizada pela instituição é a exigência de produtos certificados pelo INMETRO e que atendam às normas da ABNT, contudo não há exigência de selos ou certificados ambientais, nem certifi-

Material reciclado e biodegradável

A aquisição de itens confeccionados em material reciclado não é regra para a instituição. As licitações para aquisição de resmas de papel A4, pastas, caixa-arquivos e demais materiais de expediente não contemplavam material reciclado. Destaca-se que o papel é, em geral, um dos insumos mais usados pelos órgãos públicos, em razão da necessidade de documentar todos os atos governamentais. Além disso, não há licitações de

Contratação de serviços de limpeza e conservação, nos termos do Decreto nº 5.940/2006

Inexiste na instituição contratação de serviços de limpeza e contratação nos termos do Decreto nº 5.940/2006. O citado decreto institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos públicos e impõe a sua destinação às associações e cooperativas formalizadas de catadores de materiais recicláveis, porém na cidade de Iguatu, a entidade de catadores é informal. Assim, os resíduos sólidos da instituição são em parte separados, por meio de lixeiras adaptadas; contudo, todo o lixo é misturado no momento da coleta. A cidade

Destinação adequada dos entulhos gerados em contratação de serviços de engenharia

Conforme já informado, no exercício de 2015, o IFCE — *Campus* Iguatu não realizou contratações de serviços de engenharia, contudo deve-se des-

bem-estar para aves, conforme a União Brasileira de Avicultura. Essa cláusula tem grande importância, pois padrões de criação que seguem normas humanitárias permitem que os animais vivam de maneira mais saudável e ativa, além de ser menos danoso ao meio ambiente.

Considerando que todos os alunos da instituição são atendidos por tais *kits*, pode-se observar significativa diminuição nos impactos ambientais gerados pela instituição.

cação de economicidade. Quanto à licitação para a aquisição de mobiliário do *campus*, não há previsão editalícia de que a madeira utilizada na fabricação dos móveis seja certificada.

produtos biodegradáveis. Quanto aos produtos biodegradáveis, a instituição não os adquiriu em suas contratações do exercício analisado, entretanto tais aquisições são importantes, pois os produtos biodegradáveis são decompostos por microrganismos vivos, de forma que perdem suas propriedades químicas durante esse procedimento, contribuindo para o não acúmulo de lixo no planeta e agredindo menos o meio ambiente.

não possui coleta seletiva de lixo e o serviço de coleta existente não vai até o *campus*, em razão da distância deste até o centro da cidade. A instituição transporta seus resíduos sólidos até o lixão da cidade. Uma vez que é o próprio *campus* quem realiza o transporte dos resíduos, este poderia procurar formas de manter os resíduos separados, para posterior destinação na associação de catadores, que fica ao lado do lixão. Contudo, seria necessário, para tanto, fazer adaptações no caminho do *campus*.

tacar, aqui, que é interessante que seja inserido no edital e no contrato a obrigação da contratada de cumprir as diretrizes, os critérios e os procedi-

mentos para a gestão dos resíduos da construção civil estabelecidos na Lei nº 12.305, de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos); na Resolução

nº 307, de 05 de julho de 2002, do CONAMA; e na Instrução Normativa SLTI/MPOG nº 1, de 19 de janeiro de 2010.

RESULTADOS

A aquisição sustentável baseia-se nos princípios e nas boas práticas de aquisição “tradicional” e considera fatores adicionais para maximizar benefícios sociais, ambientais, econômicos, entre outros, dentro da organização de compras, sua cadeia de suprimentos e sociedade como um todo. Com base nessa ideia, pode-se observar, a seguir, o resultado desta pesquisa acadêmica.

A análise da existência de critérios de sustentabilidade e sua forma de inserção nos processos de compras realizados pelo IFCE — *Campus Iguatu*, conduziu aos resultados que foram organizados no Quadro 1.

Os critérios mencionados anteriormente são os principais quando o assunto é sustentabilidade nas contratações do governo. Embora tais preceitos possuam previsão normativa, poucos possuem aplicação prática. Conforme dados fornecidos pelo painel de compras do governo federal (BRASIL, 2017), o quantitativo de aquisições com critérios de sustentabilidade no país possui um percentual ainda muito pouco expressivo e com crescimento anual ínfimo. Observam-se na Tabela 1 dados sobre alguns dos principais aspectos das contratações públicas sustentáveis no país.

Na Tabela 2, podem-se observar os mesmos parâmetros de sustentabilidade, porém nas contratações do IFCE — *Campus Iguatu*, no exercício de 2015. Cabe destacar que os maiores percentuais são aqueles que são regulamentados por legislação própria, a qual especifica de forma detalhada como deve ser implantado o critério de sustentabilidade. Esse é o caso da margem de preferência e da participação das ME/EPP, demonstrando, portanto, que caso os outros critérios possuíssem regulamentação em lei específica, poderiam ter maior adesão pelas instituições públicas.

Dessa forma, com esse comparativo fica evidente que o IFCE — *Campus Iguatu*, no ano analisado, possui percentuais acima da média nacional em relação à adoção de critérios de sustentabilidade. Cabe destacar que, de acordo com a realidade da instituição, ainda existem muitos outros critérios que podem ser atendidos, conforme exemplos citados no Quadro 2. Ressalta-se ainda que não foram encontrados critérios de sustentabilidade na dimensão cultural e na dimensão de distribuição territorial equilibrada nas contratações do IFCE — *Campus Iguatu*.

Tabela 1 – Percentuais de critérios de sustentabilidade nas contratações públicas brasileiras.

Ano	Compras com itens/ produtos sustentáveis	Compras com margem de preferência	Compras com participação de ME/EPP	Valor de compras homologadas para ME/EPP
2015	0,85%	1,13%	51,20%	15,29%

ME: microempresa; EPP: empresa de pequeno porte.

Fonte: adaptado do painel de compras do Governo Federal (BRASIL, 2017).

Tabela 2 – Percentuais de critérios de sustentabilidade nas contratações públicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará — *Campus Iguatu*.

Ano	Compras com itens/ produtos sustentáveis	Compras com margem de preferência	Compras com participação de ME/EPP	Valor de compras homologadas para ME/EPP
2015	3,03	27,27%	55,17%	84,46%

ME: microempresa; EPP: empresa de pequeno porte.

Fonte: adaptado do painel de compras do Governo Federal (BRASIL, 2017).

Quadro 2 – Critérios de sustentabilidade que podem ser adotados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Iguatu*.

Dimensão	Critério sugerido
Dimensão social e econômica	Margem de preferência para produtos nacionais.
Dimensão social e dimensão da igualdade de escolhas e oportunidades	Exigência de subcontratação de ME/EPP.
	Cota para participação exclusiva de ME/EPP.
	Tratamento diferenciado para agricultores, MEI e sociedades cooperativas de consumo.
	Margem de preferência para empresas que cumprem o sistema de reserva de vagas para pessoas com deficiência ou para reabilitado da Previdência Social e que atendam às regras de acessibilidade previstas na legislação (este critério entrou em vigor apenas em 2016, período posterior ao material utilizado na análise documental).
	Aquisição de produtos da agricultura familiar para alimentação escolar.
Dimensão ambiental	Selo Procel.
	Selos e certificações ambientais.
	Impedimento para a participação de fornecedores que estejam sob pena de interdição de direitos previstos na Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais).
	Produtos biodegradáveis.
	Biocombustíveis.
	Madeira certificada.
	Destinação adequada aos entulhos gerados em contratação de serviços de Engenharia (não houve obras de Engenharia no período analisado).
	Contratação de serviços de limpeza e conservação, nos termos do Decreto nº 5.940/2006.
Dimensão ética e dimensão jurídico-política	Impedimento para a não participação de empresas cujo quadro societário tenha servidor público do órgão realizador do certame, conforme dispõe o inciso III do artigo 9º da Lei nº 8.112/90.
Dimensão cultural	Itens da cultura popular inseridos na merenda escolar.
	Obras de Engenharia respeitando as características da arquitetura local (não houve obras de Engenharia no período analisado).
	Serviços de contratação voltados para a urbanização com a plantação de mudas nativas.

ME: microempresa; EPP: empresa de pequeno porte; MEI: microempreendedor individual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contratação pública sustentável é um processo em que os órgãos públicos conseguem satisfazer às suas necessidades de bens, serviços e obras, ao mesmo tempo que geram desenvolvimento não só para a organização, mas também para toda a sociedade. A análise da existência de critérios de sustentabilidade e sua forma de inserção nos processos de compras realizados pelo IFCE — *Campus Iguatu* conduziu às conclusões a seguir.

A instituição utiliza critérios de sustentabilidade acima da média nacional, embora a quantia adotada ainda não seja o percentual necessário. Contudo, deve-se observar que os maiores percentuais de critérios de sustentabilidade encontrados são aqueles regulamentados por legislação própria, a qual especifica de forma detalhada como deve ser implantado o critério. Esse é o caso da margem de preferência e do critério de participação exclusiva das ME/EPP. Nas outras instituições

públicas federais brasileiras, a situação repete-se de forma muito semelhante, embora com percentuais ainda menores, demonstrando, portanto, que, se os demais critérios possuísem regulamentação em lei específica, talvez houvesse mais adesão por parte das instituições públicas.

O maior desafio do IFCE — *Campus Iguatu* e das demais instituições públicas não é apenas comprar sustentavelmente, vai muito além disso: é necessária a adoção de ações que fomentem uma mudança cultural e de comportamento visando a um consumo consciente e sustentável. Para atingir esse objetivo, a inserção de critérios de sustentabilidade nas contratações públicas tem potencial como agente de transformação de tendências para um padrão de produção e consumo mais equilibrado, que possa apresentar à sociedade um novo paradigma de mercado.

REFERÊNCIAS

BIAGE, V. S. M.; CALADO, L. R. Análise dos Resultados das Contratações Públicas Sustentáveis. *Revista Eletrônica de Administração*, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 601-621, set./dez. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-2311.0612014.54781>

BRASIL. *Compras Compartilhadas Sustentáveis: Critérios Ambientais com Ganhos Econômicos*. Brasil: Governo Federal, 2017. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-do-pes/Apresentacao_Compras_Compartilhadas_Sustentaveis.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

_____. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasil, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 5 set. 2017.

_____. *Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006*. Brasil, 2006. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5940.htm> Acesso em: mar. 2018.

_____. *Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012*. Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7746.htm>. Acesso em: 23 mar. 2017.

_____. *Decreto nº 8.538, de 6 de outubro de 2015*. Brasil: Governo Federal, 2015a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8538.htm>. Acesso em: 12 fev. 2017.

_____. *Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010*. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SLTI/MPOG), 2010a. Disponível em: <<https://www.governodigital.gov.br/documentos-e-arquivos/legislacao/INSTRUCAO%20NORMATIVA%20N.%2001%20de%202010%20-%20Compras%20Sustentav.pdf/view>> Acesso em: abr. 2018.

_____. *Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006*. Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte. Brasil, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp123.htm>. Acesso em: 23 jun. 2017.

_____. *Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990*. Brasil, 1990. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8112cons.htm> Acesso em: abr. 2018.

_____. *Lei nº 8.429, de 2 de junho de 1992*. Brasil, 1992. Disponível em; <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8429.htm>. Acesso em: abr. 2018.

_____. *Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993*. Normas para licitações e contratos da administração pública. Brasil, 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 13 maio 2017.

_____. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Brasil, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm> Acesso em: mar. 2018.

_____. *Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009*. Programa Nacional de Alimentação Escolar. Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm>. Acesso em: 23 maio 2017.

_____. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasil, 2010b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: abr. 2018.

_____. *Licitação compartilhada diminui custos com serviços de telefonia*, 2013. Brasil, 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2013/11/licitacao-compartilhada-diminui-custos-com-servicos-de-telefonia>>. Acesso em: mar. 2018.

_____. *Micro e pequenas empresas movimentam R\$ 10,78 bi nas compras públicas de 2015*. Brasil: Governo Federal, 2015b. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/micro-e-pequenas-empresas-movimentam-r-10-78-bi-nas-compras-publicas-de-2015>>. Acesso em: 4 mar. 2017.

CADER, R. Compras compartilhadas sustentáveis: construindo um novo paradigma. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO MINISTÉRIO PÚBLICO: GESTÃO POR RESULTADOS*, 5., 2014 *Revista...*, n. 5, p. 75-84, 2014.

CADER DA SILVA, R.; BARKI, T. V. P. Compras Públicas Compartilhadas: a prática das licitações sustentáveis. *Revista do Serviço Público*, v. 63, n. 2, p. 157-169, abr./jun. 2012. <https://doi.org/10.21874/rsp.v63i2.93>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: abr. 2018.

FREITAS, J. Políticas públicas, avaliação de impactos e o direito fundamental à boa administração. *Sequência*, Florianópolis, n. 70, p. 115-133, jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2015v36n70p115>

_____. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2012.

GARCIA, F. A.; RIBEIRO, L. C. Licitações Públicas Sustentáveis. *Revista de Direito Administrativo*, Rio de Janeiro, v. 260, p. 231-254, maio/ago. 2012. <http://dx.doi.org/10.12660/rda.v260.2012.8836>

GELDERMAN, C. J.; SEMEIJN, J.; VLUGGEN, R. Development of sustainability in public sector procurement. *Public Money & Management*, v. 37, n. 6, p. 435-442, 2017. <https://doi.org/10.1080/09540962.2017.1344027>

INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ (IFCE). *Boletim de serviço* – abril de 2016. Ceará: IFCE, 2016. Disponível em: <<http://ifce.edu.br/instituto/documentos-institucionais/boletim-de-servicos-1/iguatu/2016/bs-abril-2016.pdf/view>>. Acesso em: 10 maio 2017.

LAVOR, A. A. A. de; TURATTI, L. Contratações públicas sustentáveis no Brasil. *Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 335-354, abr./jun. 2018. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018335-354>

MEIRELLES, H. L.; AZEVEDO, E. A.; ALEIXO FILHO, D. B. *Direito Administrativo Brasileiro*. 37. ed. São Paulo: Malheiros, 2011.

MOREIRA, A. F. B.; CANDAU, V. M. Educação escola e Cultura(s): construindo caminhos. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, n. 23, p. 156-168, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782003000200012>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Relatório da Comissão Brundland*. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Genebra: ONU, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). *O papel da cultura no desenvolvimento sustentável*. UNESCO. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/cultura/culture-and-development/culture-in-sustainable-development/>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

ROOS, R. *Sustainable Public Procurement: Briefing Note*. Discussion paper prepared by Rita Roos on behalf of the United Nations Procurement Capacity Development Centre and the United Nations Environment Programme, 2012. Disponível em: <http://www.unpcdc.org/media/390120/spp_brief_en_2012-02-06.pdf>. Acesso em jul. 2018.

SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

_____. *Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado*. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SILVA, R. C.; BETIOL, L.; VILLAC, T.; NONATO, R. Sustainable public procurement: the Federal Public Institution's shared system. *Revista de Gestão*, v. 25, n. 1, p. 9-24, 2018.

TEIXEIRA, M. F. F. B. *Desafios e oportunidades para a inserção do tripé da sustentabilidade nas contratações públicas: um estudo dos casos do governo federal brasileiro e do governo do estado de São Paulo*. 2013. 187f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

VEIGA, J. E. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. 3. ed. Rio de Janeiro. Garamond, 2008.

_____. O Prelúdio do Desenvolvimento Sustentável. In: MERCANDANTE, A.; DELFIM NETTO, A.; LESSA, C.; HADDAD, E.; VEIGA, J. E.; BARROS, J. R. M.; BAER, M.; PAULANI, L. M.; POCHMANN, M.; ABRAMOVAY, R. *Economia Brasileira: Perspectivas do Desenvolvimento*, São Paulo: USP. p. 243-266, 2005.

_____. Neodesenvolvimentismo: quinze anos de gestação. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 83-94, jul.-set. 2006.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). *O que é certificação florestal?* Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/certificacao_florestal>. Acesso em: abr. 2018.



DESAFIOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL EM TERRITÓRIO INSULAR: PROPOSIÇÃO DE PLANEJAMENTO PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SOB A PERSPECTIVA DOS MORADORES DA ILHA DO COMBU, BELÉM, PARÁ

CHALLENGES OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA IN ISLAND TERRITORY: PROPOSITION OF PLANNING FOR MANAGEMENT OF WATER RESOURCES UNDER THE PERSPECTIVE OF THE PEOPLE OF COMBU ISLAND, BELÉM, PA, BRAZIL

Salma Saráty de Carvalho 

Doutoranda na Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA). Docente na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) – Capanema (PA), Brasil.

Marcia Aparecida da Silva Pimentel 

Docente na Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) – Belém (PA), Brasil.

Aline M. Meiguins de Lima 

Docente na Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) – Belém (PA), Brasil.

Endereço para correspondência:

Salma Saráty de Carvalho –
Universidade Federal Rural da Amazônia – Laboratório de Modelagem Molecular e Simulação de Sistemas – Avenida Barão de Capanema, s/n. – Caixa d'Água – CEP 68700-665 – Capanema (PA), Brasil – E-mail: salma.meioambiente@gmail.com

Recebido em: 05/03/2019

Aceito em: 27/05/2019

RESUMO

O propósito das Unidades de Conservação (UCs) consiste em garantir o desenvolvimento sustentável de uma área que apresenta diversidade biológica e conhecimento tradicional, contribuindo para a redução da vulnerabilidade socioambiental. O trabalho evidencia os aspectos inerentes ao conceito de desenvolvimento sustentável, Área de Proteção Ambiental (APA) e recursos hídricos, direcionando esse contexto para a realidade dos moradores da APA da Ilha do Combu no município de Belém, Pará. O objetivo desta investigação foi analisar os desafios da APA insular sob a percepção dos moradores locais, propondo um planejamento para gestão de recurso hídrico que colaborasse com o desenvolvimento sustentável nessa área. Houve a caracterização das principais problemáticas vinculada a referida UC e, posteriormente, avaliou-se a efetividade do uso da água e sustentabilidade sugerindo um planejamento de gestão hídrica. Os resultados apontaram algumas complexidades típicas de APA de uma ilha, fato que refletiu na definição das metas prioritárias sugeridas no planejamento.

Palavras-chave: unidade de conservação; vulnerabilidade; biodiversidade; sustentabilidade.

ABSTRACT

The purpose of Conservation Units (UC) is to ensure the sustainable development of an area that presents biological diversity and traditional knowledge, contributing to the reduction of socio-environmental vulnerability. This work presents the inherent aspects of sustainable development, Environmental Protection Area (EPA) and water resources, directing this context to the reality of the EPA residents of the Combu Island in the municipality of Belém, Pará. The objective of this research was to analyze the challenges of the insular EPA under the perception of the local inhabitants, proposing a plan for managing the water resources that collaborate with the sustainable development in this area. There was a characterization of the main problems linked to this UC and, later, the method of Mejía *et al.* (2012) was used as a suggestion of a water management plan. The results pointed to some typical APA complexities of an island; a fact that reflected in the definition of the priority goals suggested in the planning.

Keywords: conservation unit; vulnerability; challenges, biodiversity; sustainability.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a aceleração do uso dos recursos naturais tem desencadeado diversos impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico em diferentes escalas, de tempo e espaço, graus de importância e reversibilidade.

Tal fato vem despertando cada vez mais a necessidade de integração entre a sociedade, poder público e instituições de ensino e pesquisa para tratar os problemas no meio ambiente, visando a garantia de continuidade de todas as formas de vida (SANTOS *et al.*, 2016).

O incremento no acesso e uso do recurso hídrico e a biodiversidade vêm levantando questionamentos sobre a capacidade de suporte associados a níveis de vulnerabilidade dos ecossistemas e das ocupações afetadas. Nesse sentido, as iniciativas técnico-científico-jurídicas têm caráter relevante para assegurar a contribuição e/ou solução de problemáticas relacionadas à alteração da qualidade ambiental e dos recursos hídricos.

No Brasil, entre os dispositivos legais que objetivam garantir a qualidade ambiental e hídrica, tem-se a Lei do Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC; Lei nº 9.985 — BRASIL, 2000) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97). Ambas constituem em iniciativas para garantir a conservação e preservação de territórios dotados de água, biodiversidade e conhecimentos tradicionais.

A criação e manutenção de Unidades de Conservação (UCs) tem o propósito de proteger a biodiversidade em um determinado território e, nesse contexto, a sua efetividade não está associada somente à categoria de proteção, pois deve ser vinculada a uma gestão democrática e competente que permita, no contexto atual e futuro, o alcance da qualidade de vida da população, dos recursos

naturais (bióticos e abióticos), proteção do patrimônio genético (MARQUES *et al.*, 2017), serviços ecossistêmicos e conhecimento tradicional associado.

A busca pela preservação e/ou conservação de um território legalmente protegido, quando localizado em área fluvial, merece destaque por se tratar de um ecossistema específico composto por mata ciliar e de várzea, biota aquática e ocupações, predominantemente, de população ribeirinha (LEAL *et al.*, 2016).

Considerando que os desafios da UC estão relacionados à reduzida participação da população e à carência de uma boa governança (ABRAHÃO; ASMUS; FERREIRA, 2019), verifica-se que a UC, na perspectiva de um território fluvial, pode apresentar desafios diferenciados, pois, além da necessidade de proteção da biodiversidade terrestre, a UC deve priorizar ações de sustentabilidade ambiental para manter a integridade da propriedade da água. Tais esforços buscam evitar que o processo de perturbação e os impactos ambientais desencadeados possam comprometer o propósito da UC e a sustentabilidade hídrica do território (MUSTIN *et al.*, 2017).

A Ilha do Combu consiste em uma UC na categoria de Área de Proteção Ambiental (APA), localizada no município de Belém, no Estado do Pará, que foi criada com objetivo de promover a sustentabilidade de seus recursos ambientais e garantir a qualidade de vida da população.

Considerando as características de uma área fluvial, tornou-se relevante analisar os desafios da APA insular sob a ótica dos moradores locais e propor um planejamento para gestão de recurso hídrico como contribuição para o alcance do propósito da UC nessa localidade.

Aspectos sobre o desenvolvimento sustentável, sustentabilidade e recursos hídricos

A consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável (DS) ocorreu na publicação do Relatório Brundtland, em 1987, intitulado como *Our Common Future*, que destacava que esse tipo de desenvolvimento deveria considerar três bases fundamentais: crescimento econômico, equidade/justiça social e preservação/conservação dos recursos naturais no ambiente (CAMARGO, 2016). Assim, o DS deveria garantir a qualidade de vida para gerações atuais e futuras, sem

prejudicar as possibilidades de sustentação da sociedade por longos períodos (STOFFEL; COLOGNESE, 2015).

Vários debates têm avaliado o conceito de DS, principalmente em relação a quais aspectos poderão ser considerados para garantir equidade e justiça para as gerações atual e futura (TODOROV; MARINOVA, 2009). Para Dovers e Handmer (1992), o conceito de DS evoluiu como um entendimento integrador, em que diversas questões podem ser associadas a essa definição simultaneamente.

Por outro lado, outros autores destacam que o conceito de DS não expressa apropriadamente as estratificações das dimensões econômica, social e ambiental com vista a garantia da qualidade de vida para geração atual ou futura. Essas estratificações deveriam ser evidenciar outros aspectos, como cultural, político (SACHS, 2007; NASCIMENTO, 2012), psicológico, espiritual (BOFF, 2012), ético, ambiental, lutas de classes, entropia (CAMARGO, 2016), sustentabilidade territorial e sustentabilidade ecológica (SACHS, 2009). Salienta-se, ainda, que o enfoque em valores coletivos, coesão e articulação do grupo é indispensável para garantir a sustentabilidade de comunidades locais (TISDELL, 1997).

De acordo com alguns autores, o desafio relacionado ao conceito de DS corresponde a compreender a preferência da geração futura, pois o grau de incerteza poderia refletir em divergências que implicariam na dificuldade de se alcançar a equidade entre gerações (STOFFEL; COLOGNESE, 2015).

Segundo Camargo (2016), o termo DS precisa ser diferenciado de sustentabilidade, já que alguns trabalhos os consideram sinônimos. Segundo Dovers e Handmer (1992), a sustentabilidade seria o objetivo final a ser alcançado proveniente de um processo de mudança, para Prugh e Assadourian (2003), somente se alcança a sustentabilidade a partir do DS.

Alguns autores alertam que o conceito de DS evidencia uma visão antropocêntrica, cuja natureza tem a finalidade de atender o consumo da sociedade em diferentes épocas (CAMARGO, 2016).

Além da discussão sobre a essência do conceito de DS, torna-se importante compreender a respeito do surgimento da expressão sustentabilidade, que, para Nascimento (2012), tem duas origens: a primeira na biologia, quando aborda a ecologia, resiliência dos ecossistemas e as interferências antrópicas; e a segunda na economia, quando se refere a padrões de produção e consumo.

Ao considerar a sustentabilidade como resultado de um processo de DS (PRUGH; ASSADOURIAN, 2003), verifica-se ainda a possibilidade de existir variações que a classifique como fraca ou forte.

De acordo com Sartori, Latrônico e Campos (2014), a sustentabilidade pode ser considerada fraca quando beneficia o crescimento econômico, ou forte quando entendida sob a concepção de não substituição, pre-

servando as funções do ambiente. Quando considerado o campo da economia ecológica, entende-se que a sustentabilidade fraca existe quando o destaque é direcionado para pressão sobre o uso dos recursos e a sustentabilidade forte ocorre quando há preservação do capital natural (STOFFEL; COLOGNESE, 2015).

Considerando o propósito das UCs, que trata da promoção do DS, compreende-se que a proteção da biodiversidade em um território busca trazer resultados para a sociedade (MARQUES *et al.*, 2017) e, por isso, deve ser monitorada por indicadores ou, se a categoria permitir, pela percepção dos moradores que revelem a aproximação/distanciamento/cumprimento do objetivo da proteção integral ou de uso sustentável. Nesse sentido, o nível de sustentabilidade poderá ser avaliado por UC, ainda que haja diferentes categorias.

No que tange aos territórios insulares, o estudo da sustentabilidade ambiental precisa incorporar a abordagem referente aos recursos hídricos. Thomas (2002) argumenta que as águas superficiais são consideradas mais vulneráveis à poluição e à escassez, em virtude da facilidade de acesso para lançamento de efluentes domésticos e industriais, principalmente próximos a ocupações urbanas.

Além disso, é característica de áreas fluviais a ocorrência de impactos negativos decorrentes de mudança da qualidade e/ou quantidade de um recurso hídrico, pois se torna mais evidente em localidades nas quais os grupos sociais apresentam intensa desigualdade econômica e a garantia da qualidade de vida já se encontra em elevado nível de vulnerabilidade (VARELA, 2016).

No Brasil, verifica-se que as bases legais ambientais e de recursos hídricos abordam o princípio da precaução e prevenção, objetivando a proteção e recuperação da qualidade ambiental, o que, conseqüentemente, busca os fundamentos do DS (PIZELLA; SOUZA, 2007).

Em conformidade com o conceito de DS, verificam-se dois instrumentos legais, a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433/97, que define instrumentos regulatórios e econômicos que conduzem à gestão hídrica fundamentada na sustentabilidade (PIZELLA; SOUZA, 2007; FINKLER *et al.*, 2015); e a Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), cujo art. 4º se refere aos objetivos, entre eles, a proteção dos recursos hídricos (BRASIL, 2014).

Corroborando esses propósitos, no âmbito internacional, a Resolução do Conselho das Nações Unidas nº 64/292, de setembro de 2010, declara como sendo fundamentais para o humano garantir a qualidade de vida e, por isso, deve ser garantido o direito de acesso à água limpa e segura com saneamento (CORREIA, 2013), agregando nessa gestão o princípio da justiça social em relação ao acesso à água potável e ao saneamento adequado para população.

Torna-se imprescindível que as discussões a respeito da sustentabilidade hídrica em uma localidade considerem articulações políticas integradas, com a participação de todos os interessados, visando abordar questões sobre as relações energia/água, qualidade/quantidade de água, infraestrutura verde e manejo de bacias hidrográficas. Por outro lado, o debate sobre a sustentabilidade hídrica precisa, portanto, referenciar a existência ou não de uma relação entre as problemáticas apresentadas nas esferas economi-

cas, ambientais e sociais do território e a questão da água — potável, residual, subterrânea, pluvial e produto de reutilização (HEINTZ JR., 2004; GREGORY; HALL, 2011).

A utilização de sistemas mais eficientes de acesso à água contribui para o alcance da sustentabilidade hídrica e, dessa forma, deveria ser priorizado o uso de fontes locais de água; também, à medida que houvesse o incremento na população, os recursos hídricos deveriam ser alocados, considerando diversos cenários, inclusive de mudanças climáticas (GLEICK, 1998; DALHUISEN *et al.*, 2003; KRANZ *et al.*, 2004; HERING *et al.*, 2015).

Diante do exposto, a sustentabilidade hídrica e ambiental faz-se relevante para qualidade de vida da sociedade e do ambiente, principalmente no que se refere aos territórios fluviais em que comunidades mais vulneráveis fazem uso dos recursos naturais.

Área de Proteção Ambiental como promoção do desenvolvimento sustentável

A base legal brasileira que rege, especificamente, sobre áreas protegidas corresponde à Lei nº 9.985, instituída em 18 de julho de 2000, dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000).

O conceito de UC é estabelecido no art. 2º, inciso I, como um espaço territorial instituído pelo poder público que contenha recursos ambientais e águas jurisdicionais, com características expressivas, objetivando a conservação. Sobre as águas jurisdicionais brasileiras, citadas no SNUC, destaca-se que, desde 1993, a Lei Federal nº 8.617 já garantia a proteção ao mar territorial, que inclui o litoral continental e insular definidos em cartas náuticas oficiais, e a soberania do Brasil no aproveitamento, gestão e conservação dos recursos naturais (BRASIL, 1993).

Contudo, é no art. 4º que se evidencia o propósito da criação da UC a partir da promoção do DS no uso dos recursos naturais (inciso IV), tornando evidente sua finalidade para o alcance da qualidade ambiental, social e econômica, sendo prevista, portanto, no artigo 5º, inciso III, a participação da população local nesse processo.

Entre as categorias de UC estabelecidas como área legalmente protegida, têm-se no art. 7º, inciso I e II, a Unidade de Proteção Integral e a Unidade de Uso Sustentável. O parágrafo 1º do referido artigo, destaca que a Unidade de Proteção Integral visa a preservação da natureza, podendo os recursos serem utilizados de forma indireta, e o parágrafo 2º indica que a Unidade de Uso Sustentável propõe conciliar a conservação e uso sustentável da natureza.

Vale ressaltar que a base legal não faz referência à área protegida localizada em território insular, pois a classificação ocorre por categoria de uso e preservação, e não distingue por região de terra firme ou insular.

Diante de tal situação podem sugerir desafios diferenciados para o alcance de uma boa governança e obtenção da sustentabilidade, por envolver outros recursos naturais, como a água e a biota aquática, assim como ocupação ribeirinha, enquanto comunidade tradicional.

Considerando que a categoria Unidade de Uso Sustentável admite o uso racional da natureza e consente diferentes níveis de ocupação humana e/ou atividade produtiva, espera-se que o nível de parti-

cipação da população na gestão da área protegida seja maior, se comparado com as Unidades de Proteção Integral. Por outro lado, os desafios relacionados à governança podem estar vinculados à dificuldade de integração entre governo, comunidade local e sociedade para atender ao mesmo propósito de sustentabilidade, entretanto, em contextos e prioridades diferenciados.

Entre os territórios relacionados à categoria de Uso Sustentável, têm-se: Área de Proteção Integral, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular de Patrimônio Natural.

O art. 14, inciso I, refere-se à Área de Proteção Ambiental (APA) como pertencente ao grupo de Unidades de Uso Sustentável, sendo conceituada, no art. 15, como um espaço dotado de riquezas naturais, admitindo ocupações humanas, cujo objetivo consiste na proteção da diversidade biológica, sustentabilidade e organização das ocupações. Nesse aspecto, verifica-se a necessidade de participação popular para a criação, implantação e gestão de UC, conforme indicado no art. 5º e inciso III do SNUC.

No Estado do Pará existem 25 UCs, sendo que 8 delas são APAs (Quadro 1), as quais estão distribuídas nas seguintes regiões administrativas: Belém, Calha Norte I, Calha Norte II, Calha Norte III, Xingu, Marajó, Nordeste,

Quadro 1 – Relação de Unidades de Conservação por Região Administrativa no Estado do Pará.

RA	UC	Total de UC por RA	Total de APAs por RA
Belém	Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém, Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu, Refúgio de Vida Silvestre Metrópole da Amazônia e Parque Estadual do Utinga	4	2
Calha Norte I	Parque Estadual de Monte Alegre (PEMA) e Área de Proteção Ambiental Paytuna	2	1
Calha Norte II	Floresta Estadual de Faro, Floresta Estadual de Paru e Floresta Estadual de Trombetas	3	Não tem
Calha Norte III	Estação Ecológica do Grão-Pará e Reserva Biológica Maicuru	2	Não tem
Xingu	APA Triunfo do Xingu, Floresta Estadual do Iriri, Refúgio de Vida Silvestre Tabuleiro do Embaubal e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souzel	4	1
Marajó	Área de Proteção Ambiental do Marajó e Parque Estadual Charapucu	2	1
Nordeste	Área de Proteção Ambiental de Algodual – Maindaeua, Refúgio da Vida Silvestre Padre Sérgio Tonetto e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Campo das Mangabas	3	1
Mosaico do Lago Tucuruí	Área de Proteção Ambiental do Lago de Tucuruí, Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Pucuruí Ararão	3	1
Araguaia	Parque Estadual Serra dos Martírios – Andorinhas e Área de Proteção Ambiental Araguaia	2	1
Total no Estado do Pará		25	8

UC: Unidade de Conservação; RA: Região Administrativa; APA: Área de Proteção Ambiental.

Fonte: adaptado de Ideflor-Bio (2018).

Mosaico do Lago Tucuruí e Araguaia, em que se verifica a existência de APA insular, como, por exemplo, a APA Ilha do Combu.

Quando considerada a existência de ocupações na UC, como é o caso da APA, e quando os problemas apresentados sugerem uma especificidade, APA insular, a análise dos desafios locais precisa contar com a percepção dos moradores.

O método de Mejía *et al.* (2012), baseado nas definições de *water sustainability targets* (WSTs, alvos para sustentabilidade hídrica), consiste em um procedimento para avaliar a efetividade do uso da água e sustentabilidade, e, a partir daí, sugere planejamento para gestão de recursos hídricos, o qual estabelece *Goal* (metas), *Target* (alvos), *Tools* (ferramentas) e *Indicators* (indicadores) (Figura 1):

- *Goal* (metas): é o objetivo principal para o qual uma intervenção de desenvolvimento pretende contribuir;

- *Target* (alvos): indica o número, o tempo e a localização do que deve ser realizado, devendo ser mensurável, alcançável, relevante e relacionado ao tempo;
- *Tools* (ferramentas): são elementos, métodos e abordagens que suportam tomadas de decisão sobre a água e facilitam o alcance dos resultados;
- *Indicators* (indicadores): são variáveis quantitativas ou qualitativas que fornecem meios simples e confiáveis para medir a realização e avaliar as mudanças associadas a uma intervenção.

A definição das metas consiste no procedimento inicial, o qual está diretamente ligado aos resultados que levarão a determinação de indicadores. O desenvolvimento das metas ocorre após a identificação e análise das problemáticas vinculadas à água e à sustentabilidade.

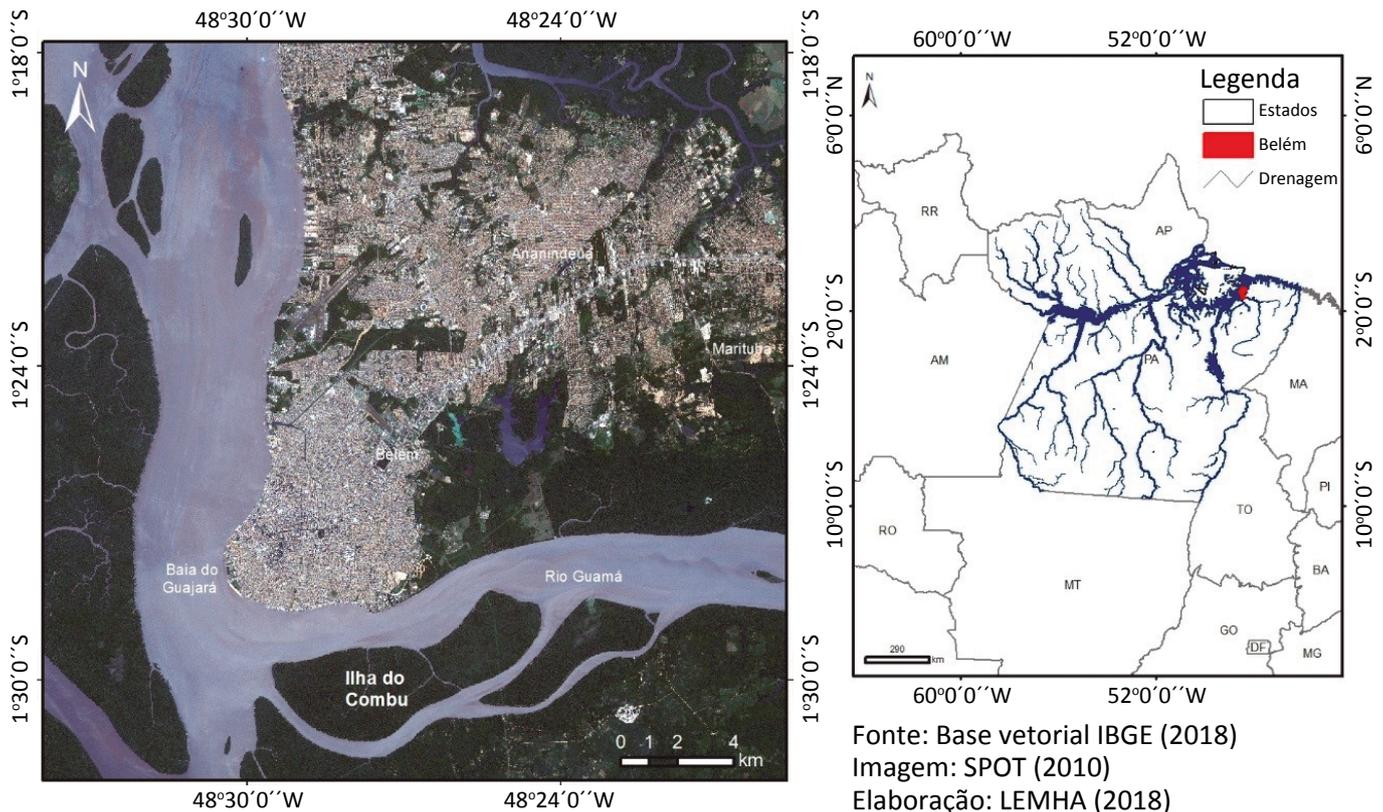


Figura 1 – Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) da Ilha do Combu.

METODOLOGIA

A pesquisa consistiu em uma abordagem qualitativa buscando analisar os desafios da APA insular na Ilha do Combu, localizada no município de Belém, no Estado do Pará, assim como propor modelo de gestão de recurso hídrico. A APA é formada por um espaço físico correspondente a 15.972 km², sendo a quarta maior ilha do município de Belém (Figura 2), localizada a 1,5 km ao sul da cidade, ao norte pelo Rio Guamá, ao sul pelo Furo São Benedito, ao leste pelo Furo da Paciência e ao oeste pela Baía do Guajará (IDEFLOR-BIO, 2018). As ocupações na Ilha são distribuídas em quatro comunidades: Igarapé Combu, Santo Antônio ou Igarapé Piriquitaquara, Beira Rio e São Benedito a Preservar (CIRILO, 2013).

Utilizou-se o método de Mejía *et al.* (2012) para definir metas prioritárias que pudessem contribuir para a sustentabilidade hídrica da APA Insular.

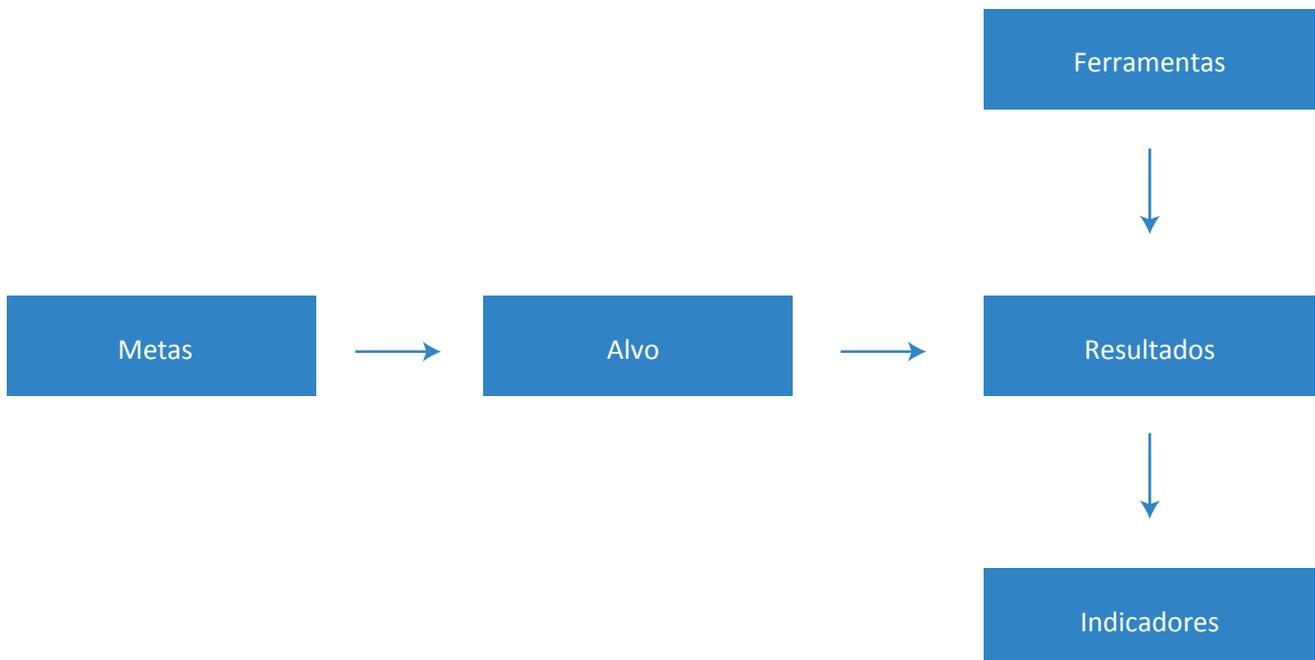
Para definição das metas prioritárias, foi necessário compreender as problemáticas da UC sob a perspectiva dos moradores da localidade, principalmente no que tange à sustentabilidade da APA insular.

As atividades de campo ocorreram em setembro de 2018, na Comunidade Igarapé do Piriquitaquara, onde se utilizou de entrevistas dirigidas considerando os seguintes aspectos-chave:

- saneamento básico;
- formas de uso da água;
- principais dificuldades de acesso à água.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), na ilha existem 305 domicílios, dois estabelecimentos de ensino e 21 estabelecimentos com outras finalidades, por isso é impreciso determinar a amostragem representativa do universo da Comunidade Igarapé do Piriquitaquara; assim, procurou-se, nas discussões, o diálogo junto às representações que se mostraram disponíveis para responder aos questionamentos.

Foram descritos os principais componentes de análise dos problemas apontados pelos moradores da APA, assim como propostas que poderia contribuir para o



Fonte: adaptado de Mejía *et al.* (2012).

Figura 2 – Alvos para sustentabilidade hídrica.

alcance do propósito da APA, por meio do acesso ao recurso hídrico com qualidade.

Com a definição da meta prioritária, seguiu-se com o ciclo de Mejía *et al.* (2012) para identificação dos alvos,

descrição dos resultados na forma de indicadores. A proposição do planejamento para gestão de recursos hídricos teve como base as características específicas dessa APA insular, a partir da percepção dos moradores locais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A APA da Ilha do Combu foi criada pela Lei Estadual nº 6.083, de 13 de novembro de 1997, e está sob gestão da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) do Pará (PARÁ, 1997). Com a Portaria nº 1.945, de 14 de outubro de 2008, a APA adquiriu Conselho Gestor, de caráter deliberativo. Em 2016, a Portaria nº 17, de 1º de fevereiro, alterou a composição do Conselho e, entre outras definições, estabeleceu a competência da APA.

A APA insular encontra-se próxima a ocupações urbanas do centro de Belém, contudo ainda tem características de comunidades tradicionais ribeirinhas que são perceptíveis na organização social, nas atividades de subsistência, nas formas de uso dos recursos naturais, no repasse de conhecimentos para entre gerações, entre outros (COSTA, 2015).

Os principais usos, atividades econômicas e serviços correspondem a residências, estabelecimentos comerciais como bares e restaurantes, estabelecimentos com produção e comercialização de chocolates e produtos regionais. Essas atividades são voltadas para o turismo, que, segundo a população, consiste em uma atividade crescente na Ilha em função do aumento do fluxo de pessoas, principalmente nos finais de semana.

Registram-se outros serviços, como a Escola de Educação Infantil e Fundamental e um posto de saúde, que atendem a algumas necessidades dos moradores locais. De acordo com os residentes da APA insular, os lotes habitados não podem ser vendidos e, por isso, verifica-se que as ocupações são oriundas de famílias que se desmembram para a formação de novos núcleos familiares na localidade.

Os moradores apontaram como um dos principais problemas existentes a dificuldade de acesso à água com qualidade e com segurança, pois esta é julgada inadequada para atividades domésticas e para consumo direto, além de, em alguns trechos, ser insegura para o lazer nos finais de semana.

A diversificação do uso dos recursos hídrico no cotidiano da população ocorre a partir da água do rio, poços amazônicos e artesianos, compra de atravessadores vindos de Belém em recipiente de 20 L, captação água da chuva com uso de cisterna e utilização de cacimba (MATTA, 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2010; CIRILO, 2013). Por ser considerada um bem comum, foi evidenciada a necessidade de debater alternativas que minimizem as barreiras de acesso à água na APA, garantindo equidade de obtenção desse recurso por todos os moradores da ilha.

Nesse contexto, foi relatado que a movimentação da maré influencia no cotidiano da população da ilha, principalmente em alguns períodos do ano, pois a água do rio chega até as casas localizadas na várzea alta, por isso elas são construídas considerando certa distância do solo. Ressaltou-se, ainda, que o esgotamento sanitário das residências está associado às fossas rudimentares (negras) ou sépticas localizadas perto das habitações, as quais se encontram próximas às margens do rio, e, dessa forma, nos períodos de maré alta a água alcança essas fossas, contribuindo com a carga de matéria orgânica no corpo hídrico.

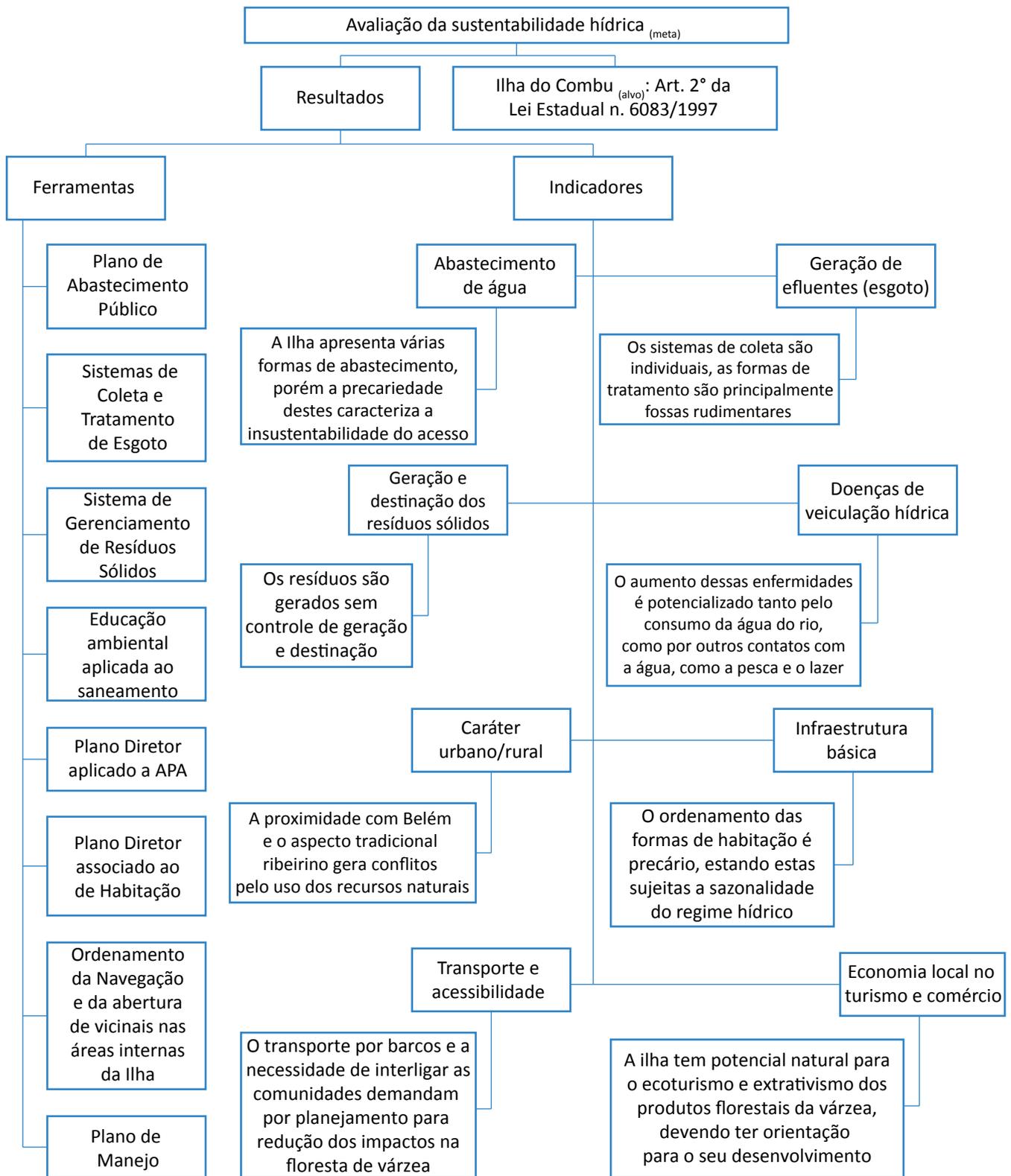
A influência da maré também foi destacada pelos moradores como outro problema, quando associada à movimentação dos resíduos sólidos urbanos de Belém até a APA, pois o evento afeta a comunidade, principalmente naquelas estruturas que se localizam próximas às margens do Rio Guamá. Evidenciou-se que o movimento diário das marés possibilita o deslocamento dos resíduos sólidos urbanos até as proximidades das residências dos moradores da Ilha do Combu. De acordo com Nascimento *et al.* (2010), a Comunidade Beira Rio consiste na localidade mais afetada por esse problema. Por outro lado, segundo os relatos, não há serviço público de coleta de lixo na ilha e os resíduos sólidos domésticos provenientes dos residentes da APA não são despejados no corpo hídrico, já que a destinação consiste na queima realizada nos próprios quintais; quando o volume é considerado elevado, os resíduos são transportados para Belém e depositados em coletores na Praça Princesa Isabel.

Diante do exposto, a dificuldade de acesso à água com qualidade é apontada pelos moradores como uma ocorrência que depende do movimento das marés, já que alcançam as fossas das residências e também transportam resíduos sólidos urbanos de Belém, ocasionando algumas doenças vinculadas ao consumo da água do rio sem o devido tratamento na localidade, apesar de alguns moradores já adotarem métodos de desinfecção por aquecimento da água ou cloração com o uso do hipoclorito como profilaxia para prevenção de doenças.

Além disso, a atividade turística na UC foi apontada como outra problemática que implica no acesso à água. De acordo com Cirilo (2013), o turismo foi intensificado na década de 1990 com o surgimento dos primeiros restaurantes e, posteriormente, outros estabelecimentos iniciaram suas atividades na APA, associados a trilhas ecológicas e passeio fluvial. Os relatos associam à atividade turística o aumento do ruído, o incremento do fluxo e velocidade das embarcações, *jet skis* e lanchas, o que, por conseguinte, afeta a atividade de pesca, intensifica o processo erosivo nas margens dos rios e prejudica a comunidade ao causar insegurança com possibilidades de acidentes durante o lazer ou perda de material pesqueiro. Outros moradores complementam e mencionam que a atividade turística gera renda para algumas ocupações, contudo a intensificação do tráfego no final de semana traz consequências que levam à modificação na dinâmica da fauna e flora da localidade e provocam alterações na estrutura das residências próximas às margens do rio.

A Figura 3 ilustra o ciclo de Mejía *et al.* (2012), em que são descritos os principais componentes de análise dos problemas apontados pelos moradores da APA insular, assim como propostas que contribuam para o alcance do propósito da UC, por meio do acesso ao recurso hídrico com qualidade.

1. Meta: garantia das condições de sustentabilidade hídrica para as comunidades que ocupam e vivem (e extraem) dos recursos naturais da Ilha do Combu;
 2. Alvo: na elaboração dos estudos básicos, plano de manejo, implantação e funcionamento da APA do Combu, sugere-se a adoção, entre outras, das seguintes medidas: a utilização dos instrumentos legais e dos incentivos financeiros governamentais, para assegurar a proteção e uso racional dos recursos naturais; aplicação, quando for necessário, das medidas legais destinadas a impedir ou evitar o exercício de atividades causadoras de sensível degradação da qualidade ambiental, em especial as atividades de derrubada dos açazeiros, para a retirada do palmito; a divulgação das medidas preventivas, objetivando o esclarecimento do povo, em especial a comunidade local, sobre a APA e suas finalidades (art. 2º da Lei Estadual nº 6.083/1997 — PARÁ, 1997);
3. Resultados descritos na forma de indicadores — ferramentas:
 - Abastecimento de água — Plano de Abastecimento Público: a Ilha apresenta várias formas de abastecimento, porém a precariedade destes caracteriza a insustentabilidade do acesso. Tem-se aí o paradigma de se estar cercado por água doce, mas sem condições de uso direto da água para o abastecimento público. A manutenção das condições de sustentabilidade hídrica coloca a necessidade de implantação de um plano de abastecimento local, integrando águas superficiais, subterrâneas e de chuva, como prioritário;
 - Geração de efluentes (esgoto) — Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgoto: a implantação de fossas rudimentares e o lançamento direto no rio de efluentes causam um impacto imediato no ambiente de várzea, podendo afetar tanto em termos paisagísticos quanto ecológicos. As comunidades devem ter orientação técnica para construção das fossas e o correto lançamento dos efluentes, fatores esses associados à execução de um plano de saneamento;
 - Geração e destinação dos resíduos sólidos — Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: os resíduos são gerados sem controle de geração e destinação. A inexistência de um controle de geração e segregação do resíduo na Ilha de forma sistemática e as diversas soluções adotadas devem ser revistas, principalmente pelo caráter de APA, por meio de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos aplicado às condições locais;
 - Doenças de veiculação hídrica — Educação ambiental aplicada ao saneamento: aumento dessas enfermidades é potencializado tanto pelo



Fonte: adaptado de Mejía *et al.* (2012).

Figura 3 – A sustentabilidade hídrica da Ilha do Combu.

consumo da água do rio, como por outros contatos com a água, como a pesca e o lazer. A educação ambiental pode auxiliar nesses aspectos, no sentido de apresentar as condições de risco à saúde e promover o debate acerca do tema;

- Caráter urbano/rural — Plano Diretor aplicado a APA: a proximidade com a capital do Estado (Belém) e a existência de características de comunidades tradicionais ribeirinhas gerando conflitos associados ao uso dos recursos naturais. A biodiversidade local, além das condições relacionadas à segurança pública, é aspecto que a proximidade com o urbano de Belém pode representar uma ameaça. Por isso, a necessidade de um Plano Diretor local que regulamente os elementos de gestão do território;
- Infraestrutura básica — Plano Diretor associado ao de Habitação: o ordenamento das formas de habitação é precário, estando estas sujeitas à sazonalidade do regime hídrico. Associada ao plano diretor tem-se a necessidade de ordenar o processo de habitação local, de modo a atuar também nas consequências diretas do efeito nas marés e dos períodos de extremos de chuvas;
- Transporte e acessibilidade — Ordenamento da Navegação e da abertura de vicinais nas áreas internas da Ilha: por ser uma APA localizada em área insular, é comum o uso por parte dos moradores locais e turistas do transporte fluvial. O transporte por barcos e a necessidade de interligar as comunidades demandam por planejamento para redução dos impactos na floresta de várzea. O ordenamento permitirá reduzir a ocorrência de portos em áreas ambientalmente sensíveis, estabelecer limite de velocidade e evitar o desmatamento interno na Ilha para abertura de vicinais;
- Economia local no turismo e comércio — Plano de Manejo: a ilha tem potencial natural para o ecoturismo e extrativismo dos produtos florestais da várzea, devendo ter orientação para o seu desenvolvimento. O Plano de Manejo da Ilha deve ser visto como ação prioritária para adequação dos demais indicadores discutidos, mas especialmente para o ordenamento das atividades econômicas locais, uma vez que, segundo o art. 3º da Lei Estadual nº 6.083/1997 (PARÁ,

1997), na APA da Ilha do Combu ficam proibidos ou limitados a implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras; o exercício de atividades que ameacem extinguir as espécies da biota regional; e o uso de biocidas, quando indiscriminados ou em desacordo com as normas ou recomendações técnicas oficiais.

A sustentabilidade hídrica na Ilha do Combu encontra-se ameaçada em um espaço destinado para conservação dos recursos naturais. Portanto, para garantia de qualidade de vida das comunidades e cumprimento do papel de UC para o propósito de preservação/conservação associada ao DS, deve ser implantado um sistema de gestão integrada dos recursos hídricos locais. Segundo a proposta de Mejía *et al.* (2012), tal sistema estaria baseado na proposta da Pegada Hídrica Azul (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007), que implica melhor condição de aproveitamento hídrico local, em que a construção seria continuada visando principalmente aos aspectos fundamentais de: proteção contra riscos naturais e antrópicos, boa governança das águas e acesso à água para todos.

Nesse contexto, entende-se que o envolvimento do Conselho Gestor da APA deve ser considerado para que ele estimule a coesão das comunidades e priorize o interesse coletivo sobre os individuais, quando tratadas as diretrizes da conservação dos recursos naturais e bem-estar social na UC. Além das leis e regras estabelecidas, as propostas sugeridas para a APA devem considerar o contexto local e seguir estratégias *bottom up* de desenvolvimento endógeno, ou seja, incluir a participação da população local no processo de construção de políticas, planos, programas e projetos que sejam capazes de garantir o desenvolvimento local com autonomia, valorizando os recursos naturais e a cultura local, estimulando a cooperação, solucionando os principais problemas e garantindo qualidade de vida aos moradores (CLEMENTE, 2013; REVEZ, 2014).

Na concepção desse processo, sugere-se a construção de alguns degraus que contribuam para o alcance do desenvolvimento sustentável na APA, partir da sustentabilidade hídrica: a proteção dos serviços ambientais, o balanço dos usos múltiplos das águas, e a consequente redução da pressão antrópica sobre as águas, e a garantia da manutenção dos aspectos quali-quantitativos

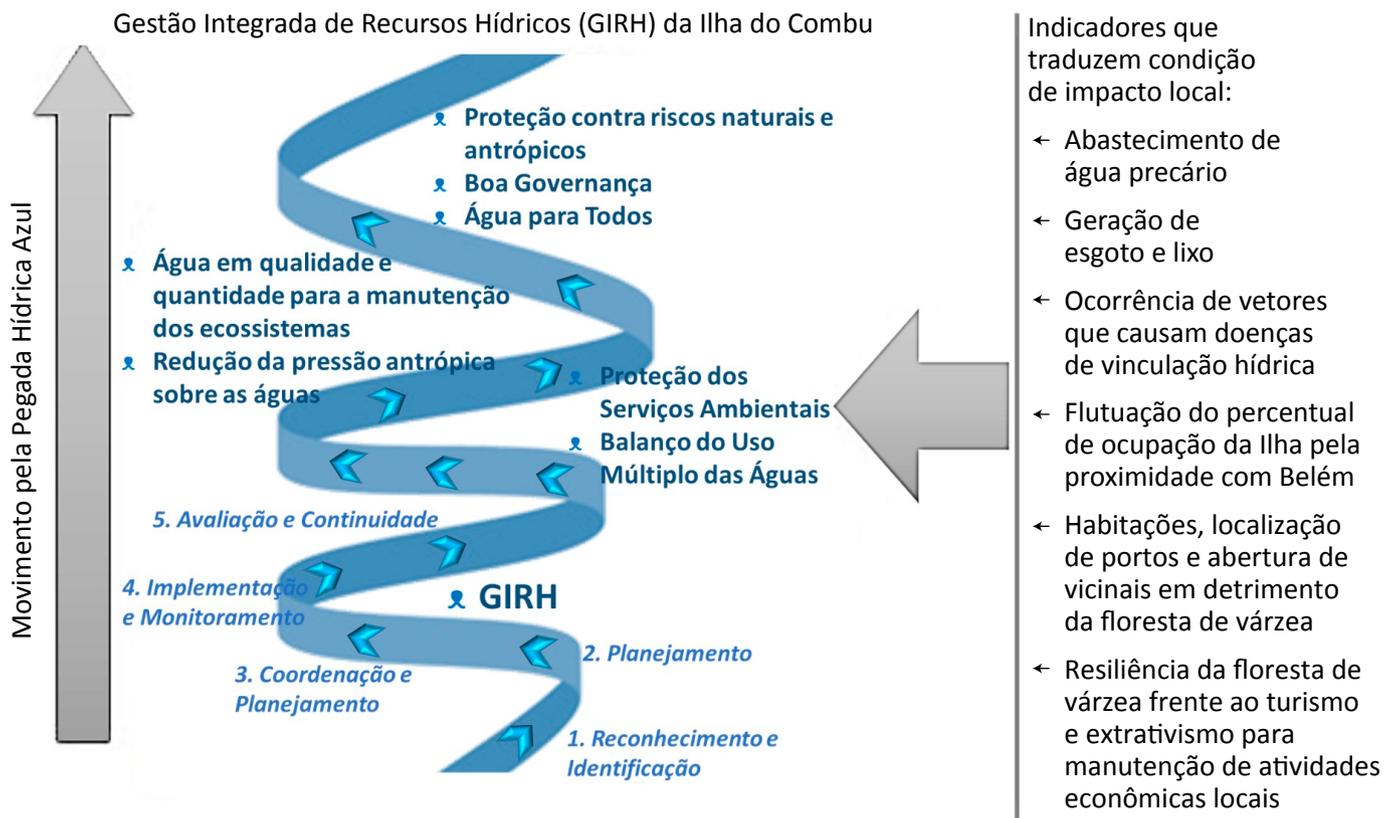
das águas para a manutenção dos ecossistemas locais e atendimento a demanda humana (Figura 4).

Os resultados obtidos resumem as demandas apontadas pelos residentes e pelo conselho gestor, destacas por Cirilo e Almeida (2015), Cirilo, Almeida e Rivero (2016) e Lima, Oliveira e Benedita (2018), vinculadas a plano de manejo, problemas de abastecimento de água e saneamento básico, expansão da ocupação, turismo desordenado e fiscalização ambiental. Os temas abordados podem ser associados a discussões mais amplas, como a questão da segurança hídrica (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2010; 2011; VOROSMARTY *et al.*, 2010), uma vez observa-se presença forte do setor de comércio e turismo na ilha, o que demanda por água para o desenvolvimento se suas atividades, sendo que o acesso ao recurso é limitado e com um custo social e econômico agregado.

Outra relação observada é da comunidade com as diversas formas de uso água, apontando como consequência a tendência ao potencialmente insustentável,

uma vez que questões como saneamento, navegação e ocupação das áreas de várzea estão ocorrendo sem o planejamento adequado em função da capacidade de resiliência da Ilha (STARZYNSKI; SIMÕES, 2015; CORDEIRO *et al.*, 2016; COELHO *et al.*, 2017).

Assim, a sustentabilidade hídrica da Ilha do Combu depende de ações voltadas à redução do impacto das atividades exercidas sobre as águas, principalmente quanto aos aspectos de qualidade e de integridade dos sistemas hídricos (ALVES; TERESA; NABOUT, 2014; KUHLMANN *et al.*, 2014). Além disso, é necessária a atuação mais emergente na educação para a sustentabilidade (OBARA *et al.*, 2015; POLLI; CAMARGO, 2015), a partir da qual a comunidade poderá construir muitos dos conceitos que vão propiciar a manutenção das condições necessárias à sua moradia (habitação, saúde, segurança, educação, saneamento), a preservação do vasto potencial ecológico da Ilha (JARDIM; VIEIRA, 2001; JARDIM *et al.*, 2007; QUARESMA; JARDIM, 2012), um dos poucos ambientes característicos de floresta de várzea da foz do Rio Guamá.



Fonte: adaptado de Mejía *et al.* (2012).

Figura 4 – Modelo aplicado a gestão integrada dos recursos hídricos da Ilha do Combu.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou a dificuldade de garantir o desenvolvimento sustentável, mesmo em espaços físicos criados para alcançar esse propósito. Por outro lado, por meio das problemáticas relatadas pelos moradores, nota-se a necessidade de políticas públicas específicas para APA insular, em razão de ser um espaço destinado à conservação dos recursos naturais, que busca garantir a qualidade de vida da população e a sustentabilidade hídrica, pois a base legal que rege sobre o SNUC no Brasil não faz distinção entre APA de terra firme e de várzea.

Esses aspectos são relevantes para consolidação do processo de desenvolvimento sustentável na UC, pois, no momento, a APA insular analisada sugere um con-

texto de vulnerabilidade que precisa ser revertido em prol do bem-estar da população e do meio ambiente.

Por outro lado, torna-se indispensável avaliar e buscar medir o nível de sustentabilidade proposto nos planos, programas e projetos na APA da Ilha do Combu, pois a variação do nível fraco para forte pode estar vinculada ao grau de envolvimento dos moradores em prol da proteção ambiental local.

Finalmente, o planejamento sugerido para gestão hídrica da APA insular tende a contribuir para a proteção ambiental da UC, em um cenário com efetividade na governança ambiental e hídrica, fortificada com base em valores coletivos, coesão e articulação dos moradores.

AGRADECIMENTOS

Aos moradores da Ilha do Combu que participaram da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), da Universidade Federal do Pará (UFPA),

por incentivar a pesquisa interdisciplinar sobre os problemas socioambientais na Amazônia.

Ao Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA), vinculado ao Instituto de Geociências da UFPA, por disponibilizar imagem de satélite utilizada nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, G. R.; ASMUS, M. L.; FERREIRA, W. Dinâmica da Governança em Unidades de Conservação: Estudo de Caso da Estação Ecológica de Carijós, Florianópolis, Brasil. Florianópolis, Brasil. *Revista Costas*, v. 1, n. 1, p. 59-86, 2019. <http://doi.org/10.26359/costas.0104>

ALVES, M. T. R.; TERESA, F. B.; NABOUT, J. C. A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 3, p. 245-253, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300004>

BOFF, L. *Sustentabilidade: o que é – o que não é*. Petrópolis: Vozes, 2012. 199 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. *Cobrança pelo uso de recursos hídricos*. Brasília: ANA, 2014.

BRASIL. *Lei nº 8.617, de 4 de janeiro de 1993*. Dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileira, e dá outras providências. Brasília, 1993.

BRASIL. *Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Brasília, 1997.

BRASIL. *Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000*. Institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. *Cobrança pelo uso de recursos hídricos*. Brasília: ANA, 2014.

CAMARGO, D. R. de. *Os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável na produção teórica em educação ambiental no Brasil: Um estudo a partir de teses e dissertações*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2016.

CIRILO, B. B. *O processo de criação e implementação de Unidades de Conservação e sua influência na gestão local: O estudo de caso da área de proteção ambiental da Ilha do Combu em Belém-PA*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

CIRILO, B. B.; ALMEIDA, O. T. de. O Conselho Gestor da Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu e a experiência da Gestão Compartilhada. Pará. *Estudos Sociais*, v. 17, n. 34, 2015.

CIRILO, B. B.; ALMEIDA, O. T. de; RIVERO, S. L. M. O processo de criação e implementação de unidades de conservação e sua influência na gestão local: o caso da Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu, Estado do Pará. *Raízes*, v. 36, n. 1, 2016.

CLEMENTE, E. C. Análise da proposta do desenvolvimento territorial na realidade brasileira. *GeoAmbiente Online*, n. 21, jul./dez. 2013. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i21.27911>

COELHO, S. C.; DUARTE, A. N.; AMARAL, L. S.; SANTOS, P. M. dos; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A. dos; SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. *Ambiente & Água*, v. 12, n. 1, p. 156-167, 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1962>

CORDEIRO, G. G.; GUEDES, N. de M.; KISAKA, T. B.; NARDOTO, G. B. Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. *Ambiente & Água*, v. 11, n. 3, p. 702-710, 2016. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1857>

CORREIA, F. *Experiências Internacionais de Universalização do Acesso à Água*. Brasília, 2013.

COSTA, E. de S.; CASTRO, N. J. C.; SILVA, B. L. A.; SILVA, S. S. S. da. Ilha do Combu: Realidades e desafios. *Saúde e Meio Ambiente*, v. 4, n. 2, p. 32-48, jul./dez. 2015. <https://doi.org/10.24302/sma.v4i2.903>

DALHUISEN, J. M.; RODENBURG, C. A.; GROOT, H. L. F.; NIJKAMP, P. Sustainable Water Management Policy: Lessons from Amsterdam. *European Planning Studies*, v. 11, n. 3, p. 263-281, 2003. <https://doi.org/10.1080/09654310303636>

DOVERS, S. R.; HANDMER, J. W. Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change*, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992. [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(92\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0959-3780(92)90044-8)

FINKLER, N. R.; MENDES, L. A.; BORTOLIN, T. A.; SCHNEIDER, V. E. Cobrança pelo uso da água no Brasil: Uma visão metodológica. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 33, p. 33-49, abr. 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v33i0.36413>

GLEICK, P. H. Water in Crisis: Paths to Sustainable Water Use. *Ecological Applications*, v. 8, n. 3, p. 571-579, 1998. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0571:WICPTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0571:WICPTS]2.0.CO;2)

GREGORY, A.; HALL, M. Urban water sustainability. In: PROSSER, I. P. (org.). *Water: science and solutions for Australia*. Collingwood: CSIRO, 2011. p. 75-88.

HEINTZ JR., H. T. Applying the Concept of Sustainability to Water Resources Management. *Water Resources Update*, n. 127, p. 6-10, 2004.

HERING, J. G.; SEDLAK, D. L.; TORTAJADA, C.; BISWAS, A. K.; NIWAGABA, C.; BREU, T. Local perspectives on water. *Science*, v. 349, n. 6247, p. 479-480, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.aac5902>

- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resource Management*, v. 21, n. 1, p. 35-48, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2010.shtm>>. Acesso em: setembro de 2018.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL E DA BIODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ (IDEFLOR-BIO). *Portal*. Disponível em: <<http://ideflorbio.pa.gov.br>>. Acesso em: 18 out. 2018.
- JARDIM, M. A. G.; SANTOS, G. C. dos; MEDEIROS, T. D. S.; FRANCEZ, D. da C. Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do estuário amazônico. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 2, n. 4, p. 67-84, 2007.
- JARDIM, M. A. G.; VIEIRA, I. C. G. Composição florística e estrutura de uma floresta da Várzea do estuário amazônico, Ilha do Combu, Estado do Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 17, n. 2, p. 333-354, 2001.
- KRANZ, R.; GASTEYER, S. P.; HEINTZ, T.; SHAFER, R.; STEINMAN, A. Conceptual Foundations for the Sustainable Water Resources Roundtable. *Water Resources Update*, n. 127, p. 11-19, 2004.
- KUHLMANN, M. L.; IMBIMBO, H. R. V.; OGURA, L. L.; VILLANI, J. P.; STARZYNSKI, R.; ROBIM, M. J. Effects of human activities on rivers located in protected areas of the Atlantic Forest. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 1, p. 60-72, 2014.
- LEAL, C. G.; POMPEU, P. S.; GARDNER, T. A.; LEITÃO, R. P.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; ZUANON, J.; PAULA, F. R.; FERRAZ, S. F. B.; THOMSON, J. R.; NALLY, R. M.; FERREIRA, J.; BARLOW, J. Multi-scale assessment of human-induced changes to Amazonian instream habitats. *Landscape Ecology*, v. 31, n. 8, p. 1725-1745, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0358-x>
- LIMA, J.; OLIVEIRA, R.; BENEDITA, B. Considerações sobre a gestão e as políticas públicas socioambientais na área de proteção ambiental da Ilha do Combu-PA. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA, 5., 2018, Manaus. *Anais...* Manaus: UFAM, 2018.
- MARQUES, R. F. J.; BILAR, A. B. C.; PIMENTEL, R. M. M.; RIBEIRO, E. P. Performance indexes for the fulfillment of conservation units' management. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n. 1, p. 50-60, 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1034.50-60>
- MATTA, R. A. de A. *Espacialidade e sustentabilidade na Ilha do Combu: Um olhar sobre a interface urbano-insular como forma de contribuir para a conservação do espaço na construção da sustentabilidade local*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- MEJÍA, A.; HUBNER, M. N.; SÁNCHEZ, E. R.; DORIA, M. *Water and Sustainability: A Review of Targets, Tools and Regional Cases*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2012. 52 p.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 14, p. 12590-1276, 2010. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1259-2010>
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 15, p. 1577-1600, 2011. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- MUSTIN, K.; CARVALHO, W. D.; HILÁRIO, R. R.; COSTA-NETO, S. V.; SILVA, C.; VASCONCELOS, I. M.; CASTRO, I. J.; EILERS, V.; KAUANO, E. E.; MENDES-JÚNIOR, R. N. G.; FUNI, C.; FEARNSIDE, P. M.; SILVA, J. M. C.; EULER, A. M. C.; TOLEDO, J. J. Biodiversity, threats and conservation challenges in the Cerrado of Amapá, an Amazonian savanna. *Nature Conservation*, v. 22, p. 107-127, 2017. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.22.13823>

NAÇÕES UNIDAS. *Direito Humano à Água e ao Saneamento*: Resolução da Assembleia Geral nº 64/292, aprovada em 28 de julho de 2010. Nova Iorque, 2010.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142012000100005>

NASCIMENTO, N. S. do; FARIAS, M. S.; LIMA, N. G. de; MIRANDA, R. S. Um estudo dos problemas ambientais da Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu Belém – PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1., 2010. *Anais...* Bauru, 2010.

OBARA, A. T.; KOVALSKI, M. L.; REGINA, V. B.; RIVA, P. B.; HIDALGO, M. R.; GALVÃO, C. B.; TAKAHASHI, B. T. Environmental education for sustainable management of the basins of the rivers Pirapó, Paranapanema III and Parapanema IV. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 4, supl. 2, p. 137-147, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.01113suppl>

PARÁ. Lei nº 6.083, de 13 de novembro de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu no Município de Belém. Belém, 1997.

PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P. de. Análise da Sustentabilidade ambiental do Sistema de Classificação das águas doces superficiais brasileiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 139-148, abr./jun. 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200005>

POLLI, G. M.; CAMARGO, B. V. Representações Sociais do Meio Ambiente e da Água. *Psicologia: Ciência e Profissão*, v. 35, n. 4, p. 1310-1326, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-3703001622013>

PRUGH, T.; ASSADOURIAN, E. What is sustainability, anyway? *World Watch*, v.16, n. 5, p. 10-21, 2003.

QUARESMA, A. C.; JARDIM, M. A. G. Diversity of epiphytic bromeliads in the environmental protection area of Combu Island, Belém, Pará, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 2, p. 290-294, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000200006>

REVEZ, J. Papel das Associações de desenvolvimento local e regional, como estrutura organizacional e funcional inovadora de gestão no desenvolvimento local: A experiência portuguesa do Alentejo. *Desenvolvimento Regional em Debate*, v. 4, n. 2, p. 115-139, jul./dez. 2014. <https://doi.org/10.24302/drd.v4i2.683>

SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 95 p.

SACHS, I. *Rumo à socioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento*. São Paulo: Cortez, 2007.

SANTOS, C. A. P. dos; SOUZA, J. S.; SOUZA, A. L. A.; SANTOS, V. C. P. O papel das políticas públicas na conservação dos recursos naturais. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 10, n. 2, 2016. <http://dx.doi.org/10.18227/1678-7226rga.v10i2.3570>

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: Uma taxonomia no Campo da Literatura. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1-22, jan.-mar. 2014.

SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE (SEMA). *Portaria nº 1.945, de 14 de outubro de 2008*. Dispõe sobre a criação do Conselho Gestor. Belém, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE (SEMA). *Portaria nº 17 de 01 de fevereiro de 2016*. Dispõe sobre a alteração do Conselho Gestor e estabelece a competência da APA Combu. Belém, 2016.

STARZYNSKI, R.; SIMÕES, S. J. Avaliação quantitativa do uso dos recursos hídricos em unidade de conservação: estudo de caso do Parque Estadual Serra do Mar. *Sociedade & Natureza*, v. 27, n. 2, p. 327-340, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320150210>

STOFFEL, J. A.; COLOGNESE, S. A. O Desenvolvimento Sustentável sob a ótica da sustentabilidade multidimensional. *Revista FAE*, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 18-37, jul./dez. 2015.

THOMAS, P. T. *Proposta de uma Metodologia de Cobrança pelo Uso da Água vinculada à Escassez*. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

TISDELL, C. Local communities, conservation, and sustainability: Institutional change, altered governance and Kant's social philosophy. *International Journal of Social Economics*, v. 24, n. 12, p. 1361-1375, 1997. <https://doi.org/10.1108/03068299710193877>

TODOROV, V.; MARINOVA, D. Models of Sustainability. *In: WORLD IMACS / MODSIM CONGRESS, 18., 2009. Cairns. Anais...* Cairns, 2009.

VARELA, L. H. F. Desafios ao direito humano à água e à sustentabilidade dos serviços em Santa Cruz, Cabo Verde. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 209-228, jan./mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc150167r1v1912016>

VOROSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P.; GLIDDEN, S.; BUNN, S. E.; SULLIVAN, C. A.; LIERMANN, C. R.; DAVIES, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, v. 467, n. 7.315, p. 555-561, 2010. <https://doi.org/10.1038/nature09440>



CÁLCULO DA LARGURA OBJETIVA DA CALHA DO LEITO REGULAR DE UM CURSO D'ÁGUA USANDO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

CALCULATION OF THE OBJECTIVE WIDTH OF A WATERCOURSE'S REGULAR RIVERBED USING UNMANNED AERIAL VEHICLE

Emanuelle Zordan de Melo 

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia (MG), Brasil.

Claudionor Ribeiro da Silva 

Docente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da UFU – Uberlândia (MG), Brasil.

Endereço para correspondência:

Emanuelle Zordan de Melo –
Universidade Federal de Uberlândia,
BR 050, km 78, Campus Glória,
Bloco 1CCG - Salas: 204A
(Secretaria) – CEP: 38410-337 –
Uberlândia (MG), Brasil – E-mail:
emanuellezm@gmail.com

Recebido em: 26/12/2018

Aceito em: 27/5/2019

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs), segundo o atual Código Florestal Brasileiro (CFB), são delimitadas a partir da largura da calha do leito regular do rio. Contudo, a medida da largura supracitada não é bem definida no CFB, apresentando subjetividade. Assim, o objetivo deste estudo é delimitar, de forma objetiva, a largura do leito regular. Para tanto, foram utilizadas imagens obtidas com um veículo aéreo não tripulado (VANT), aplicando técnicas de segmentação de imagens e o diagrama Voronoi. O experimento foi realizado em um trecho do Rio Uberabinha, Minas Gerais. A região de APP medida com esse método apresentou diferenças de 5,18% em relação à APP obtida por meio de técnicas convencionais, que desconsideram a calha do leito regular dos corpos d'água. A vantagem do método proposto está na eliminação da subjetividade das técnicas convencionais, que usam uma aproximação para essa medida.

Palavras-chave: sistema de informações geográfica; área de preservação permanente; geotecnologias; recursos naturais.

ABSTRACT

The Permanent Preservation Areas (PPAs), according to the current Brazilian Forest Code (BFC), are delimited from the width of the regular riverbed. However, the measurement of the aforementioned width is not well defined in the BFC, presenting subjectivity. Thus, the objective of this study is to objectively delineate the width of the regular riverbed. For this, images obtained with an unmanned aerial vehicle (UAV) were used, applying image segmentation techniques and the Voronoi diagram. The experiment was carried out in a stretch of the Uberabinha River, Minas Gerais. The region of APP measured with this method showed differences of 5.18% in relation to APP obtained by conventional techniques, which disregard the gutter the regular bed of water bodies. The advantage of the proposed method is in eliminating the subjectivity of conventional techniques, which use a approximation for this measure.

Keywords: geographic information system; permanent preservation area; geotechnologies; natural resources.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma vasta e complexa malha hidrográfica, na qual as formas de uso e ocupação do solo, bem como a expansão agrícola e o desenvolvimento industrial, compreendem fatores que interferem diretamente na disponibilidade e na qualidade do recurso hídrico ofertado, necessitando, portanto, de um acompanhamento acerca da conservação deste recurso natural (TE-RUYA JUNIOR *et al.*, 2016; NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Entre os marcos regulatórios que regem sobre a temática hídrica no país, importa destacar o atual Código Florestal — Lei nº 12.651/2012, que revoga a Lei nº 4.771/1965, antigo Código Florestal, sendo alterado e complementado pela Lei nº 12.727/2012 e pelo Decreto nº 7.830/2012, sancionado efetivamente em 25 de maio de 2012. A referida legislação corrente dispõe acerca da proteção da vegetação nativa, instituindo as chamadas Áreas de Preservação Permanentes (APPs), que compreendem áreas protegidas, cobertas, ou não, por vegetação nativa, cuja função ambiental abrange, entre outras, a preservação dos recursos hídricos (BRASIL, 2012).

Segundo Coelho, Buffon e Guerra (2011), a vegetação ciliar compreende uma zona essencial para a preservação da qualidade da água. Dessa forma, as APPs de um determinado curso d'água têm predominantemente a função protetora dos recursos hídricos. Essas áreas legalmente protegidas proporcionam ainda o fluxo gênico entre as espécies florísticas e faunísticas, fomentando a formação de corredores ecológicos e diminuindo, por conseguinte, a fragmentação do habitat (BRASIL, 2012).

No âmbito do Estado de Minas Gerais, a regulamentação se dá pela Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, figurando as APPs em conformidade à esfera federal. Para além, o art. 9º, inciso I, da legislação estadual, determina como APPs as faixas marginais localizadas ao longo de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, medidas a partir da borda da calha do leito regular, cuja largura mínima de proteção varia entre 30 e 500 m (MINAS GERAIS, 2013).

Nota-se, nesse contexto, a intrínseca relação entre a correta delimitação da chamada “calha do leito regular”, ou seja, da largura do bem salvaguardado

(curso d'água/rio), com a respectiva extensão a ser protegida nos termos da vegetação nativa ciliar. Conforme apontamento realizado por Campagnolo *et al.* (2017), para a legislação federal, que pode ser igualmente aplicado à esfera estadual, o gargalo apresentado pelo texto legal refere-se à ausência do descritivo das características que devem ser observadas *in loco* para tal delimitação.

Diversas pesquisas recentes têm a proposta de delimitar e apontar conflitos habituais em áreas de preservação permanente, como, por exemplo, aqueles relacionados a uso e ocupação do solo (SILVA; LEMOS; MORAES, 2014; SANTOS *et al.*, 2014; FERRARI *et al.*, 2015; ALVES; FERREIRA, 2016; CUNHA; LUCENA; SOUSA, 2017), conflitos socioambientais (OLIVEIRA; REIS, 2017) e impactos ambientais (ARAÚJO, 2015; ALVES; MEDEIROS, 2016; SILVA; BACANI, 2017). Contudo, as análises geralmente são desenvolvidas com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, no âmbito de bacias hidrográficas, nas quais, para que sejam viabilizadas, a escala empregada é comumente generalista. Além disso, são frequentemente utilizadas formas manuais pouco precisas e até equivocadas para determinar a largura dos cursos d'água associados e, conseqüentemente, estabelecer a metragem das APPs.

Corroborando a problemática, Campagnolo *et al.* (2017) destacam que são muitas as limitações da análise do Código Florestal Brasileiro (CFB), como a ausência de um registro cartográfico unificado da malha fundiária nacional, mapas em escala de detalhe da rede de drenagem, registro das larguras dos rios e de uma base integrada por todos os remanescentes de vegetação nativa nos seus vários estágios de conservação e regeneração.

A Lei nº 20.922/2013 descreve, de forma simplista, em seu art. 2º, inciso XVIII, que o leito regular é “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano”. Segundo a referida legislação, faz-se necessária a definição e delimitação do leito considerado regular, para determinado curso d'água, para posterior cálculo da largura da APP (MINAS GERAIS, 2013). Assim, tendo por referência os limites imediatos das bordas da calha delimitada, calcula-se a largura do corpo hídrico como sendo a distância entre essas duas bordas. A partir dessas bordas e da largura do curso

d'água, torna-se possível a projeção da faixa marginal de vegetação a ser preservada em cada lado da calha (MEDEIROS, 2013).

Alguns fatores merecem destaque diante da possibilidade de influenciarem diretamente a delimitação proposta pela legislação, entre eles, a sazonalidade observada para o local, as características físico-geográficas do corpo hídrico em análise, além do método escolhido pelo observador para realizar a delimitação da calha. Esse último fator é o mais subjetivo dos três, por não ser exato e depender do conhecimento de cada analista. Somado à dificuldade na definição exata da calha está o método de levantamento dessa informação, que tradicionalmente é moroso e oneroso, como a topografia. Nesse contexto, as geotecnologias, em es-

pecial os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) aliados à Fotogrametria e ao Sensoriamento Remoto, fornecem significativo subsídio para a otimização desses estudos, minimizando custos e tempo de execução (SOUZA *et al.*, 2014).

Ante o exposto, a presente pesquisa objetivou propor uma metodologia para delimitar e representar, de forma única e objetiva, a calha do leito regular de cursos d'água e, conseqüentemente, das APPs, de forma a retirar a subjetividade inerente às legislações regulamentadoras e atenuar as divergências metodológicas nas mensurações. Para tanto, serão utilizadas imagens obtidas com o auxílio de um veículo aéreo não tripulado (VANT) e técnicas de processamento digital de imagens, integradas em um SIG.

GEOTECNOLOGIAS NO MAPEAMENTO AMBIENTAL

Os denominados SIGs compreendem ferramentas que atuam diretamente com a localização espacial dos dados, a partir do seu tratamento computacional. Para viabilizar e fundamentar tal atuação, torna-se necessário que as informações geográficas a serem trabalhadas em ambiente SIG estejam georreferenciadas, ou seja, que tenham localização espacial na superfície terrestre, representada, no mínimo, por um par de coordenadas no espaço cartesiano bidimensional (CÂMARA; QUEIROZ, 2004).

Nesse sentido, conforme destacam Worboys e Duckham (2004), os SIGs compreendem sistemas computacionais capazes de capturar, modelar, armazenar, recuperar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos. Comumente, esses sistemas trabalham com arquivos nos formatos matricial “*raster*” e vetorial “*shapefile*” (ESRI, 1998), armazenando as informações geoespaciais em forma de matriz e vetores. Os arquivos *shapefiles* suportam feições geométricas de pontos, linhas e polígonos (área), compreendendo ainda o armazenamento de informações de atributos no formato de arquivo dBASE®.

Conforme destaca Florenzano (2011), a utilização dos SIGs associados às técnicas de sensoriamento remoto, com o uso de imagens de satélite, permite o desenvolvimento de estudos regionais e integrados, a partir do manuseio de dados georreferenciados provenientes de diversas fontes, objetivando a identificação de ações antrópicas variadas, ocorridas em um determinado local

de interesse. Ainda nesse sentido, pode ser destacado o crescente uso dos VANTs (tradução do termo UAV — *unmanned aerial vehicle*), popularmente conhecidos como Drones, em estudos ambientais. Os VANTs compreendem veículos aéreos que variam entre pequeno e médio porte, cuja principal característica consiste no fato de serem aeronaves pilotadas remotamente, sem a necessidade de um piloto para condução. Esses veículos são parcial ou totalmente autônomos, capazes de carregar pequenas cargas embarcadas, podendo ser dotados de sensores como câmeras filmadoras, fotográficas e multiespectrais (MEDEIROS, 2007).

A Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), classifica Aeronave Remotamente Pilotada (*Remotely-Piloted Aircraft System* — RPAS) como a aeronave não tripulada, pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação. Para além da legislação, o referido órgão trabalha ainda o conceito de Drone como o termo utilizado de forma coloquial e popular para se referir aos equipamentos remotamente pilotados, contudo, o termo *drone* é genérico. Dessa forma, será adotado neste texto o termo VANT.

Entre os diversos benefícios acarretados pelos VANTs podem ser destacados o fácil manuseio e a pilotagem, propiciando o mapeamento da superfície em alta resolução tanto espacial, devido à elevada qualidade do sensor (câmera), quanto temporal, mediante a possibilidade de voos frequentes (VIDAL, 2013; VIVONI *et al.*,

2014; KAKAES *et al.*, 2015). Destaca-se que as imagens aéreas de alta e média resolução espacial podem ser usadas nos mapeamentos em grandes escalas, proporcionando a detecção de objetos em detalhes na superfície levantada, seja em ambientes urbanos ou rurais. Especificamente no contexto ambiental, diversos autores, como Silva *et al.* (2018), Gamarra *et al.* (2016) e Mendes *et al.* (2016), evidenciam o uso das geotecnologias associadas ao planejamento territorial e ambiental, objetivando fomentar a conservação ambiental. No cenário hídrico, Casado *et al.* (2015) apontaram a forte dependência da utilização de imagens de alta resolução obtidas com VANT para obtenção das

características hidromorfológicas de forma automatizada do Rio Dee near Bala dam, no País de Gales, Reino Unido; além disso, conforme apontam Wilkowski *et al.* (2017), dados obtidos com VANT tornam possível determinar a linha de cursos de água naturais.

Assim, os VANTs representam um avanço para o setor de mapeamento ambiental, principalmente quando aliados às técnicas desenvolvidas no âmbito dos SIGs (NEX; REMONDINO, 2014), podendo fornecer, além de imagens com alta qualidade, Modelos Digitais de Terreno (MDTs) e de Superfície (MDEs), polígonos de bacias hidrográficas, redes de drenagem, mapas de declividade, entre outros.

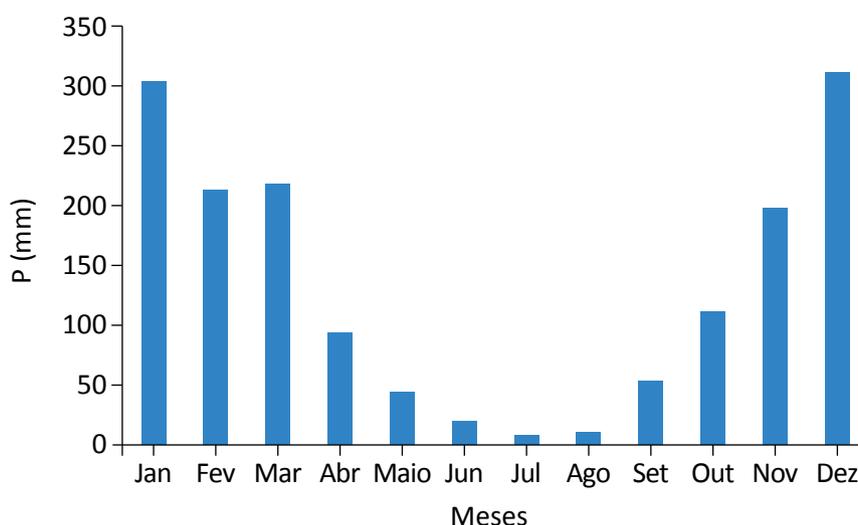
ANÁLISE DA SAZONALIDADE PLUVIOMÉTRICA

Em concordância ao embasamento legal supradescrito, a calha do leito regular do rio é definida pelo Código Florestal Federal e Estadual (Minas Gerais) como sendo “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano”. Nesse contexto, é necessária a análise do cenário hídrico de inserção da área de estudo, sendo considerada, para tanto, a pluviometria do município.

De acordo com Silva *et al.* (2015), a classe climática da região em estudo é definida como Aw, segundo classificação de Köppen e Geiger. As estações chuvosas e

secas são bem definidas, sendo evidenciados os menores valores de precipitação de maio a setembro, conforme explicitado na Figura 1. Por outro lado, de outubro a abril concentram as maiores precipitações pluviométricas (Figura 1), com maior destaque para dezembro e janeiro.

Segundo Bertoni e Tucci (2014), existe uma relação intrínseca entre as chuvas e a vazão de uma bacia ou rio. Partindo desse princípio, pode-se inferir que o mês de setembro (fim do período seco em Uberlândia, Minas Gerais) representa o melhor momento para a



Fonte: Silva *et al.* (2015).

Figura 1 – Precipitação pluvial média mensal (P) de Uberlândia, Minas Gerais, nos períodos de 1981 a 1985 e de 1991 a 2013.

visualização da cota mínima. Nessa perspectiva, o mês de dezembro (centro do período chuvoso local) se apresenta como ideal para a observação das maiores cotas dos cursos de água da região.

O mês de setembro favorece a definição do leito menor da calha de um rio e o de dezembro permite a delimitação do leito maior (Figura 2). O Código Florestal revogado (Lei nº 4.771/1965) previa a delimitação das

APPs ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto, sendo, para tanto, favorecido o período mais chuvoso. Por outro lado, levando em consideração o Código Florestal Estadual vigente (Lei Estadual nº 20.922/2013 — MINAS GERAIS, 2013), a delimitação das APPs é definida a partir da calha do leito regular do curso d'água, que é mais bem representada em períodos de seca, na qual o nível da água é rebaixado à calha real do rio.

DIAGRAMA DE VORONOI

O diagrama de Voronoi, também conhecido como polígonos de Thiessen, é utilizado para resolver problemas que envolvam conceitos de proximidade em um plano. Essa função é comumente aplicada na matemática, em que dado um conjunto de n pontos $P = \{p_1, \dots, p_n\}$, a região de Voronoi do ponto p_i , representado por $V(p_i)$, compreende o conjunto de pontos tão próximo a p_i quanto de qualquer outro ponto em P , isto é, $V(p_i) = \{x \mid |p_i - x| \leq |p_j - x| \forall 1 \leq j \leq n\}$.

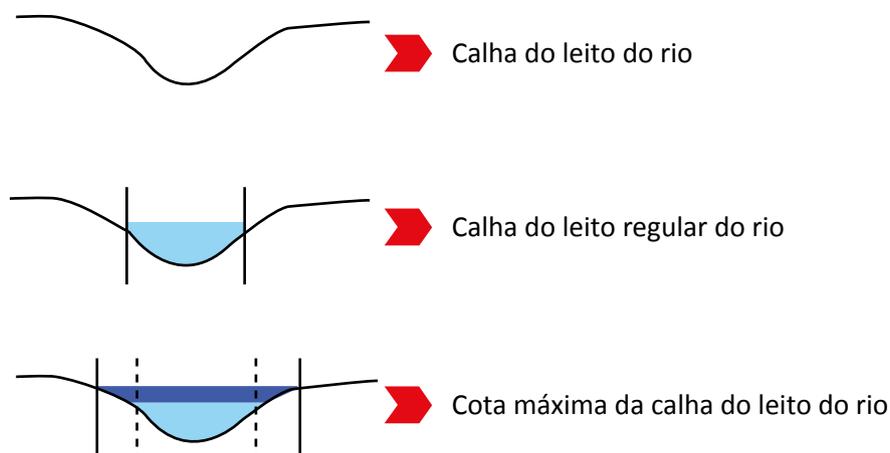
Segundo Moura (2009), o princípio do diagrama de Voronoi é de que, considerando que em um plano existem pontos que estão mais próximos de uma fonte geradora do que de outra fonte, o resultado é um polígono de cujas distâncias entre a fonte e o ponto são as menores possíveis. Entre as diversas aplicações desse diagrama, pode-se destacar a obtenção da linha de centro de um polígono complexo. Por analogia, nos casos em que um curso d'água é delimitado a partir de suas duas margens, a linha de centro do polígono compreende o eixo central efetivo do rio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo da presente pesquisa compreende parte do trecho do Rio Uberabinha, cuja bacia hidrográfica se situa no estado de Minas Gerais, na Mesorregião Geográfica do

Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, abrangendo terras dos municípios de Uberaba (20% da área da bacia), Uberlândia (70% da área da bacia) e Tupaciguara (10% restantes).



Fonte: Autores (2018).

Figura 2 – Diferenciações na calha do leito do curso d'água.

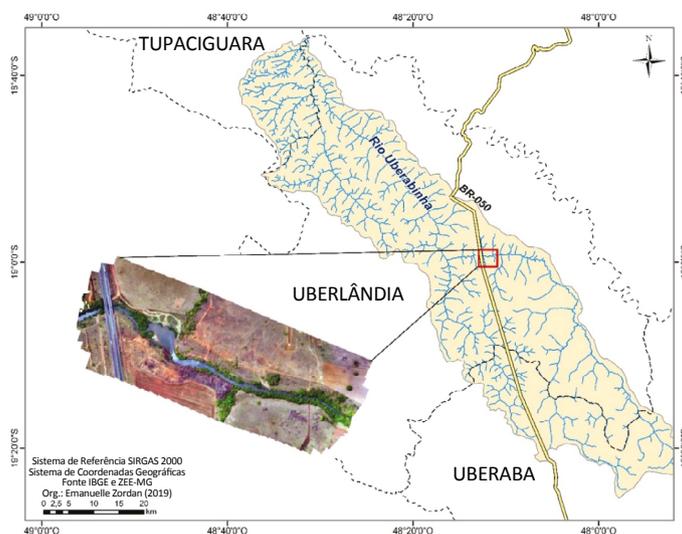
O referido curso d'água tem aproximadamente 155 km de extensão e atravessa todo o município de Uberlândia, contempla suas nascentes no município de Uberaba e desagua no baixo curso do Rio Araguari, conforme disponibilizado no Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG, 2018). O trecho de análise da presente pesquisa tem 960 m de extensão (em linha reta) e está localizado próximo à ponte do Rio Uberabinha, na BR-050, região do Poço Azul, no sentido de Uberlândia-Uberaba, conforme apresentado na Figura 3.

Materiais

Para desenvolvimento do presente artigo foram utilizadas como material de apoio as imagens obtidas a partir de um VANT, produzido pela empresa chinesa DJI, modelo Phantom 3 Standart, multirrotor de asas rotativas, cujas especificações técnicas encontram-se descritas na Tabela 1. O referido aparelho vem acompanhado do

software DJI GO, que permite a comunicação por rádio de 2.4 GHz, com alcance de aproximadamente 1 km na função de voo autônomo (piloto automático).

A ortofoto foi gerada no Agisoft 3.2, que é um *software* fotogramétrico próprio para processamento de fotos de



Fonte: Autores (2018).

Figura 3 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha com destaque para o trecho em estudo.

Tabela 1 – Especificações técnicas do veículo aéreo não tripulado Phantom 3 Standart.

Peso (incluindo bateria e hélices)	Sensor	Lente	Tamanho da imagem	Formato da imagem
1216 g	1/2.3" CMOS Effective pixels: 12 M	FOV 94º 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8	4.000 × 3.000	JPEG, DNG (RAW)

Fonte: DJI (2018).

drones. Ademais, para executar a vetorização das margens e eixo (calha do leito) do Rio Uberabinha, foram utilizadas as ferramentas do *software* ArcGIS versão 10.3, conforme

detalhado adiante. Oportuno mencionar que esses *softwares* se encontram disponíveis na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), para utilização acadêmica.

Delimitação da calha do leito regular do curso d'água

Para obtenção do eixo referente à calha do leito regular do trecho em estudo no Rio Uberabinha, foi aplicada uma sequência de técnicas de processamento de

imagens implementadas nos softwares Agisoft e ArcGIS 10.3, conforme apresentado no fluxograma (Figura 4) e detalhado nos itens subsequentes.

Levantamento aerofotogramétrico com VANT

Como o objetivo deste estudo é delimitar a calha do leito regular do rio, a partir do seu eixo central, foi escolhido o período de estiagem na região para coleta das fotos aéreas. Assim, o voo para obtenção das imagens foi planejado para o mês de setembro.

de programada para o voo foi de 15 m/s. Nessa configuração, o GSD da ortofoto gerada foi de 3,51 cm.

O voo foi executado com altura de 100 m e com sobreposições laterais e longitudinais de 60 e 70%, respectivamente. Nessa configuração, foram coletadas 146 fotos distribuídas em 5 linhas de voos. A velocidade

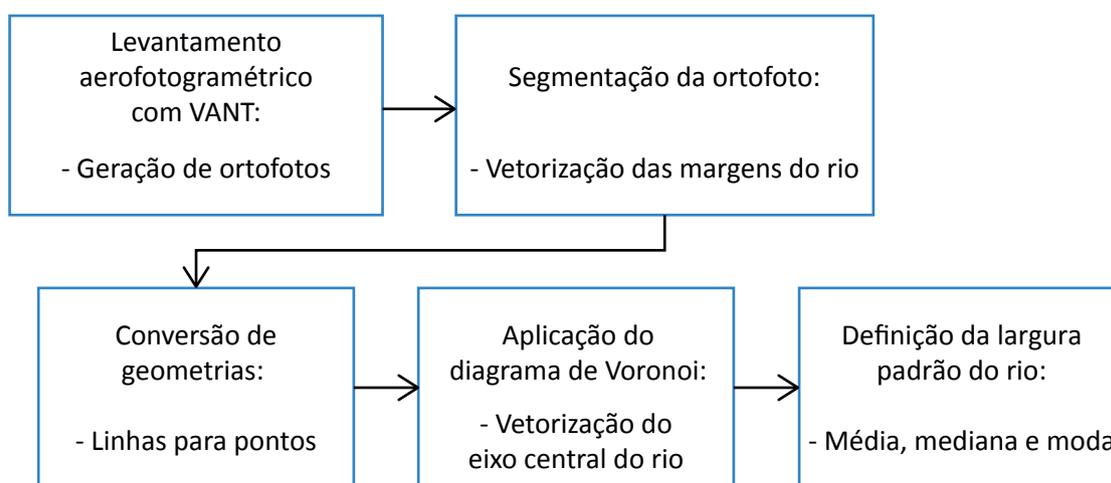
de programação para a geração da ortofoto está delineado no *software* Agisoft, incluindo:

- o alinhamento das fotos;
- geração de malha de pontos correspondentes/homólogos em imagens sequenciais;
- geração da ortofoto por meio de ajustamento do conjunto de fotos obtidas.

Vetorização das margens e do eixo central do curso d'água

Tendo por base a ortofoto gerada com dados de VANT, foi realizada uma segmentação almejando a extração de toda a área molhada do rio, isto é, de toda a área coberta pela lâmina d'água do Rio Uberabinha. Foi utili-

zado o segmentador de deslocamento médio (*Segment MeanShift*), implementado no *software* ArcGIS, para executar essa tarefa. É um segmentador que apresenta bons resultados na análise de imagens, como exposto



Fonte: Autores (2018).
VANT: veículo aéreo não tripulado.

Figura 4 – Fluxograma para delimitação da calha do leito regular do Rio Uberabinha no trecho em estudo.

por Long *et al.* (2018), que destacam que o algoritmo de deslocamento MeanShift tem uma ampla gama de aplicações em razão do seu excelente desempenho na segmentação.

Na sequência, o arquivo *raster* (matricial) segmentado foi convertido em um arquivo vetorial de tipologia polígono, usando o ArcGIS, tendo por base a ferramenta “*Raster to polygon*”, que se encontra inserida no menu “*Convert Features*”. Posteriormente, foram retirados os ruídos do *shapefile*, obtido com o traçado semiautomático, resultando um polígono único, correspondente à calha do Rio Uberabinha. Esse procedimento foi realizado no mesmo *software*, a partir da ferramenta “*Trace*” implementada no menu “*Editor*”. As linhas de borda do vetor segmentado foram extraídas convertendo-se em linhas, o arquivo vetorial de tipologia polígono, usando a ferramenta “*Feature to line*”, inserida no menu “*Convert Features*”, também implementada no ArcGIS10.3. O arquivo resultante foi armazenado no formato vetorial (*shapefile*).

Em um passo seguinte foi criado um arquivo com pontos representantes das linhas/bordas com o intuito de aplicar a técnica do “diagrama de Voronoi”, para obtenção do eixo do rio (leito regular). O arquivo de pontos foi criado aplicando a ferramenta “*Construction Points*”,

Padronização da largura do rio

A padronização da largura do rio foi aplicada apenas no melhor resultado obtido com a aplicação do Diagrama, dentre os três cenários de equidistância supradescritos. Definido o eixo central do rio, todos os vetores/lados dos polígonos de Voronoi com origem no eixo central e término nas margens do rio foram armazenados em arquivo único para realização da medida da largura padrão desse curso d’água. A partir desses vetores foi avaliada a melhor medida que padronize a largura do Rio Uberabinha, no trecho estudado. Foram analisadas três medidas estatísticas de tendência central: média, moda e mediana.

A média aritmética foi obtida pela razão da somatória dos tamanhos de todos os vetores/lados, separados na fase

inserida no menu “*Editor*” do ArcGIS, que permite a geração de pontos ao longo da linha, distanciados entre si por uma distância preestabelecida. Neste estudo, foram avaliados três cenários com distâncias distintas para a geração do diagrama de Voronoi: com pontos equidistantes de 3, 5 e 10 m.

Finalmente, foi aplicada a técnica do diagrama de Voronoi no arquivo de pontos representantes das margens do rio, nos três cenários de equidistâncias supracitados. Para tanto, aplicou-se a função “*Create Thiessen Polygons*”, implementada no ArcGIS10.3, cuja execução é a seguinte: cada célula é obtida a partir da interseção de semiespaços e, portanto, corresponde a polígonos convexos. Nesse contexto, os segmentos do diagrama de Voronoi são todos os pontos do plano equidistantes aos dois sítios mais próximos. Ademais, os vértices (nós) de Voronoi são os pontos equidistantes de três ou mais sítios.

O eixo central (leito regular) foi criado com a conexão dos segmentos de retas que representam o lugar geométrico das margens do rio, definido pelo diagrama de Voronoi. De posse dos vetores que retratam o leito regular do rio e suas margens, tornou-se possível a definição de larguras padrão para o curso d’água, caracterizando a proposta deste estudo.

anterior, pelo número total de vetores/lados. A moda foi obtida como a medida mais frequente no conjunto de vetores/lados supracitado. Para facilitar a obtenção dessa medida, os tamanhos dos vetores/lados foram arredondados para o inteiro mais próximo. Por fim, a mediana foi adquirida pelo valor correspondente ao vetor/lado que separa a metade maior e a metade menor do conjunto de dados ordenado crescentemente.

A validação da melhor representação estatística da largura do curso d’água foi feita comparando-se as representações do leito regular do rio com a evidência manual/visual efetuada *in loco*, pelos próprios autores, das linhas das margens do rio em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ortofoto foi gerada com GSD (*Ground Sample Distance*) de 3,51 cm. A área total coberta pelo voo foi de

42,5 ha. Foi utilizado o sistema de referência WGS84 (EPSG4326) e a projeção UTM (fuso 22).

Em seguida, a ortofoto foi submetida ao processo de segmentação e o resultado foi apresentado em formato vetorial. Foi observado na ortofoto segmentada que ocorreu a distinção clara das diferenças espectrais mais significativas, propiciando o agrupamento dos objetos semelhantes. Nesse processo, ocorreu a presença de muitos ruídos, como pode ser visto na Figura 5A. Esses ruídos foram eliminados no processo de extração de bordas/margens do segmento que representa a calha do rio estudado (utilizando a ferramenta “Trace”), conforme ilustrado na Figura 5B.

De posse do segmento único que representa o rio, já no formato vetorial, foram retiradas as linhas de borda desse segmento para representarem as margens do trecho Rio Uberabinha. A extensão calculada para a margem superior (MS) do trecho em estudo do Rio Uberabinha foi correspondente a 2.885,578 m, enquanto a margem inferior (MI) apresentou 2.793,964 m.

As margens extraídas na forma de linhas foram convertidas em pontos equidistantes com 3,00, 5,00 e 10,00 m, para posterior aplicação do diagrama de Voronoi. Os arquivos de pontos gerados apresentaram as características dispostas na Tabela 2.

Nota-se, com base na Tabela 2, que o número de pontos se comporta de forma inversamente proporcional à magnitude da equidistância, isto é, decrescendo à medida que os valores da equidistância aumentam. Por outro lado, a relação entre o comprimento do eixo central do curso d'água e a equidistância é diretamente proporcional, ou seja, havendo incremento no comprimento, a equidistância é aumentada. Isso ocorre porque as menores medidas de equidistâncias provocam menor desvio na direção real do eixo.

Conforme exemplificado na Figura 6, o resultado obtido a partir da equidistância de 10,00 m (linha preta) apresentou falhas em determinados trechos, em que o eixo central do rio chegou a extrapolar as margens. A equidistância com 5 m apresentou resultados (linha azul) mais efetivos que a de 10,00 m, porém também apresentou desvios consideráveis em relação ao eixo central. Entre as três equidistâncias testadas, a menor, com 3 m, foi a que apresentou um cenário mais detalhista, preservando a sinuosidade original do trecho estudado no Rio Uberabinha (linha vermelha). O eixo central obtido com essa equidistância foi de 1,09 km.

O resultado obtido a partir da equidistância com 3,00 m foi escolhido para a geração do eixo central

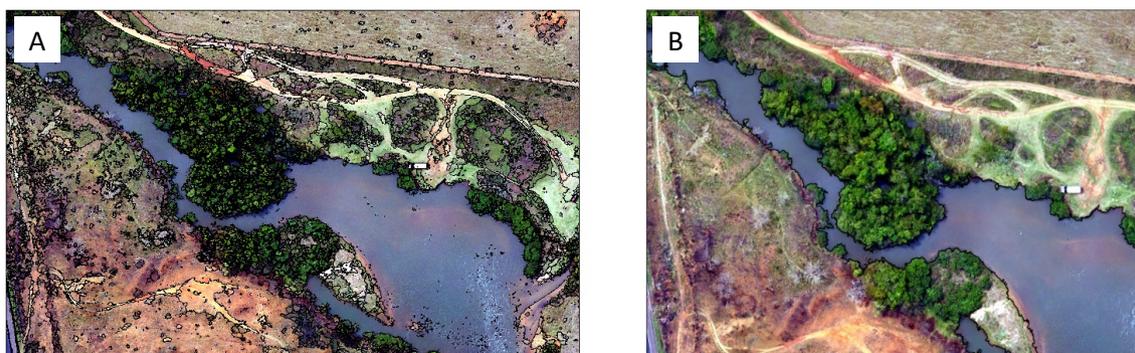


Figura 5 – (A) Imagem segmentada em polígonos e (B) imagem vetorizada.

Tabela 2 – Comprimento do eixo central extraído com as diferentes equidistâncias.

Equidistância (m)	Número de pontos	Comprimento do eixo central (m)
10,00	567	1.112,45
5,00	1.135	1.096,78
3,00	2.853	1.095,50

do rio, devido a melhor qualidade em relação às outras duas equidistâncias. Escolhido esse eixo como referência, o passo seguinte foi coletar as distâncias/comprimentos dos segmentos de reta, gerados pelo diagrama de Voronoi. Nesse processo, foram gerados 758 segmentos, distribuídos para ambos os lados do rio. Cada segmento corresponde a um lado de um polígono de Voronoi, que representa a distância entre o eixo central extraído e os pontos gerados sobre a linha de margem do rio, como ilustrado na Figura 7.

Pode ser observado na Figura 7 que cada segmento de reta do diagrama de Voronoi corresponde à metade da largura do rio. Portanto, o cálculo da medida da largura do rio foi realizado para cada metade e, posteriormente, multiplicada por dois, para obter a medida real da

largura do curso d'água em questão. Como proposto neste estudo, o cálculo da largura foi realizado por três medidas estatísticas de tendência central: média, moda e mediana. Os resultados obtidos com essas três medidas estatísticas estão expostos na Tabela 3.

Conforme resultados de largura máxima e mínima explicitados na Tabela 3, pode-se evidenciar que o trecho analisado do Rio Uberabinha contempla larguras significativamente variáveis ao longo de sua extensão. Em concordância ao relatado por Cardoso, Ramos e Mello (2008), no referido rio ocorrem ecossistemas distintos, com formações de lagoas devido à exploração intensiva de argila e cascalho, além de drenagens no solo para desenvolvimento da agricultura e pecuária, o que provoca alargamento do leito desse rio em al-



Figura 6 – Eixos detectados com diferentes equidistâncias: eixo central vermelho (3,00 m); eixo central azul (5,00 m); eixo central preto (10,00 m).



Figura 7 – Recorte do eixo central e de segmentos de reta definidos pelo diagrama de Voronoi (equidistância de 3,00 m).

guns trechos. Nesse contexto, importa destacar que os elevados valores de largura encontrados para o trecho estudado se referem à presença de uma lagoa artificial, comumente denominada “Poção Azul”, formada por ação antrópica, possivelmente para a extração de minerais em tempos remotos.

Ainda em análise à Tabela 3, a média apresentou maior valor de largura (12,00 m) e a moda indicou o menor valor (8,00 m) para a representar a largura do Rio Uberabinha. Fazendo uso das larguras do rio obtidas por meio das medidas estatísticas (moda, média e mediana), foram gerados *buffers* a partir do eixo central do curso d'água e representados sobre a ortofoto (Figura 8).

A sobreposição dos resultados permitiu avaliar que a medida da média é a que melhor condiz com a realidade da calha do leito regular do corpo hídrico em análise. É possível realizar essa análise ao observar a sobreposição do *buffer* criado com a medida da média com as linhas representantes das margens originais (linha preta) do rio.

Nascimento *et al.* (2017) destacam em seu trabalho a dificuldade operacional de individualização das mar-

gens do curso d'água com largura inferior a 10,00 m, utilizando imagens gratuitas do satélite Landsat-8, haja vista a média resolução espacial das bandas, sendo necessária a utilização de ferramentas complementares para promover a correta avaliação das categorias de APPs. Esse fato revela a necessidade de uso de produtos com melhor resolução espacial, como as imagens de VANT, usadas neste estudo. A ortofoto gerada a partir das imagens VANT apresenta resolução espacial inferior a 10 cm, o que mostra ser um produto de alta qualidade geométrica para esse tipo de estudo.

Campagnolo *et al.* (2017) listam em um tópico específico as dificuldades em determinar a APP a partir do leito do rio, como a presença de vegetação, encobrindo o leito regular, presença de ilhas e praias fluviais e a presença de meandros abandonados. Contudo, fundamentados em uma técnica morosa e onerosa, esses autores promovem a correta delimitação do leito regular do Rio Arroio Grande utilizando Estação Total e destacam o comprometimento da visualização do leito do rio por meio de imagem de satélite, por conta da vegetação existente. A realização de várias medidas de largura, como proposto neste estudo, tende a reduzir esse problema, uma vez que são contabilizadas medi-

Tabela 3 – Medidas estatísticas de tendência central para a definição da largura do rio.

Largura máxima (m)	Largura mínima (m)	Média (m)	Moda (m)	Mediana (m)
70,00	0,80	12,00	8,00	10,00



Figura 8 – Buffers criados com as larguras obtidas a partir da moda (amarelo), mediana (verde) e média (magenta).

das de larguras de trechos do rio com presença e outro sem a presença de árvores.

Em casos extremos, como os locais nos quais ocorreu alargamento do rio, essas medidas apresentam grande variação em relação à realidade (Figura 9). Todavia, como são trechos curtos, como lagos represados com poucos metros de extensão, essas medidas de largura acabam por ser assertivas devido ao ajuste ocorrido nas demais extensões do corpo d'água, como ilustrado ao longo de todo o trecho representado na Figura 8 e em grande parte do trecho mostrado na Figura 9.

Quando comparados os três cenários analisados em relação às diretrizes preconizadas pelo Código Florestal Estadual (Lei nº 20.922/2013 — MINAS GERAIS, 2013), percebe-se inconsistência nos resultados, pois, segundo o art. 9º, inciso I, a medida da moda (8,00 m) induz a delimitação de uma APP de 30,00 m apenas, haja vista que essa regra é aplicada aos cursos d'água de menos de 10,00 m de largura. Por sua vez, as medidas de mediana e média, 10,00 e 12,00 m, respectivamente, acarretam faixa para APPs de 50,00 m, pois representam os cursos d'água com largura igual ou superior a 10,00 m e menor que 50,00 m.

Com base em medidas de largura do rio Uberabinha realizadas *in loco*, o valor igual ou acima de 10,00 m é mais assertivo. Nesse contexto, a medida da moda deve ser descartada, uma vez que 8,00 m não representam fielmente o trecho do rio estudado. A Figura 10 apresenta os *buffers* representativos das APPs conside-

rando o cenário legal e aqueles determinados pelas medidas de mediana e média.

Como dito e claramente ilustrado na Figura 10, a largura do rio calculada a partir da medida da média aproxima mais da realidade em comparação com a medida da largura pela mediana. Em uma análise quantitativa, para todo o trecho do rio avaliado, a diferença entre a área da APP legalmente aceita e as áreas das APPs calculadas pelas medidas da média e mediana são, respectivamente, 5,18 e 5,36%. São valores modestos e que podem até ser desprezados, sem grandes perdas ambientais, por ocorrer compensação de áreas em trechos distintos.

Dessa forma, ao se desconsiderarem as áreas afetadas pelo represamento artificial, as diferenças quantitativas entre a APP prevista no cenário legal e aquelas calculadas pelas medidas estatísticas de média e mediana reduzem para 1,38 e 1,20%, respectivamente. Nota-se, dessa forma, que ao se retirar apenas o trecho da represa o acerto entre a APP prevista na legislação e aquelas calculadas no presente estudo é maior, evidenciando a aplicabilidade da metodologia proposta também em cursos d'água que não têm esse comportamento. Isso mostra o ganho do método proposto tendo em vista o bom ajuste, independentemente da forma do objeto em estudo. Outro ganho está relacionado com a qualidade geométrica do dado usado (imagens VANT com altíssima resolução espacial), o que permite a elaboração de um produto cartográfico em grande escala e com alta resolução temporal.



Figura 9 – Trecho do rio com alargamento artificial.

Os produtos cartográficos convencionais (cartas topográficas) não possibilitam a delimitação da APP dos rios de forma direta, devido ao fato de os corpos d'água serem representados por linhas simples, o que inviabiliza a identificação da largura dos mesmos, como apresentado em Campos e Matias (2012). Assim, para medirem as larguras dos cursos d'água de uma bacia localizada em São Paulo, esses autores fizeram uso de dados/imagens disponíveis no site do Google Earth, mesmo não sendo o mais apropriado, em razão da qualidade geométrica questionável. Por esse motivo, no presente estudo foram utilizados dados de melhor qualidade geométrica, que são as imagens VANT, processadas com os cuidados fotogramétricos.

Teruya Junior *et al.* (2016), ao realizarem o mapeamento das APPs de hidrografia do Rio Formoso, representaram, em função da largura inferior a 10,00 m, a maioria dos rios como um único vetor, sendo gerado um *buffer* de 50 m a partir do eixo central desses rios, ao longo de toda a extensão, para representar as APPs, computando equivocadamente o leito dos cursos d'água como faixa de preservação. Portanto, é necessário que se

meça antes a largura do leito do corpo d'água para posterior medida da APP, que deve ser medida, legalmente, a partir do leito regular do rio. O método proposto no presente estudo tem essa preocupação, propondo uma medida estatística única para representar a largura do leito regular do rio.

A medida da largura do corpo d'água de forma mais acurada torna-se importante, uma vez que uma simples aproximação pode causar danos consideráveis, tanto ambiental quanto de produção. O estudo de Campagnolo *et al.* (2017) mostra esse disparate; esses autores, ao analisar o leito maior hidrológico (LMH) do Rio Arroio Grande, adotaram a largura da faixa de 50 m, considerando a coerência com a paisagem existente, mesmo que em alguns pontos a largura do LMH fosse de mais de 700 m. A justificativa dos autores é de que a medida de largura de 700 m exigiria uma APP de 500 m, o que extrapolaria o limite da bacia, além de ser um valor não praticado nessa região. Utilizando o método proposto neste estudo esse problema é contornado, uma vez que a medida estatística leva em consideração todas as larguras existentes ao longo do leito do curso do rio.

CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados é possível concluir que os objetivos da pesquisa foram devidamente atingidos, visto que foi proposta uma metodologia única de delimitação da calha do leito regular do trecho estuda-

do do Rio Uberabinha, em Uberlândia, Minas Gerais, integrando dados de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens. Ainda nesse contexto, a representação matemática da largura da calha



Figura 10 – Buffers representativos das Áreas de Preservação Permanente geradas mediante contexto legal (amarelo) e segundo as medidas de tendência central mediana (verde) e média (magenta).

do curso d'água foi mais bem definida pela medida estatística de tendência central "média" (12,00 m).

Corroborando os resultados obtidos, foi possível delimitar corretamente a APP do curso d'água, em atendimento às legislações ambientais vigentes, contribuindo para a redução da subjetividade intrínseca a elas. Os valores de área obtidos no presente estudo para APPs, quando comparados ao cenário legalmente aceito, apresentaram diferenças modestas e que podem até ser despreza-

das, sem prejuízos ambientais, haja vista as compensações que ocorrem nos demais em trechos.

Conclui-se, sobremaneira, que a utilização das geotecnologias, aliadas especialmente às técnicas computacionais de processamento de imagens, foi de fundamental importância no presente estudo, subsidiando e viabilizando as análises realizadas e contribuindo significativamente para o delineamento da calha do leito regular de cursos d'água.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Resolução nº 419, de 02 de maio de 2017. Aprova o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-419-02-05-2017>>. Acesso em: 30 ago. 2018
- ALVES, G. M. R.; FERREIRA, M. F. M. Uso do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do córrego do Pântano, município de Alfenas-MG. *Revista de Geografia*, Juiz de Fora, v. 6, n. 4, 2016.
- ALVES, J. B.; MEDEIROS, F. S. Impactos ambientais e delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. *Redes*, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 107-130, 2016. <http://dx.doi.org/10.17058/redes.v21i2.7248>
- ARAÚJO, P. S. Diagnóstico da supressão de vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente contida no Código Florestal brasileiro de 2012. *Revista de Estudos Jurídicos*, 2015.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014. p.177-241.
- BRASIL. *Lei nº 4.771*, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 30 ago. 2018
- _____. *Lei nº 12.651*, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, M. V. (orgs.). *Introdução à ciência da geoinformação*. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 1º set. 2018.
- CAMPAGNOLO, K.; SILVEIRA, G. L.; MIOLA, A. C.; SILVA, R. L. L. Área de Preservação Permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 831-842, 2017. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509828633>
- CAMPOS, F. F.; MATIAS, L. F. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e sua situação de uso e ocupação no município de Paulínia (SP). *Geociências*, Rio Claro, v. 31, n. 2, p. 309-319, 2012.
- CARDOSO, L. S.; RAMOS, J. D.; MELLO, H. O. O. Composição, densidade e abundância das populações de Cladocera, Copepoda e Rotífera de Áreas de Proteção Permanente do rio Uberabinha. *Em Extensão*, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 95-106, 2008.
- CASADO, M. R.; GONZALEZ, R. B.; KRIECHBAUMER, T.; VEAL, A. Automated identification of river hydromorphological features using UAV high resolution aerial imagery. *Sensors*, v. 15, n. 11, p. 27969-27989, 2015. <http://dx.doi.org/10.3390/s151127969>

- COELHO, R. C. T. P.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 104-117, 2011. <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>
- CUNHA, J. P. S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 5, n. 30, 2017. <http://dx.doi.org/10.17271/2318847253020171538>
- Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co. (DJI). Phantom 3 Standard. Disponível em: <<https://www.dji.com/br/phantom-3-standard/info>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- ESRI. *ArcGIS*: Software versão 10.3. 1998. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/ArcGIS/index.html>>. Acesso em: 1º set. 2018.
- FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.; AMARAL, A. A.; PEREIRA, L. R. Análise de Conflito de Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Preservação Permanente do Ifes – Campus de Alegre, Município de Alegre, Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 3, p. 307-321, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.042113>
- FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>
- GAMARRA, R. M.; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Uso do NDVI na Análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de Unidade de Conservação no Cerrado. *Ra'e ga-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 37, p. 307-332, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v37i0.42454>
- KAKAES, K.; GREENWOOD, F.; LIPPINCOT, M.; DOSEMAGEN, S.; MEIER, P.; WICH, S. *Drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights, and global development*. New America, 2015.
- LONG, J.; FENG, X.; ZHU, X.; ZHANG, J.; GOU, G. Efficient Superpixel-Guided Interactive Image Segmentation Based on Graph Theory. *Symmetry*, v. 10, n. 5, p. 169, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/sym10050169>
- MEDEIROS, F. A. *Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão*. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- MEDEIROS, J. D. A demarcação de áreas de preservação permanente ao longo dos rios. *Biotemas*, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 261-270, 2013. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n2p261>
- MENDES, T. A.; MARIANO, J. V.; MARQUES, P. H. G.; SANTOS, L. D. P. S. Diagnóstico ambiental da área de preservação permanente da nascente do Córrego Almeida utilizando ferramenta de geoprocessamento (Aparecida de Goiânia-GO). *Ciência e Natura*, v. 38, n. 3, p. 1331-1345, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X22867>
- MINAS GERAIS. *Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013*. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Minas Gerais, 2013. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- MOURA, A. C. M. Aplicação do modelo de polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência de escolas públicas: estudo de caso em Ouro Preto – MG. *Revista Aber*, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, 2009.
- NASCIMENTO, L. N.; GAMARRA, R. M.; DALMAS, F. B.; OLIVEIRA, A. P. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação de Geotecnologias na delimitação de Áreas de Preservação Permanente do município de Paraíso das Águas (MS). *Revista UNG – Geociências*, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 128-139, 2017.
- NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>

- OLIVEIRA, V. M. M.; REIS, L. M. M. Conflitos em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Pitimbu-RN: proposta de um indicador institucional de sustentabilidade. *Guaju*, Matinhos, v. 3, n. 1, p. 91-110, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v3i1.50244>
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; SEMÍRAMIS, P.; RIBEIRO, J. F. (orgs.). *Cerrado: Ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. p. 151-212.
- SANTOS, J. B.; PEZZONI FILHO, J. C.; DANTAS, M. J. F.; ZIMBACK, C. R. L.; LESSA, L. G. F. Avaliação da Adequação da Ocupação do Solo em Áreas de Preservação Permanente (APPs). *Irriga*, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 333-344, abr.-jun. 2014. <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n2p333>
- SILVA, D. C. C.; MORO, M. K.; MOYA, K. J.; PINHEIRO, M. M.; SIMONETTI, V. C. Proposta metodológica para definição de áreas prioritárias para recuperação vegetal de Áreas de Preservação Permanente. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 540-562, 2018. <http://doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018540-562>
- SILVA, H. G.; CARDOSO, B. N. P.; SANTOS, N. T. L.; MORAES, M. R. B.; CARVALHO, H. P. Pegada hídrica do milho safrinha cultivado em Uberlândia-MG. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1460-1467, 2015.
- SILVA, L. F.; BACANI, V. M. Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana-MS. *Caderno de Geografia*, v. 27, n. 49, 2017. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2017v27n49p264>
- SILVA, M. S.; LEMOS, S. S.; MORAES, A. B. *Uso de geotecnologias para delimitação de Áreas de Preservação Permanente e análise das áreas de conflito de uso e ocupação do solo na zona urbana do município de Mãe do Rio – PA*. 2014. Disponível em: <<http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT3-72-33-20140518141544.pdf>>. Acesso: 21 fev. 2019.
- SOUZA, C. G.; ZANELLA, L.; BORÉM, R. A. T.; CARVALHO, L. M. T.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L. Análise da fragmentação florestal da Área de Proteção Ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 631-644, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142403011>
- TERUYA JUNIOR, H.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A. C.; DALMAS, F. B.; CORREA, L. C. Mapeamento das APP's de hidrografia e declividade como subsídio a gestão da Bacia Hidrografia do Rio Formoso (Mato Grosso do Sul). *Revista UNG – Geociências*, v. 15, n. 2, p. 128-140, 2016.
- VIDAL, A. M. F. *Extração e avaliação de geoinformação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados*. 59f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2013.
- VIVONI, E. R.; RANGO, A.; ANDERSON, C. A.; PIERINI, N. A.; SCHREINER-MCGRAW, A. P.; SARIPALLI, S.; LALIBERTE, A. S. Ecohydrology with unmanned aerial vehicles. *Ecosphere*, v. 5, n. 10, p. 130-144, 2014. <https://doi.org/10.1890/ES14-00217.1>
- WILKOWSKI, W.; LISOWSKI, M.; WYSZYŃSKI, M.; WIERZBICKI, D. The use of Unmanned Aerial Vehicles (drones) to determine the shoreline of natural watercourses. *Journal of Water and Land Development*, v. 35, n. 1, p. 259-264, 2017. <https://doi.org/10.1515/jwld-2017-0092>
- WORBOYS, M.; DUCKHAM, M. *GIS: A computing perspective*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.
- ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (ZEE-MG). *Zoneamento*. Disponível em: <<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>>. Acesso em: 2 set. 2018.



INCREMENTOS NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA TOTAL DE CITRONELA POR ESTRESSE SEVERO NO SISTEMA RADICULAR

INCREASES IN CITRONELLA TOTAL BIOMASS PRODUCTION DUE TO SEVERE STRESS IN THE ROOT SYSTEM

Taciana da Mata Daflon 

Discente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Cristina Moll Hüther 

Pós-doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Caíssa Machado Perucci Pereira dos Santos 

Discente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Luiza Ferreira de Carvalho 

Aluna de iniciação científica no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Nathan Pereira da Costa Correa 

Aluno de iniciação científica no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Daniela Marques Correia 

Aluna de iniciação científica no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Carlos Rodrigues Pereira 

Docente no Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Thelma de Barros Machado 

Docente no Departamento de Tecnologia Farmacêutica da Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil.

Endereço para correspondência:

Cristina Moll Hüther – Rua Passo da Pátria, 156, bloco D, sala 236 – São Domingos – Campus Praia Vermelha – CEP 24210-240 – Niterói (RJ), Brasil – E-mail: cristinahuther@yahoo.com.br

Recebido em: 04/02/2019

Aceito em: 24/06/2019

RESUMO

Para se obter a melhor qualidade terapêutica e produtividade das plantas medicinais, o manejo adequado da cultura é fundamental, pois diversos fatores podem interferir. Assim, analisou-se o crescimento das plantas de citronela submetidas a diferentes níveis de cortes na parte aérea e nas raízes. Cinco diferentes proporções de desbaste na raiz (0, 25, 50, 75 e 100%), após 145 dias do plantio das mudas e 4 cortes na parte aérea (folhas): sem corte; um corte aos 145 dias após o plantio (DAP), juntamente com o corte da raiz; um corte aos 228 DAP; e cortes aos 145 e 228 DAP (dois cortes). Foram realizadas quatro coletas para dados de acúmulo de matéria seca e partição de fotoassimilados. O tratamento com 100% de corte na raiz, mas sem corte nas folhas, aumentou o acúmulo de massa seca em relação aos demais tratamentos, para o último período de análise, demonstrando uma recuperação.

Palavras-chave: *Cymbopogon nardus* L.; poda de raiz; assimilação de carbono e partição; crescimento; planta medicinal.

ABSTRACT

In order to obtain the best therapeutic quality and productivity of medicinal plants, proper management of the crop is fundamental, since several factors can interfere. Thus, the growth of citronella plants submitted to different levels of cuts in the aerial part and in the roots were analyzed. Five different root roughing ratios (0, 25, 50, 75, 100%) after 145 days of planting of the seedlings and four cuts in the aerial part (leaves): uncut; a cut at 145 DAP (days after planting), along with the cut of the root; a cut at 228 DAP; and cuts at 145 and 228 DAP (two cuts). Four collections for dry matter accumulation and photoassimilate partitioning and treatment with 100% root cut, but without leaf cut, increased the accumulation of dry mass in relation to the other treatments, for the last period of analysis, demonstrating a recovery.

Keywords: *Cymbopogon nardus* L.; root pruning; Carbon assimilation and partitioning; growth; medicinal plant.

INTRODUÇÃO

Para a produção de óleos essenciais, as espécies de maior importância são: *Cymbopogon spp.*, *Ocimum spp.* e *Eucaliptus spp.* (ANDRADE *et al.*, 2013). Há grande interesse comercial internacional e nacional na produção de óleos essenciais de citronela, que também são usados na fabricação de fragrância para perfumes, produtos farmacêuticos e manipulação de repelentes contra insetos, sendo utilizados na forma de repelente natural (ANDRADE *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012).

O óleo extraído da citronela tem ação de repelência e inseticida, oferecendo até nove horas de proteção, devido à volatilidade de substâncias encontradas no citronelal, limoneno, eugenol e geraminol, conhecidas como monoterpenos (AGNOLIN *et al.*, 2010; VELOSO *et al.*, 2012; VENTER *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, o Brasil vem se destacando na produção de produtos de higiene, como cosméticos e perfumes, apresentando crescimento de 20% na exportação (CORRÊA; SCHEFFER, 2013). O uso de produtos naturais é favorável por conta da demanda crescente do mercado, porém existem problemas contínuos com a falta de matéria-prima, ocorrendo de forma extrativista na exploração de plantas, e há deficiência em tecnologias adequadas para melhorar a produção (LIMA *et al.*, 2013).

Outro problema que pode interferir na obtenção de matérias-primas de qualidade oriundas de plantas medicinais é o acúmulo de biomassa que será utilizada para a extração desses princípios ativos, pois a quantidade pode não refletir qualidade. Vários fatores ambientais podem afetar a produção dessa biomassa, pois as plantas são constantemente influenciadas no metabolismo secundário do vegetal, interferindo no acúmulo de biomassa e na produção de princípios ativos das espécies medicinais (WU *et al.*, 2016; TAKSHAK; AGRAWAL, 2019; THAKUR *et al.*, 2019). Portanto, há necessidade de melhorar o rendimento das culturas, bem como o entendimento de práticas específicas que

possam auxiliar no manejo (BENSON; MORGENROTH; KOESER, 2019; MASHAMAITE; DUBE; PHIRI, 2019).

Estudos realizados em diversas culturas mostram aumento de 10 a 300% na concentração de metabólitos secundários em plantas, dependendo dos fatores, bióticos ou abióticos, que podem interferir no metabolismo do vegetal (TAKSHAK; AGRAWAL, 2019; THAKUR *et al.*, 2019), afetando a produção de metabólitos secundários, promovendo ou diminuindo a biossíntese da produção de substâncias de interesse econômico (FUCHS *et al.*, 2017; FANG; FERNIE; LUO, 2019).

A poda na raiz é uma forma de modular o crescimento das culturas, a alocação de matéria seca, o uso da água e o rendimento, sendo os efeitos diferentes nas espécies (MA *et al.*, 2013; BENSON; MORGENROTH; KOESER, 2019; HU *et al.*, 2019; KANG *et al.*, 2019).

Com isso, a análise de crescimento é utilizada para avaliar a adaptação ecológica dos vegetais em ambientes novos, competição interespecífica, efeitos de sistemas de manejo, alteração do regime de irradiância, tratamento com elicitores e fungicidas, além de permitir a avaliação da capacidade produtiva de diversos genótipos (FALQUETO *et al.*, 2009), ou seja, possibilita compreender a adaptação da planta sob diversas situações de manejo e também avaliar o vegetal com capacidade competitiva entre as plantas (AUMONDE *et al.*, 2013). Assim, é importante verificar a utilização de diferentes níveis de cortes na parte aérea e nas raízes de plantas de citronela, pois ainda não há estudos que demonstrem esse método, podendo ser assim verificado o nível de resposta na produção de biomassa, e consequentemente a sua alocação, se utilizada ou não para compensar os danos resultantes da retirada da raiz e se acarreta diminuição da produção de matéria-prima utilizada para extração do óleo essencial.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o crescimento de plantas de citronela submetidas a diferentes níveis de cortes na parte aérea e nas raízes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período compreendido entre 18 de março de 2015 e 19 de maio de 2016, na área experimental Ipecacuanha, no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense, cujas

coordenadas são latitude de 22°54'00" S, longitude de 43°08'00" W e altitude de 8 metros. Climaticamente, a região possui clima Aw, segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com inverno seco e

verão chuvoso, com temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1.200 mm. As mudas de capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle), pertencente à família Poaceae, foram plantadas em vasos de polietileno de oito litros, com solo arenoso, utilizando um espaçamento de 40 centímetros entre linhas e entre plantas. O solo nos vasos foi mantido próximo à capacidade de campo. Os tratamentos foram aplicados cinco meses após o plantio das mudas, em 5 de agosto de 2015. Foi utilizado um desenho experimental em parcelas subdivididas, utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos principais, sendo as proporções de desbaste na raiz 0, 25, 50, 75 e 100% após 145 dias do plantio das mudas; e os tratamentos secundários os cortes na parte aérea (folhas), ou seja, 4 tratamentos: sem corte; um corte aos 145 dias após o plantio (DAP); um corte aos 228 DAP; e cortes aos 145 e 228 DAP (dois cortes). Cada tratamento principal continha 68 plantas, sendo a unidade amostral uma planta por vaso. Para a realização da medida de massa de matéria seca das folhas, do caule e das raízes, foram amostradas cinco plantas por tratamento.

O corte das raízes foi realizado em um único dia, dentro d'água, utilizando quatro caixas-d'água de mil litros cheias de água. Após o corte, as plantas foram manti-

das imersas nessa mesma água por 24 horas, para evitar cavitação radicular. Após essa operação, foram replantadas nos vasos de oito litros, contendo o mesmo tipo de solo de antes dos cortes radiculares.

Ao longo do experimento, foi realizada a adubação das plantas (6 e 12 meses após o plantio das mudas), utilizando 300 gramas de composto Bokashi® por vaso, mais a aplicação de 13 gramas de NPK (nitrogênio 4%; fósforo 14% e potássio 8%) por vaso.

Para a obtenção dos dados de acúmulo de matéria seca e partição de fotoassimilados, foram efetuadas coletas sucessivas, iniciando no dia do plantio das mudas, totalizando quatro coletas; e em cada coleta foi determinada a massa seca dos órgãos da planta (folha, caule e raízes), bem como a total. Para isso, as amostras da massa fresca foram mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, até atingir peso constante, em seguida foram pesadas em balança analítica e depois foi subtraída a diferença entre a massa fresca e a seca.

A análise estatística ANOVA foi realizada com parcelas subdivididas (tratamento A: cinco diferentes proporções de cortes nas raízes; e tratamento B: quatro diferentes tipos de cortes nas folhas) com cinco repetições, utilizando o programa Assisat, versão 7.7.

RESULTADO E DISCUSSÃO

No tratamento de 100% de desbaste na raiz, ocorreu redução na massa de matéria seca das folhas entre a segunda e a terceira análise, mesmo não tendo sido realizado nenhum corte nas folhas (Figura 1). Assim, observando os dados para esse mesmo aspecto, comparando o tratamento sem corte na raiz e o tratamento com 100% do corte na raiz, esse último apresentou uma redução na massa seca das folhas de 32,98% em relação ao controle. Isso demonstra que, provavelmente, os fotoassimilados foram realocados para o crescimento das raízes, pois ao retirar toda a sua raiz, a planta provavelmente direcionou uma grande parte de sua energia para essa aérea afetada, a fim de retomar o crescimento nessas estruturas, diminuindo, assim, o crescimento da parte aérea (MASHAMAITE; DUBE; PHIRI, 2019; KANG *et al.*, 2019). Vários autores indicam que algumas situações às quais o vegetal é exposto podem proporcionar mudança nos padrões de fixação, alocação e particionamento de biomassa (BREUER *et al.*, 2015; FERNANDES

et al., 2016; LIU *et al.*, 2018; PESCHIUTTA *et al.*, 2018; PILON *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2019; ZHANG, L. *et al.*, 2018; ZHANG, S. *et al.*, 2018).

Porém, esse mesmo tratamento, com poda de 100% da raiz, apresentou aumento na massa total em relação ao controle, principalmente na última análise, em que a massa das raízes teve grande contribuição na massa total dessas plantas, com um acréscimo de 270 g; e logo após o tratamento com 50% do corte na raiz. Hu *et al.* (2019) verificaram que a poda das raízes de trigo melhorou o rendimento de grãos, o índice de colheita e a eficiência no uso da água, demonstrando, assim, que não só influencia na biomassa, mas também na produtividade.

Vale ressaltar que na primeira e na segunda análise, todos os tratamentos permaneciam com a mesma massa seca, pois ainda não tinham sido realizados os cortes nas raízes. Somente a partir da segunda análise,

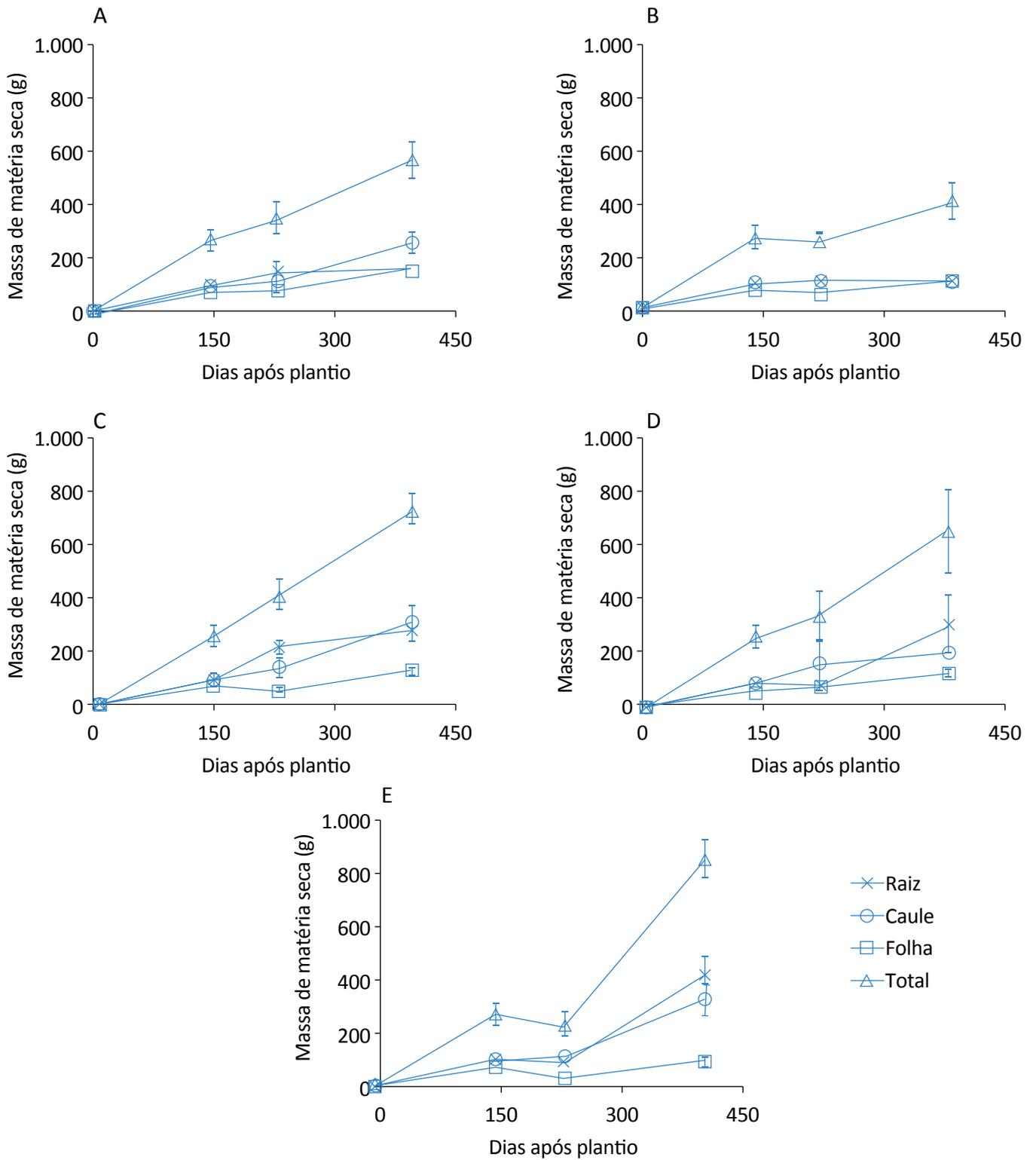


Figura 1 – Evolução do acúmulo de matéria seca de citronela sem cortes nas folhas e com desbastes na raiz: (A) sem cortes na raiz e nas folhas; (B) 25% de corte na raiz e sem corte nas folhas; (C) 50% de corte na raiz e sem corte nas folhas; (D) 75% de corte na raiz e sem corte nas folhas; (E) 100% de corte na raiz e sem corte nas folhas. As barras indicam os desvios padrão.

quando foram aplicados os desbastes nas raízes e nas folhas, as plantas começaram a apresentar diferenças entre os tratamentos.

O tratamento de 25% foi o que apresentou menor incremento em massa seca, com redução de 160 g em relação ao controle, mantendo-se estável ao longo das coletas. No entanto, comparando-se todos os tratamentos, somente aquele no qual foi realizado o corte de 50% da raiz apresentou uma linha de tendência de crescimento ao longo dos períodos analisados, sendo assim, o que provavelmente apresentou uma menor sensibilidade ao corte das raízes.

Para as plantas que também continham cortes nas folhas — realizados aos 145 DAP, ou seja, corte das folhas realizado juntamente com o corte das raízes (Figura 2) —, nenhum tratamento apresentou um maior acúmulo de massa total quando comparado ao controle e ao tratamento com 75% de corte na raiz, que mais foi afetado pelo estresse, com redução de 289 g, equivalendo redução de 50% em relação ao controle para a última análise. Entretanto, na última análise, percebe-se que as raízes foram as que mais contribuíram para a massa seca total dos tratamentos de 75 e 100%.

Relacionando o corte das folhas com o corte das raízes, os tratamentos de 25 e 50% foram os que se mantiveram mais próximos ao controle, na última análise. Já para as plantas que tiveram diferentes proporções de cortes nas raízes, mas somente foi aplicado o corte nas folhas na terceira análise, aos 228 DAP em todos os tratamentos, as raízes tiveram maior crescimento do que as folhas, portanto, nos tratamentos de 25 e 100% as folhas apresentaram maior massa seca em relação ao último período de análise (Figura 3).

Os tratamentos de 75 e de 50% apresentaram aumento significativo na evolução no acúmulo de massa seca total na última análise, em relação ao controle, destacando o tratamento de 50%, que apresentou acréscimo de 32,73%. Em relação às plantas que apresentavam 2 cortes nas folhas (145 e 228 DAP), bem como as diferentes proporções de desbastes nas raízes (Figura 4), o tratamento de 25% do corte da raiz representou decréscimo de 32,01% em relação ao controle, pois se notou que para as plantas desse tratamento não houve acréscimo de massa seca nas raízes entre a terceira e quarta análise, o que contribuiu para a redução na massa seca total, anteriormente abordada. Já os tratamentos de

50 e 75% apresentaram maior acúmulo de massa seca, porém não foram maiores do que o controle.

Comparando-se a relação dos dois cortes nas folhas com os cortes nas raízes, observou-se que o tratamento com 100% de corte na raiz demonstrou menor recuperação da massa seca das folhas, quando comparado aos demais tratamentos.

Analisando a massa seca das folhas (a parte de interesse econômico dessa planta), ter aplicado dois cortes nas folhas ou não, comparando com os tratamentos em que não houve corte na raiz, para a última análise, acarretou redução de 36,36% para as plantas em que foram realizados dois cortes nas folhas. No entanto, sob esse mesmo aspecto, no tratamento com corte de 100% da raiz ocorreu menor redução da massa seca das folhas, somente 19,31%, também para o tratamento com dois cortes nas folhas. Então, realizar estresse na raiz, bem como na parte aérea, proporciona para essa espécie uma recuperação mais rápida do que somente submeter ao estresse na parte aérea.

Ainda em relação à massa seca das folhas, mas comparando-se agora a aplicação de apenas um corte nas folhas (145 DAP) (Figura 2) com nenhum corte nas folhas (Figura 1), também para o último período analisado, e sem interação do corte na raiz, as plantas com corte na parte aérea tiveram uma redução de 23,96%; e quando houve corte de 100% nas raízes, ocorreu uma maior perda de massa seca das folhas para as plantas com um corte nas folhas (36,60%).

Na Figura 5 estão os dados da evolução do acúmulo de matéria seca total para os tratamentos de cortes de folhas em relação aos cortes das raízes. As plantas do tratamento com 100% de corte na raiz, mas sem cortes nas folhas, foram as que apresentaram maior crescimento em relação à massa seca total, acumulando um total de 838,67 g em relação à última análise. No entanto percebe-se nessa situação que, para a última análise, as plantas de 100% de corte nas raízes e sem cortes nas folhas apresentaram um maior crescimento, em relação ao tratamento sem cortes em nenhuma das partes. Nesse caso, pode-se correlacionar com a produção de fotoassimilados, sendo suficiente mesmo em situação em que a raiz toda foi cortada. Contudo, a poda de raízes induz essencialmente um estresse hídrico moderado, podendo levar a perturbações nos processos fisiológicos (FINI *et al.*, 2013; DONG *et al.*, 2016;

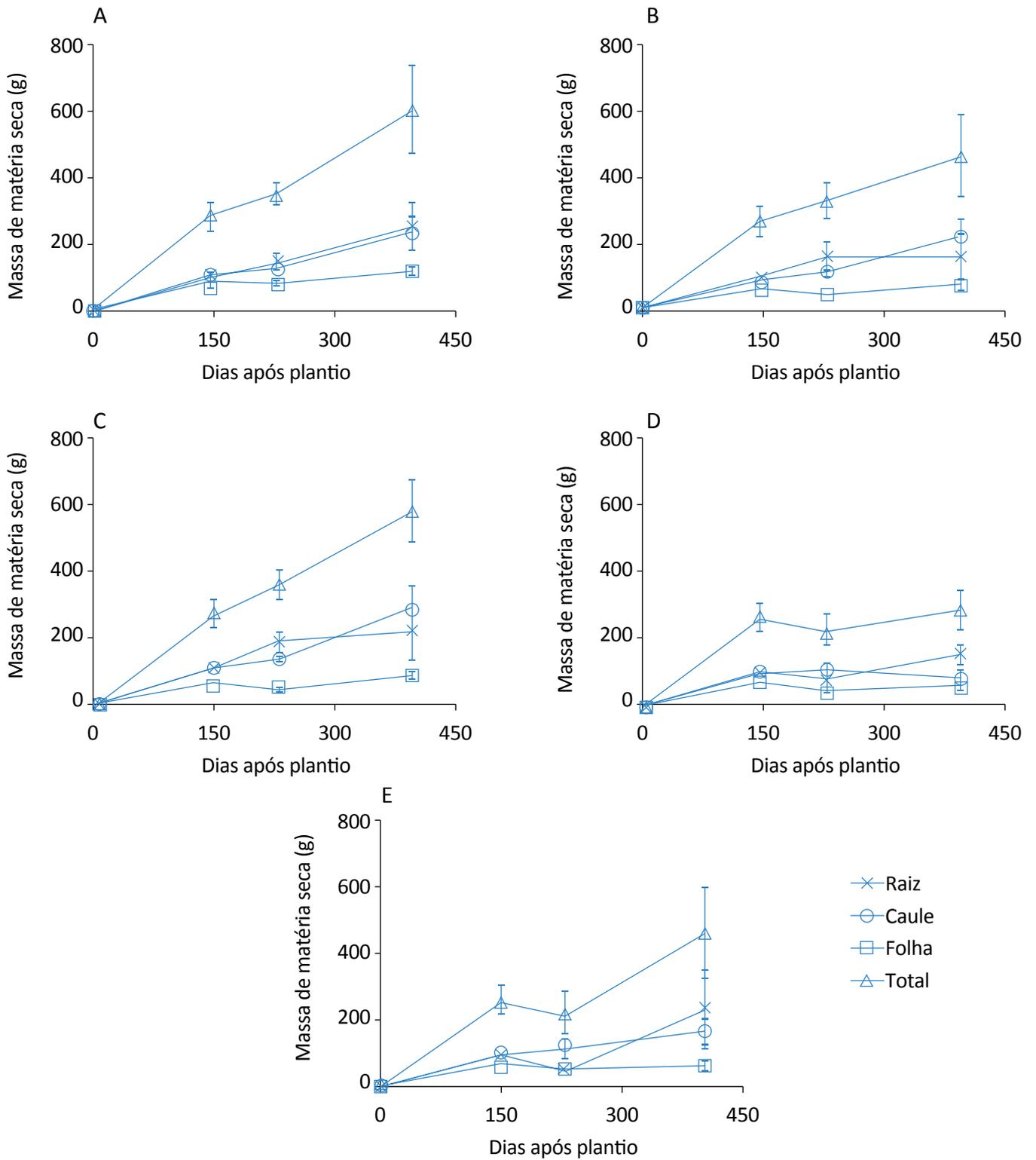


Figura 2 – Evolução do acúmulo de matéria seca de citronela com um corte nas folhas aos 145 dias após o plantio e com desbastes na raiz: (A) sem corte na raiz; (B) 25% de corte na raiz; (C) 50% de corte na raiz; (D) 75% de corte na raiz; (E) 100% de corte na raiz. As barras indicam os desvios padrão.

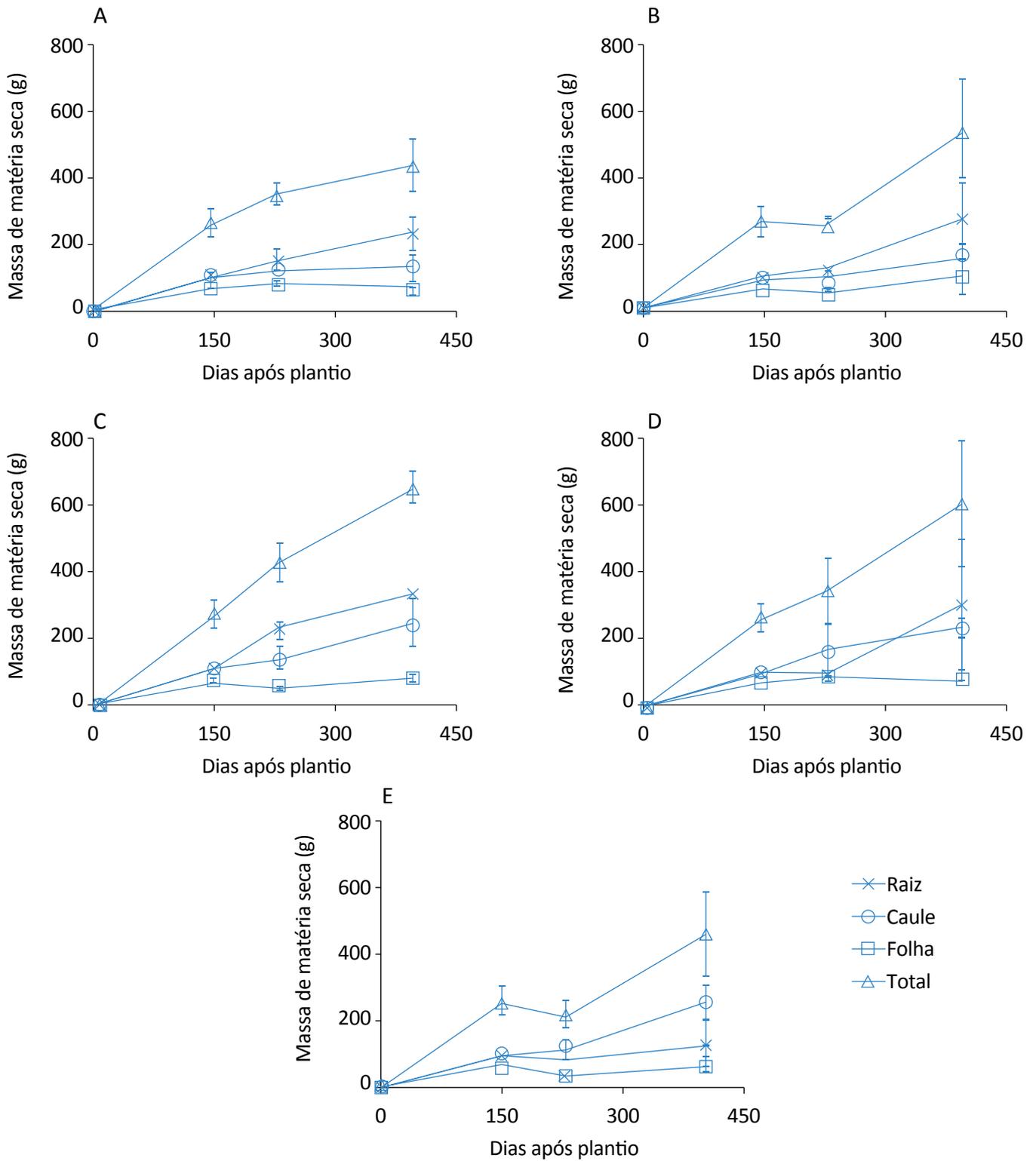


Figura 3 – Evolução do acúmulo de matéria seca de citronela com um corte nas folhas aos 228 dias após o plantio e com desbastes na raiz: (A) sem corte na raiz; (B) 25% de corte na raiz; (C) 50% de corte na raiz; (D) 75% de corte na raiz; (E) 100% de corte na raiz. As barras indicam os desvios padrão.

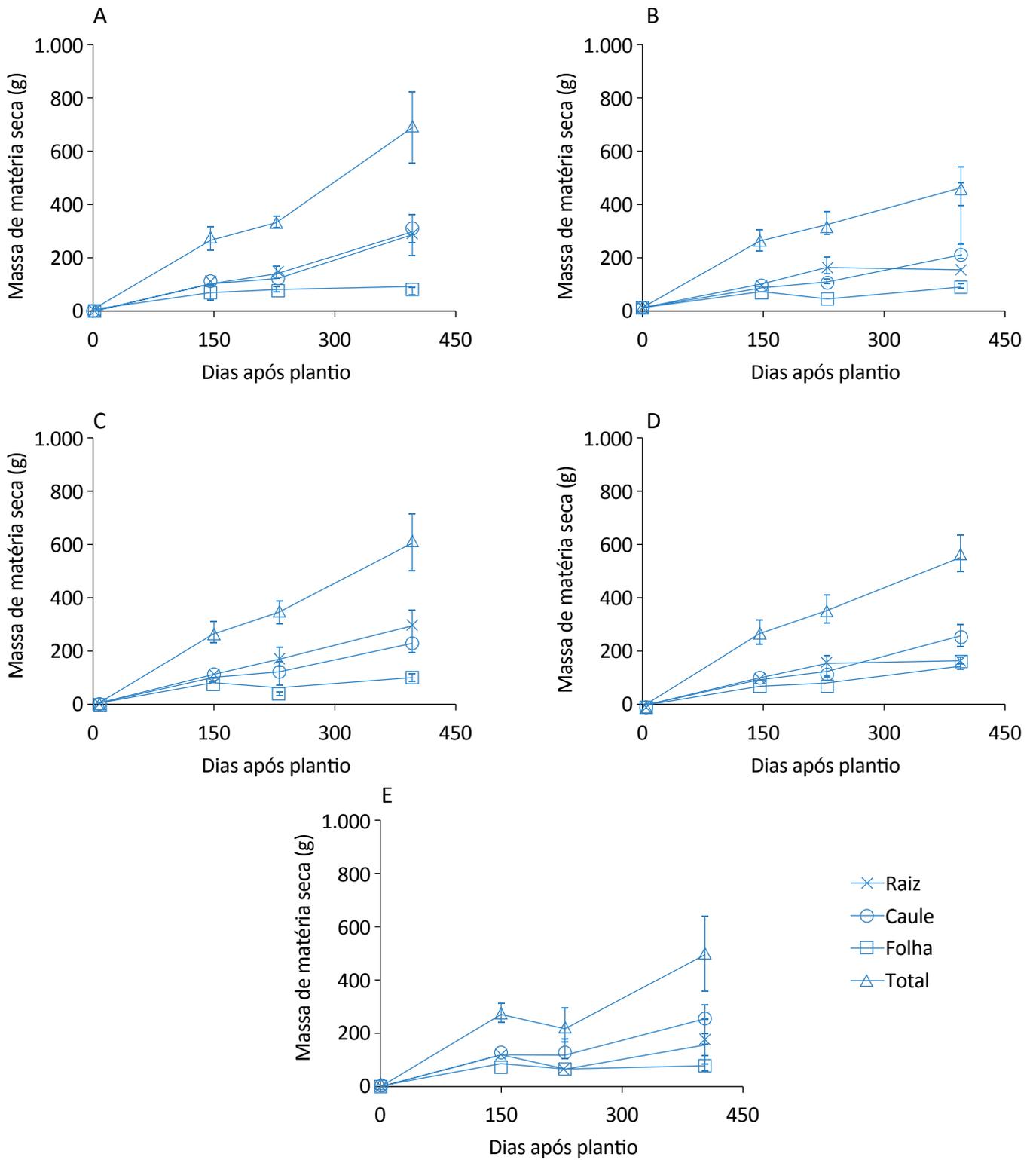


Figura 4 – Evolução do acúmulo de matéria seca de citronela com dois cortes nas folhas (145 e 228 dias após o plantio) e com desbastes na raiz: (A) sem corte na raiz; (B) 25% de corte na raiz; (C) 50% de corte na raiz; (D) 75% de corte na raiz; (E) 100% de corte na raiz. As barras indicam os desvios padrão.

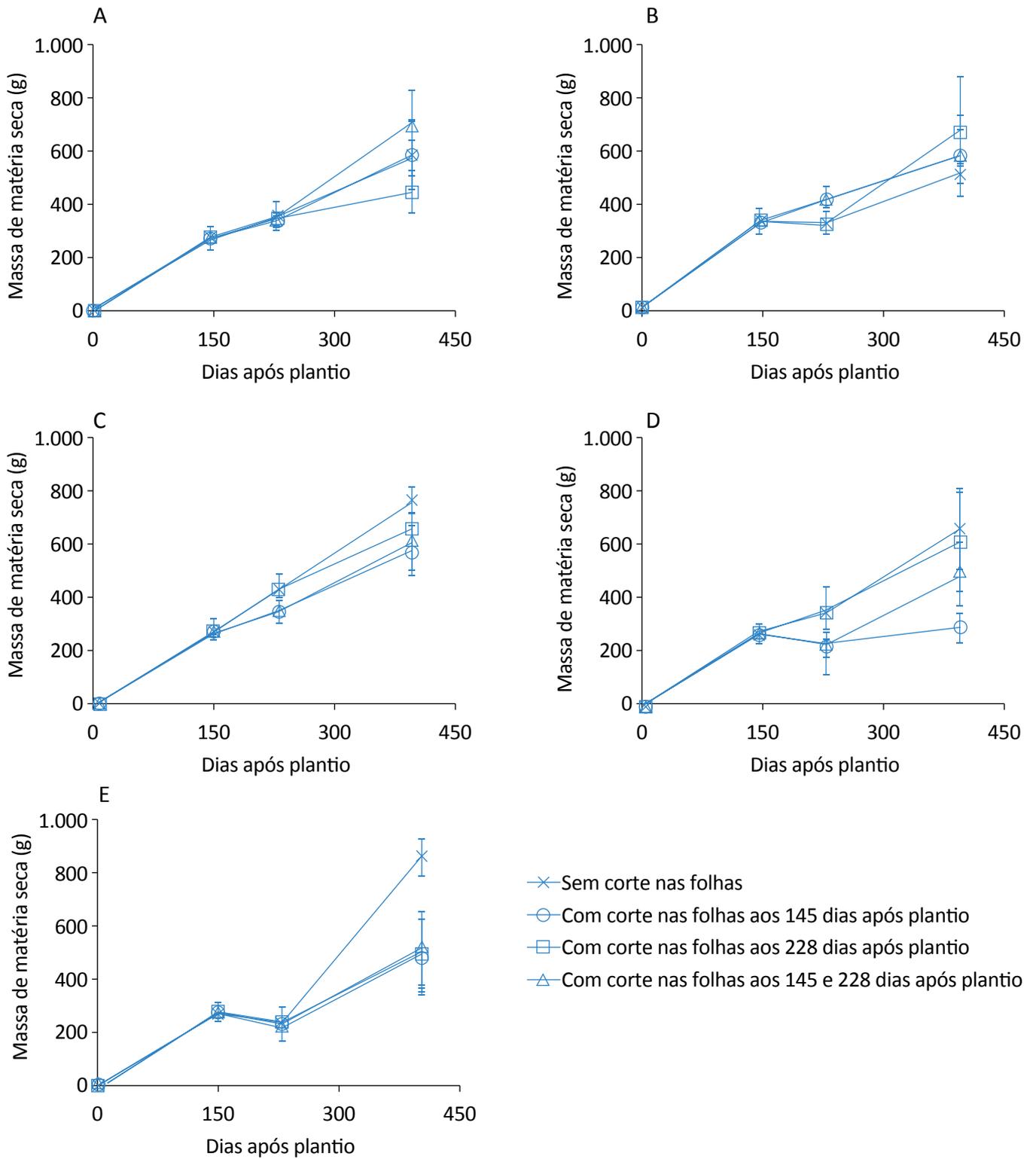


Figura 5 – Evolução do acúmulo de matéria seca total da planta de citronela nos tratamentos de cortes de folhas: (A) sem corte na raiz; (B) 25% de corte na raiz; (C) 50% de corte na raiz; (D) 75% de corte na raiz; (E) 100% de corte na raiz. As barras indicam os desvios padrão.

BENSON; MORGENROTH; KOESER, 2019), pois as raízes funcionam como sensores de insuficiência de água no solo. Essa deficiência é identificada por células-guardas dos estômatos antes de qualquer problema hídrico ser detectado nas folhas, por meio de sinais (ácido abscísico) emitidos nestas (SALAH; TARDIEU, 1997; MATTOS; SCIVITTARO; PETRINI, 2005).

Pode-se supor também que esse ganho de massa seca não foi somente porque a fotossíntese se manteve, e sim em função da presença das folhas que foram senescentes e permaneceram até o fim das análises. Essas folhas senescentes, juntamente com as demais, foram utilizadas nas análises, o que pode ter interferido na massa final, tendo em vista que nos demais tratamentos as folhas senescentes estavam em menor proporção, pois ocorreram cortes na parte aérea.

O tratamento com menor acúmulo de massa seca foi o com corte de 75% da raiz com um corte nas folhas aos 145 DAP, equivalendo a 291 g, na última análise. No entanto, levando em conta o tratamento sem interferência do corte nas raízes, ou seja, o controle, o maior acúmulo de massa seca total foi para as plantas que tiveram dois cortes após o plantio (145 e 228 DAP).

As plantas com 50% de corte das raízes, para os diferentes cortes nas folhas, apresentaram crescimento no acúmulo de massa seca quase linear nos períodos analisados, mesmo tendo cortes nas folhas em diferentes períodos, sendo dessa maneira o que apresentou resposta mais próxima ao controle. Já o tratamento de 25% no corte da raiz, com somente cortes nas folhas aos 228 DAP e também o tratamento com corte nas folhas nos dois momentos (145 e 228 DAP) apresentaram uma pequena redução na massa, após a implementação dos cortes nas raízes.

Na Figura 6 consta a evolução do acúmulo de matéria seca da raiz nos diferentes tratamentos de cortes nas raízes para os quatro tratamentos de corte nas folhas. As plantas com 100% de corte, somente nas raízes, foram as que tiveram valor mais representativo de massa seca para as raízes no último período de análise, perfazendo um acréscimo de 74,11% em relação ao tratamento de menor valor.

O tratamento de 100% de cortes nas raízes foi o que mais decresceu a massa seca das raízes após o corte das raízes e um corte das folhas aos 145 DAP, no en-

tanto superou os demais tratamentos que continham cortes, na última análise.

As plantas que receberam 50% de corte nas raízes tiveram maior rendimento de massa seca para as raízes que os demais, nos tratamentos que foram realizados cortes nas folhas aos 228 DAP, no entanto permaneceu aos níveis do controle no tratamento com 2 cortes nas folhas (145 e 228 DAP).

Assim, de maneira geral, nota-se que mesmo com as raízes sendo 100% cortadas, mas sem corte nas folhas, essas plantas apresentaram maior acúmulo de massa seca, demonstrando que as raízes se recuperaram, pois a parte aérea permaneceu intacta, ou seja, ocorreu a fotossíntese, mesmo que em menor intensidade, em função da falta de recursos provenientes de suas raízes, mas foi o suficiente, juntamente com as reservas no caule, para essas plantas emitirem novas raízes e conseguirem novamente manter a homeostase.

Na Figura 7, encontra-se a evolução do acúmulo de matéria seca do caule nos diferentes tratamentos de cortes nas raízes para os quatro tratamentos de corte nas folhas.

Novamente, o tratamento que continha somente 100% do corte na raiz mostrou maior acúmulo de massa seca do caule, juntamente com o tratamento de 50% de corte na raiz. No entanto, no tratamento de 100%, após os 228 DAP, o seu crescimento foi constante.

O tratamento que teve corte 25% somente na raiz foi o que teve menor massa seca, apresentando redução de 41,08% em relação ao tratamento com 100% de corte na raiz, que obteve maior massa seca para o caule.

Para as plantas com cortes nas folhas aos 145 DAP e com cortes nas folhas aos 228 DAP, os tratamentos com maior acúmulo de massa seca para os caules foram com 50 e 100% de corte na raiz, respectivamente.

Na Figura 8 constam os dados da evolução do acúmulo de matéria seca das folhas nos diferentes tratamentos de cortes nas raízes para os quatro tratamentos de corte nas folhas. Percebe-se que o tratamento que continha somente corte nas raízes foi o que gerou maior massa seca para as folhas.

O tratamento de corte nas raízes (75%) e nas folhas aos 145 após o plantio foi o que teve menor rendimento de acúmulo de massa seca para as folhas, com somente 55,27 g, o mesmo verificado para o tratamento com 2 cortes nas folhas, aos 145 e 228 DAP, com somente 74,77 g; e no tratamento com corte nas raízes (25%) e que tiveram corte nas folhas aos 228 DAP houve maior

acúmulo de massa seca para a parte das folhas, na última análise.

No acúmulo de massa seca total da citronela (Figura 9), nos diferentes tratamentos de cortes nas raízes em relação aos quatro tratamentos de corte nas folhas, o tratamento com corte somente nas raízes de 100% e sem corte nas folhas apresentou um total de 838,67 g.

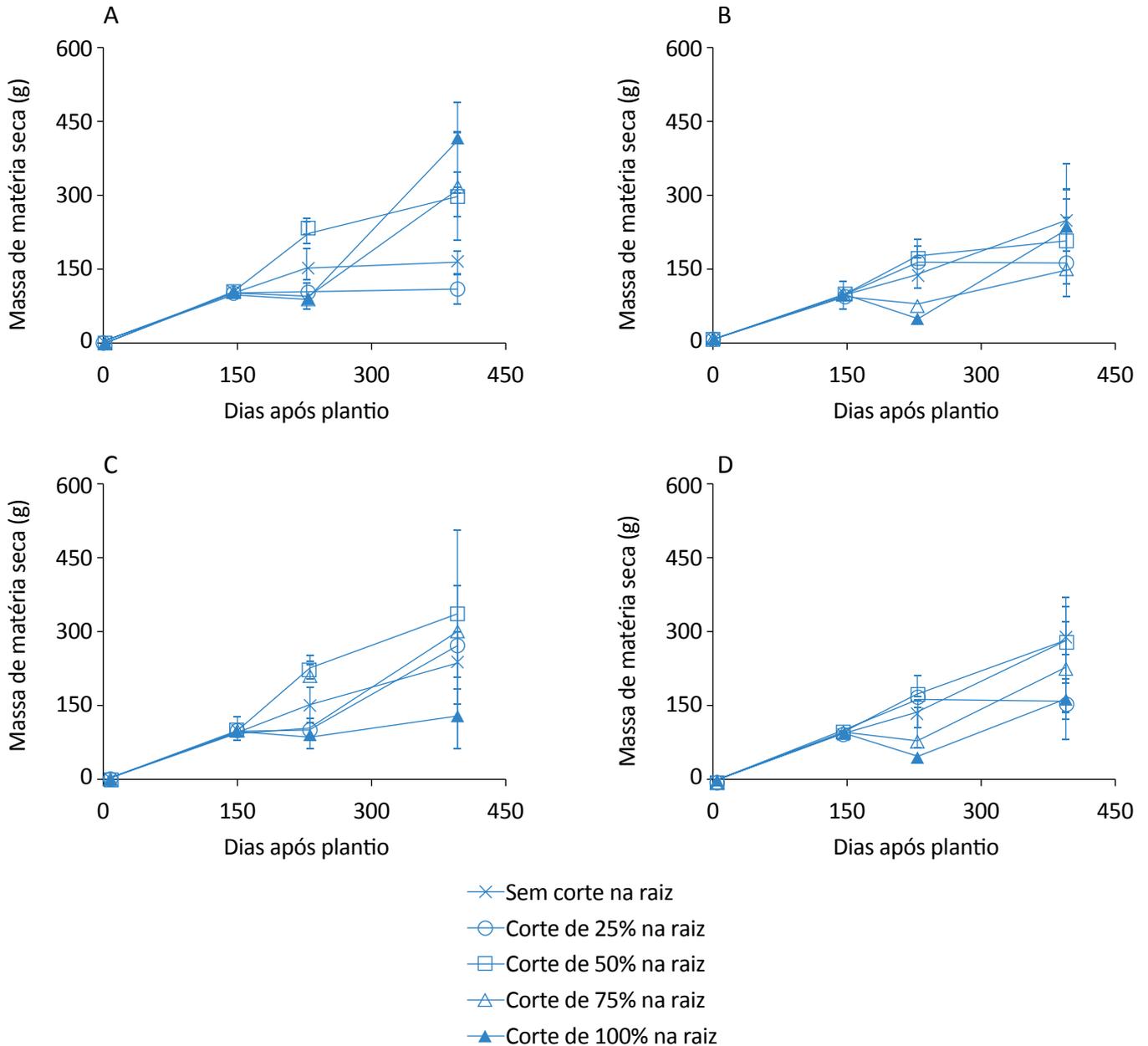


Figura 6 – Evolução do acúmulo de matéria seca da raiz da planta de citronela nos tratamentos de cortes de raiz: (A) sem corte nas folhas; (B) corte nas folhas aos 145 dias após plantio; (C) corte nas folhas aos 228 dias após plantio; (D) corte nas folhas aos 145 e 228 dias após plantio. As barras indicam os desvios padrão.

Para as plantas com cortes nas folhas aos 145 DAP, o tratamento com 50% de corte na raiz e sem cortes nas raízes apresentou resposta similar ao longo das análises, chegando ao último período analisado com aproximadamente a mesma massa seca total. Já as plantas com corte de 50% nas raízes e com corte nas folhas aos 228 DAP obtiveram, ao longo das análises, um acúmulo

crescente; e para as plantas com 2 cortes nas folhas (145 e 228 DAP), para o último período analisado, foi o tratamento que não continha corte nas raízes que apresentou maior acúmulo de massa seca total.

As plantas que receberam cortes somente nas raízes cresceram mais do que as que receberam corte

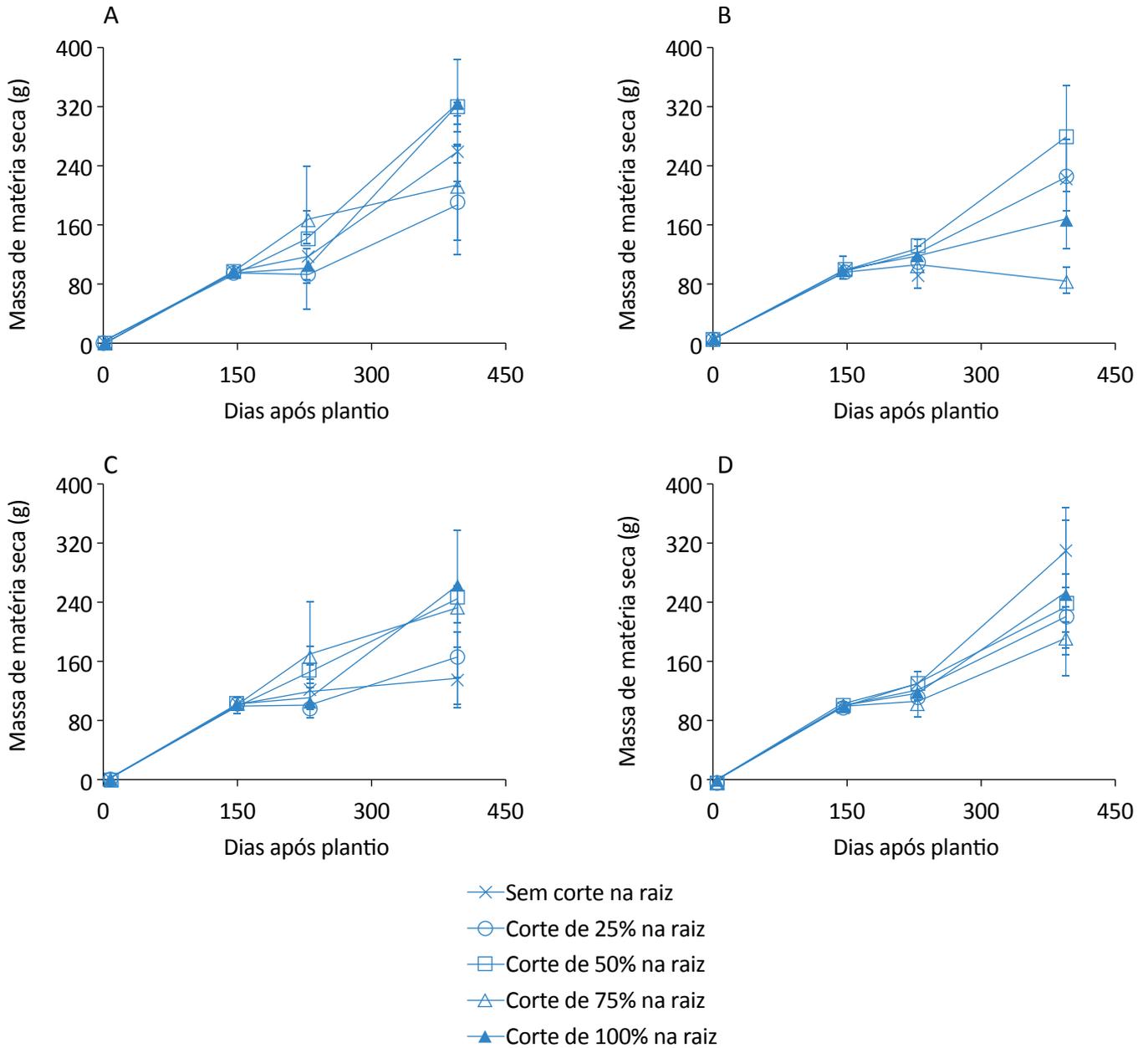


Figura 7 – Evolução do acúmulo de matéria seca do caule da planta de citronela nos tratamentos de cortes de raiz: (A) sem corte nas folhas; (B) corte nas folhas aos 145 dias após plantio; (C) corte nas folhas aos 228 dias após plantio; (D) corte nas folhas aos 145 e 228 dias após plantio. As barras indicam os desvios padrão.

nas raízes e nas folhas, mantendo acúmulo de massa seca, em especial as que tiveram 100% de corte nas raízes. Às vezes um estresse severo pode proporcionar o inverso do que esperamos, pois a planta que foi mais podada na raiz foi a que mais cresceu e adquiriu ganho de massa. Esse fato talvez tenha ocorrido por ser uma espécie que apresenta meta-

bolismo fotossintético C_4 , podendo ser mais tolerante a situações estressantes (SAGE; SULTMANIS, 2016; SÁNCHEZ; AZCÓN-BIETO; NOGUÉS, 2016; FARIA *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2019), o que pode sugerir que nessas condições experimentais essa espécie foi moderadamente tolerante ao estresse de podas radiculares e aéreas.

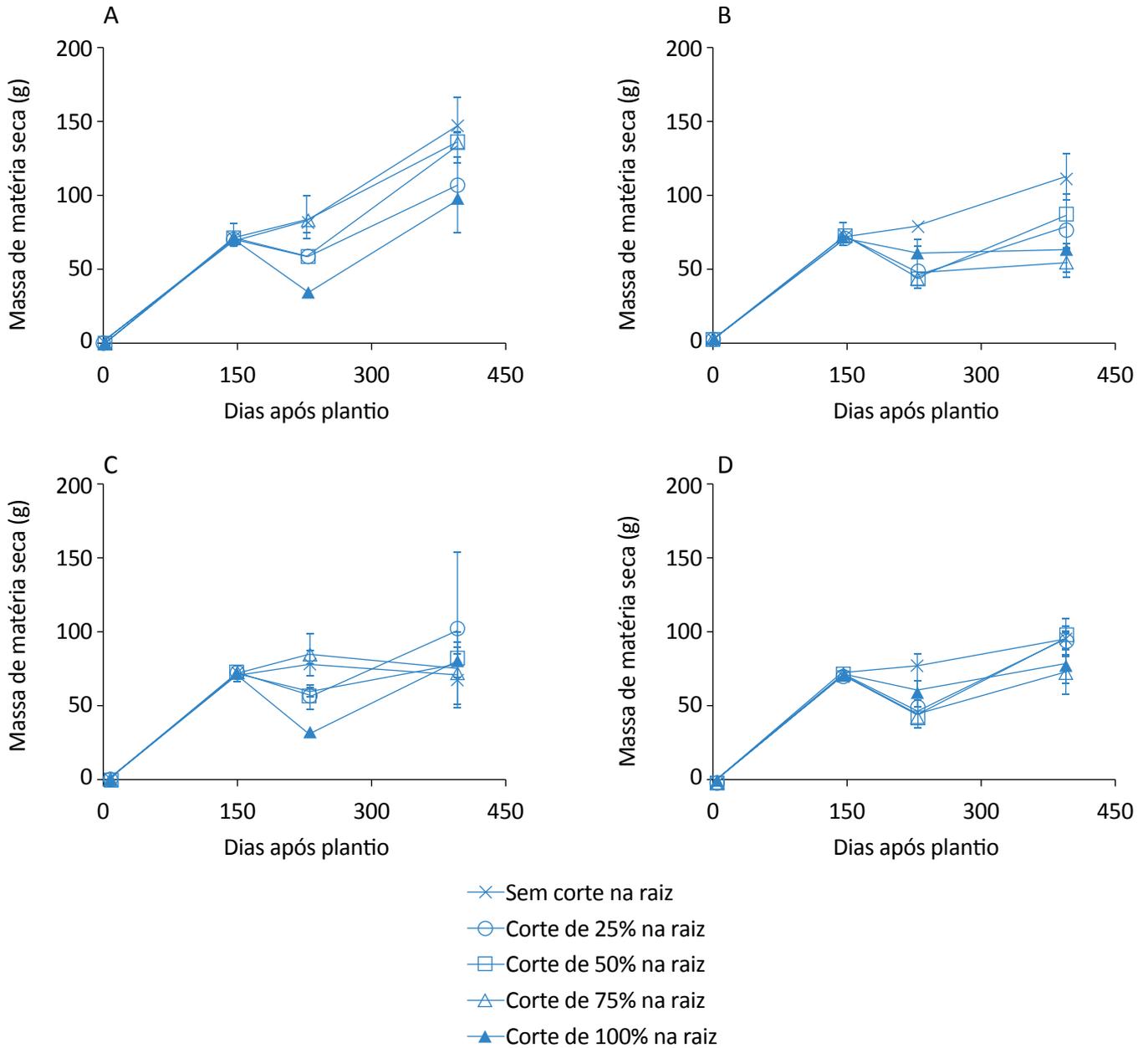


Figura 8 – Evolução do acúmulo de matéria seca das folhas da planta de citronela nos tratamentos de cortes de raiz: (A) sem corte nas folhas; (B) corte nas folhas aos 145 dias após plantio; (C) corte nas folhas aos 228 dias após plantio; (D) corte nas folhas aos 145 e 228 dias após plantio. As barras indicam os desvios padrão.

CONCLUSÕES

Para as plantas de citronela, a parte de interesse econômico é a folha. Assim, a aplicação de dois cortes nas folhas ou não realizar corte nas folhas, dentro do tratamento com 100% do corte na raiz, para a acumulação de massa seca da folha é mais

eficaz quando comparado ao tratamento sem corte nas raízes.

Dessa forma, para esse acúmulo de massa seca da folha, realizar estresse na raiz pode proporcionar, para

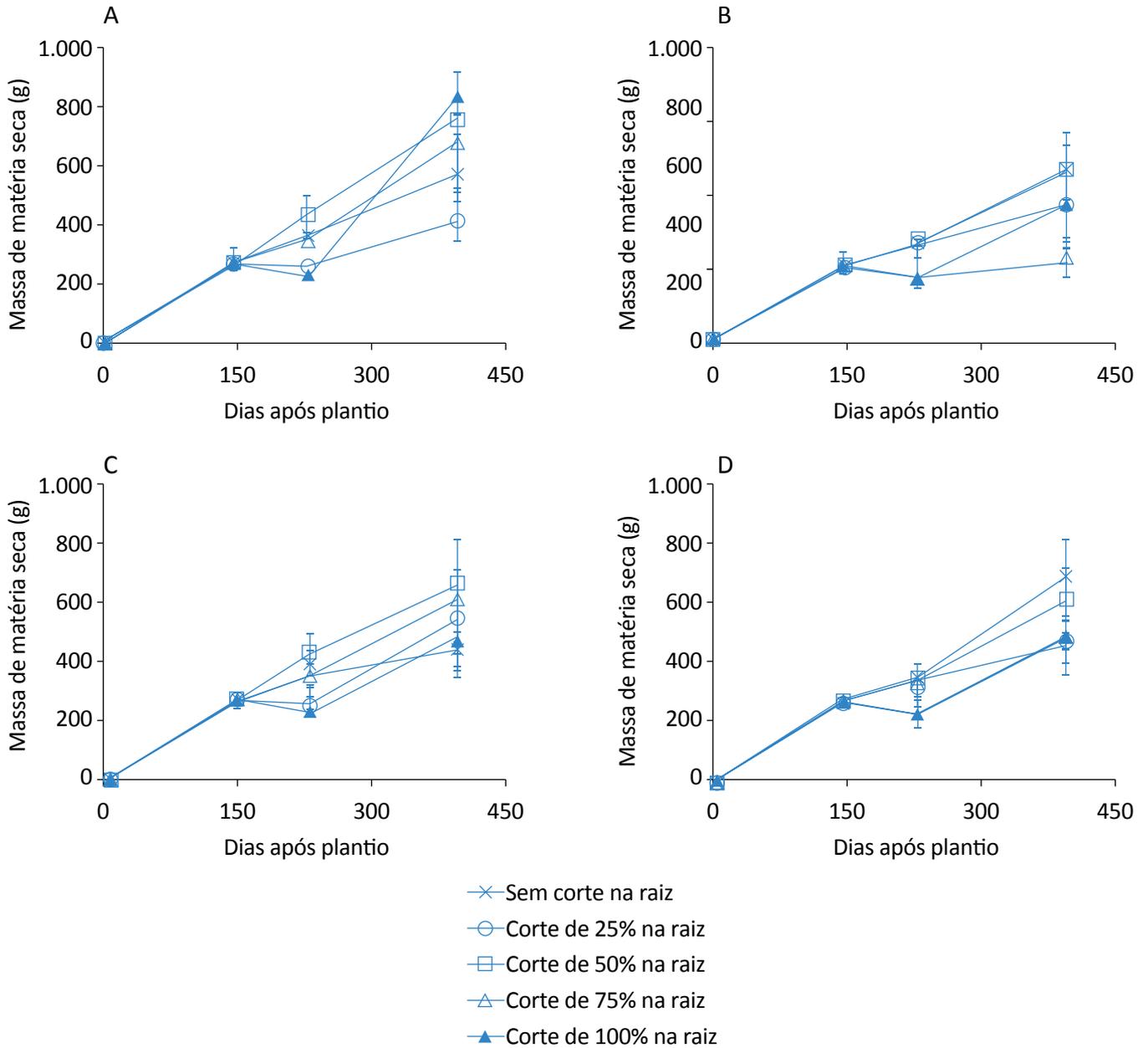


Figura 9 – Evolução do acúmulo de matéria seca total da planta de citronela nos tratamentos de cortes de raiz: (A) sem corte nas folhas; (B) corte nas folhas aos 145 dias após plantio; (C) corte nas folhas aos 228 dias após plantio; (D) corte nas folhas aos 145 e 228 dias após plantio. As barras indicam os desvios padrão

essa espécie, uma recuperação mais rápida, quando somente submetida ao estresse na parte aérea.

Os dados da evolução do acúmulo de matéria seca total nas plantas de citronela, no tratamento de cortes nas folhas, também corroboram o tratamento com 100% de corte na raiz, mas sem cortes nas folhas, que é mais representativo para o último período analisado em relação aos demais cortes nas raízes.

Verificou-se que o tratamento com 100% de corte na raiz, mas sem corte nas folhas, aumentou a massa seca em relação aos demais tratamentos, para o último período de análise. Mesmo sofrendo estresse, as plantas desse tratamento obtiveram uma maior recuperação na massa seca de suas raízes, bem como quando comparadas ao controle.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), código de financiamento 001; ao Conselho Nacional de Desenvolvi-

mento Científico e Tecnológico (CNPq); e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

REFERÊNCIAS

- AGNOLIN, C.A.; OLIVO, C.J.; LEAL, M.L.R.; BECK, R.C.R.; MEINERZ, G.R.; PARRA, C.L.C.; MACHADO, P.R.; FOLETTTO, V.; BEM, C.M.; NICOLLODI, P.R.S.J. Eficácia do óleo de citronela [*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle] no controle de ectoparasitas de bovinos. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 12, n. 4, p. 482-487, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722010000400012>
- ANDRADE, L. H.; OLIVEIRA, J. V.; LIMA, I. M. M.; SANTANA, M. F.; BRENDA, M. O. Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em algodoeiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 3, p. 628-634, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000300027>
- ANDRADE, M. A.; CARDOSO, M. G.; BATISTA, L. R.; MALLET, A. C. T.; MACHADO, S. M. F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.
- AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; MORAES, D. M.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de Maria-pretinha submetidas a níveis de sombreamento. *Planta Daninha*, v. 31, n. 1, p. 99-108, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000100011>
- BENSON, A. R.; MORGENROTH, J.; KOESER, A. K. The effects of root pruning on growth and physiology of two *Acer* species in New Zealand. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 38, p. 64-73, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2018.11.006>
- BREUER, G.; MARTENS, D. E.; DRAAISMA, R. E.; WIJFFELS, R. H.; LAMERS, P. P. Photosynthetic efficiency and carbon partitioning in nitrogen-starved *Scenedesmus obliquus*. *Algal Research*, v. 9, p. 254-262, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2015.03.012>
- CORRÊA, J. C.; SCHEFFER, M. C. *Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares*. 2. ed. Curitiba: Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, 2013. 52 p.
- DONG, T.; DUAN, B.; ZHANG, S.; KORPELAINEN, H.; NIINEMETS, U.; LI, C. Growth, biomass allocation and photosynthetic responses are related to intensity of root severance and soil moisture conditions in the plantation tree *Cunninghamia lanceolata*. *Tree Physiology*, v. 36, n. 7, p. 807-817, 2016. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw025>

- FALQUETO, A. R.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; OLIVEIRA, A. C.; BACARIN, M. A. Crescimento e partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. *Bragantia*, v. 68, n. 3, p. 563-571, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000300002>
- FANG, C.; FERNIE, A. R.; LUO, J. Exploring the Diversity of Plant Metabolism. *Trends in Plant Science*, v. 24, n. 1, p. 83-98, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.09.006>
- FARIA, A. P. de; MARABESI, M. A.; GASPAR, M.; FRANÇA, M. G. C. The increase of current atmospheric CO₂ and temperature can benefit leaf gas exchanges, carbohydrate content and growth in C₄ grass invaders of the Cerrado biome. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 127, p. 608-616, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.04.042>
- FERNANDES, T.; FERNANDES, I.; ANDRADE, A. P. C.; CORDEIRO, N. Marine microalgae growth and carbon partitioning as a function of nutrient availability. *Bioresource Technology*, v. 214, p. 541-547, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.001>
- FINI, A.; FERRINI, F.; FRANGI, P.; PIATTI, R.; AMOROSO, G. Effects of root severance by excavation on growth, physiology and uprooting resistance of two urban tree species. *Acta Horticulturae*, v. 990, p. 487-494, 2013. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.990.63>
- FUCHS, B.; KRISCHKE, M.; MUELLER, M. J.; KRAUSS, J. Plant age and seasonal timing determine endophyte growth and alkaloid biosynthesis. *Fungal Ecology*, v. 29, p. 52-58, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.06.003>
- HU, C.; SADRAS, V. O.; LU, G.; ZHANG, R.; YANG, X.; ZHANG, S. Root pruning enhances wheat yield, harvest index and water-use efficiency in semiarid area. *Field Crops Research*, v. 230, p. 62-71, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.013>
- KANG, S.; PARK, W. J.; MOON, Y. E.; SONG, K. J.; LEE, J. Scion root pruning affects leaf C/N ratio and physiological performance of “Shiranuhi” mandarin trees grown in a greenhouse. *Scientia Horticulturae*, v. 253, p. 42-48, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.013>
- LI, P.; LI, B.; SENEWEERA, S.; ZONG, Y.; LI, F. Y.; HAN, Y.; HAO, X. Photosynthesis and yield response to elevated CO₂, C₄ plant foxtail millet behaves similarly to C₃ species. *Plant Science*, v. 285, p. 239-247, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.05.006>
- LIMA, J. C.; OLIVEIRA, U. C.; SILVA, J. S.; SILVA, J. S.; SOUZA, G. S. Adubação fosfatada e qualidade de luz na produção de biomassa do capim-limão. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, p. 45, 2013.
- LIU, N.; WU, S.; GUO, Q.; WANG, J.; CAO, C.; WANG, J. Leaf nitrogen assimilation and partitioning differ among subtropical forest plants in response to canopy addition of nitrogen treatments. *Science of the Total Environment*, v. 637-638, p. 1026-1034, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.060>
- MA, S.; LI, F.; YANG, S.; LI, C.; XU, B.; ZHANG, X. Effects of Root Pruning on Non-Hydraulic Root-Sourced Signal, Drought Tolerance and Water Use Efficiency of Winter Wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 12, n. 6, p. 989-998, 2013. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60476-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60476-1)
- MASHAMAITE, C. V.; DUBE, Z. P.; PHIRI, E. E. Chemical root-pruning of *Moringa oleifera* for improved seedling growth. *South African Journal of Botany*, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2019.04.003>
- MATTOS, M. L. T.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A. Perda de sólidos e nutrientes na água de lavoura de arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. *Anais... Santa Maria: Orium*, 2005. v. 2. p. 555-557.
- PESCHIUTTA, M. L.; SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; BUCCI, S. J. Herbivory alters plant carbon assimilation, patterns of biomass allocation and nitrogen use efficiency. *Acta Oecologica*, v. 86, p. 9-16, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2017.11.007>

- PILON, C.; SNIDER, J. L.; SOBOLEV, V.; CHASTAIN, D. R.; SORENSEN, R. B.; MEEKS, C. D.; MASSA, A. N.; WALK, T.; SINGH, B.; EARL H. J. Assessing stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation under progressive drought in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Physiology*, v. 231, p. 124-134, 2018.
- ROCHA, H. C. R.; ALVARENGA, C. D.; GIUSTOLIN, T. A.; BRANT, R. S.; SOUZA, M. D. C.; SARMENTO, H. G. S.; BARBOSA, M. G. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de folhas de capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle) em cultivo consorciado com algodoeiro colorido no semiárido mineiro. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 14, n. esp., p. 183-187, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722012000500010>
- SAGE, R. F.; SULTMANIS, S. Why are there no C 4 forests? *Journal of Plant Physiology*, v. 203, p. 55-68, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2016.06.009>
- SALAH, H. B. H.; TARDIEU, F. Control of Leaf Expansion Rate of Droughted Maize Plants under Fluctuating Evaporative Demand. *Plant Physiology*, v. 114, n. 3, p. 893-900, 1997. <https://doi.org/10.1104/pp.114.3.893>
- SÁNCHEZ, E.; GIL, S.; AZCÓN-BIETO, J.; NOGUÉS, S. The response of *Arundo donax* L. (C 3) and *Panicum virgatum* (C 4) to different stresses. *Biomass and Bioenergy*, v. 85, p. 335-345, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.12.021>
- TAKSHAK, S.; AGRAWAL, S. B. Defense potential of secondary metabolites in medicinal plants under UV-B stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 193, p. 51-88, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.02.002>
- THAKUR, M.; BHATTACHARYA, S.; KHOSLA, P. K.; PURI, S. Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 12, p. 1-12, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.11.004>
- VELOSO, R. A.; DE CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; DOS SANTOS, G. R.; BARBOSA, L. C. A.; DA SILVA, K. P. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 12, p. 1707-1713, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200005>
- VENTER, G. J.; LABUSCHAGNE, K.; BOIKANYO, S. N.; MOREY, L. Assessment of the repellent effect of citronella and lemon eucalyptus oil against South African Culicoides species. *Journal of the South African Veterinary Association*, v. 85, n. 1, p. e1-e5, 2014. <https://doi.org/10.4102/jsava.v85i1.992>
- WU, X.; YUAN, J.; LUO, A.; CHEN, Y.; FAN, Y. Drought stress and re-watering increase secondary metabolites and enzyme activity in *dendrobium moniliforme*. *Industrial Crops and Products*, v. 94, p. 385-393, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.041>
- ZHANG, H.-Y.; HARTMANN, H.; GLEIXNER, G.; THOMA, M.; SCHWAB, V. F. Carbon isotope fractionation including photosynthetic and post-photosynthetic processes in C3 plants: Low [CO₂] matters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 245, p. 1-15, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2018.09.035>
- ZHANG, L.; PEI, H.; CHEN, S.; JIANG, L.; HOU, Q.; YANG, Z.; YU, Z. Salinity-induced cellular cross-talk in carbon partitioning reveals starch-to-lipid biosynthesis switching in low-starch freshwater algae. *Bioresource Technology*, v. 250, p. 449-456, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.067>
- ZHANG, S.; AI, G.; LI, M.; YE, Z.; ZHANG, J. Tomato LrgB regulates heat tolerance and the assimilation and partitioning of carbon. *Plant Science*, v. 274, p. 309-319, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.06.001>



PERCEPÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR COMERCIÁRIOS NO MUNICÍPIO DE DIADEMA, NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

PERCEPTION OF AIR POLLUTION BY COMMUNITIES OF RETAILERS IN THE CITY
OF DIADEMA, WITHIN THE SAO PAULO METROPOLITAN REGION, BRAZIL

Paula Guimarães 

Aluna no Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Diadema (SP), Brasil.

Nilton Évora do Rosário 

Docente no Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Diadema (SP), Brasil.

Luciana Varanda Rizzo 

Docente no Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Diadema (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Nilton Évora do Rosário –
Rua São Nicolau, 210 –
CEP 09513-030 – Diadema (SP), Brasil
– E-mail: niltoncvbr@gmail.com

Recebido em: 04/02/2019

Aceito em: 21/06/2019

RESUMO

A poluição do ar é um dos principais problemas enfrentados em regiões urbanas, e sua percepção pela população é fundamental para a mitigação do problema. Este estudo analisou a percepção da poluição do ar por dois grupos de comerciantes do município de Diadema: um atuante no centro da cidade, em uma via de intenso tráfego, e outro atuante na periferia (bairro). Os resultados demonstram que os entrevistados têm clara percepção da poluição do ar (90% no centro e 70% no bairro) e identificaram corretamente seu principal agente, a emissão veicular. Entretanto, a maioria dos entrevistados (65%) não se identificou como causa do problema. A percepção dos entrevistados sobre a evolução da qualidade do ar foi coerente com dados de concentração dos poluentes. Vale ressaltar a divergência encontrada entre a percepção dos comerciantes e os índices oficiais de qualidade do ar. Não houve diferenças significativas entre as percepções dos comerciantes do centro e do bairro.

Palavras-chave: percepção ambiental; qualidade do ar; ozônio; material particulado; região metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT

Air pollution is one of the most challenging issues faced in urban regions, and its perception by the population is an important aspect to its mitigation. This study investigated air pollution perceptions of two retailer communities from the city of Diadema: a downtown group (Centro), along a heavy traffic road, and a second one in the outskirts of the city (Bairro). The results show that the interviewees have a clear perception of air pollution (90% at Centro and 70% at Bairro) and correctly identified vehicular emissions as its main cause. However, most of the interviewees (65%) did not see themselves as a part of the problem. Interviewees' perception on the evolution of air quality was coherent with data of pollutants concentrations. The divergence found between their perception and the official numbers for air quality should be noted. Statistically, there were no significant differences between the perceptions of the two communities.

Keywords: environment perception; air quality; ozone; particulate matter; Sao Paulo metropolitan region.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar está entre os problemas ambientais de maior impacto na saúde pública, especialmente nas áreas urbanas (WHO, 2016; ABE; MIRAGLIA, 2016; GOUVEIA; JUNGER, 2018). Estudos indicam que na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a principal fonte de poluição atmosférica é a crescente frota de veículos automotores (ANDRADE *et al.*, 2012; KUMAR *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2017; CETESB, 2018; BRITO *et al.*, 2018). Entre os poluentes atmosféricos, podem-se destacar o material particulado inalável (MP_{10}) e o ozônio (O_3), cujas concentrações na RMSP frequentemente ultrapassam os padrões estaduais de qualidade do ar, respectivamente de $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (média móvel de 24 horas) e $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (média móvel de 8 horas) (CARVALHO *et al.*, 2015; ANDRADE *et al.*, 2017; CETESB, 2018). A meteorologia tem papel fundamental nos cenários de degradação da qualidade do ar na RMSP (CETESB, 2017). Condições meteorológicas associadas à alta estabilidade atmosférica, fraca ventilação e, especialmente no caso do O_3 , alta incidência de radiação solar têm sido as principais razões dos casos mais críticos de poluição na RMSP. No geral, tais condições são observadas quando sistemas de alta pressão e bloqueios atmosféricos dominam o cenário meteorológico regional (SÁNCHEZ-CCOYLLO *et al.*, 2006). Os efeitos nocivos da poluição do ar sobre a saúde humana são inequívocos, desencadeando ou agravando doenças respiratórias e cardiovasculares (e.g., WHO, 2016; POPE; DOCKERY, 2006). O Estudo da Carga Global de Doenças (COHEN *et al.*, 2017) contabilizou cerca de 52 mil mortes relacionadas à exposição ao material particulado no Brasil no ano de 2015.

Apesar do amplo conhecimento que se tem do problema da poluição atmosférica e dos meios para a sua mitigação, o nível de percepção dessa problemática pela população é pouco conhecido e recorrentemente negligenciado, especialmente em países em desenvolvimento (MUINDI *et al.*, 2014; SAKSENA, 2011). Saksena (2007) descreve a percepção ambiental do indivíduo como resultado de um somatório de aspectos incluindo causas, estados, impactos e respostas. As causas incluem as fontes poluidoras, que levam o indivíduo a perceber a circunstância ambiental a que está submetido; os estados estão relacionados à percepção dos níveis de poluição em sua experiência

cotidiana na percepção da poluição, considerando a percepção sensorial visual, os conhecimentos locais e as condições de base do indivíduo; os impactos referem-se aos efeitos na saúde e na qualidade de vida do indivíduo; e por fim, as respostas são as percepções sobre políticas e ações por parte do poder público. Estudos que avaliaram especificamente a percepção pública da qualidade do ar em distintas regiões urbanas do mundo acrescentam outros fatores importantes que podem influenciar a percepção de um indivíduo, como condições meteorológicas e características psicológicas e socioeconômicas (OLTRA; SALA, 2014; SAKSENA, 2011). A maioria dos estudos empíricos sobre a percepção da poluição do ar baseia-se em entrevistas e levantamentos (*survey*) (OLTRA; SALA, 2014), aplicando ferramentas de análise estatística descritiva e de associação entre variáveis. Alguns estudos detectaram diferenças significativas na percepção de indivíduos que habitavam a mesma área urbana, porém em bairros distintos (BRODY; PECK; HIGHFIELD, 2004; HOWEL *et al.*, 2002; SILVA; OLIVEIRA, 2011; MONIZ; CARMO; HACON, 2016; LIU; KOBERNUS; LIU, 2017). Outros estudos procuraram identificar relações entre a percepção da qualidade do ar e as concentrações de poluentes atmosféricos (JACQUEMIN *et al.*, 2007; PANTAVOU; LYKOUKIS; PSILOGLOU, 2017). No Brasil, há poucos estudos que avaliaram a percepção ambiental da população com foco na problemática da poluição atmosférica (por exemplo, JACOBI, 1994; SOUZA, 2011; SILVA; OLIVEIRA, 2011; SILVA; LIMA, 2006). De modo geral, os estudos anteriores conduzidos no Brasil e no mundo indicam que a poluição do ar, suas causas e seus efeitos são percebidos pela maioria dos indivíduos residentes em áreas urbanas, e que essa percepção é modulada pelo contexto ambiental local no qual os indivíduos estão inseridos.

Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a percepção da poluição do ar por grupos de comerciantes que atuam na cidade de Diadema, situada na RMSP, tendo como foco a percepção das causas e do estado da qualidade do ar. Esse tipo de estudo é importante para demonstrar o quanto a poluição do ar é percebida e o quanto ela afeta o bem-estar da população, de modo que os resultados possam embasar o desenvolvimento de ações de promoção de saúde e de educação ambiental em escala local.

MÉTODOS

Avaliação da percepção ambiental

O presente estudo teve como foco a cidade de Diadema, localizada no sudeste da RMSP, que apresenta a maior densidade populacional do estado (IBGE, 2015; PREFEITURA DE DIADEMA, 2012), associada a um dos maiores índices de vulnerabilidade socioeconômica, especialmente para eventos climáticos extremos (VALVERDE, 2017; SILVA; ABE; MIRAGLIA, 2017). Neste estudo, avaliou-se a percepção de grupos de comerciantes que atuaram no município no período de junho a setembro de 2015. Esse segmento da população foi escolhido em decorrência de sua exposição diária e regular à poluição do ar, aliada à possibilidade de acompanhar os indivíduos ao longo do tempo por meio de entrevistas. O primeiro grupo, denominado de centro, incluiu comerciantes que atuavam na proximidade do terminal de ônibus na região central de Diadema (Figura 1), expostos a uma via de intenso tráfego. O segundo grupo de comerciantes atuava no entorno do Parque Ecológico, no bairro do Eldorado (bairro), em uma região periférica do município com remanescentes de áreas verdes nativas.

No centro, foram identificados 45 estabelecimentos com número total de 135 funcionários. Já no bairro foram contabilizados 35 estabelecimentos, com total de 70 funcionários. O tamanho da amostra representativa para cada região foi calculado com base em Bolfarine e Bussab (2005) e Souza (2011), por meio da Equação 1, adotando nível de significância de 90%:

$$n = \frac{N z^2 p' q'}{(N - 1) e^2 + z^2 p' q'} \quad (1)$$

Em que:

N = o tamanho da população-alvo, isto é, o número total de funcionários em cada região;

z = 1,65, o coeficiente de confiança correspondente ao nível de significância escolhido;

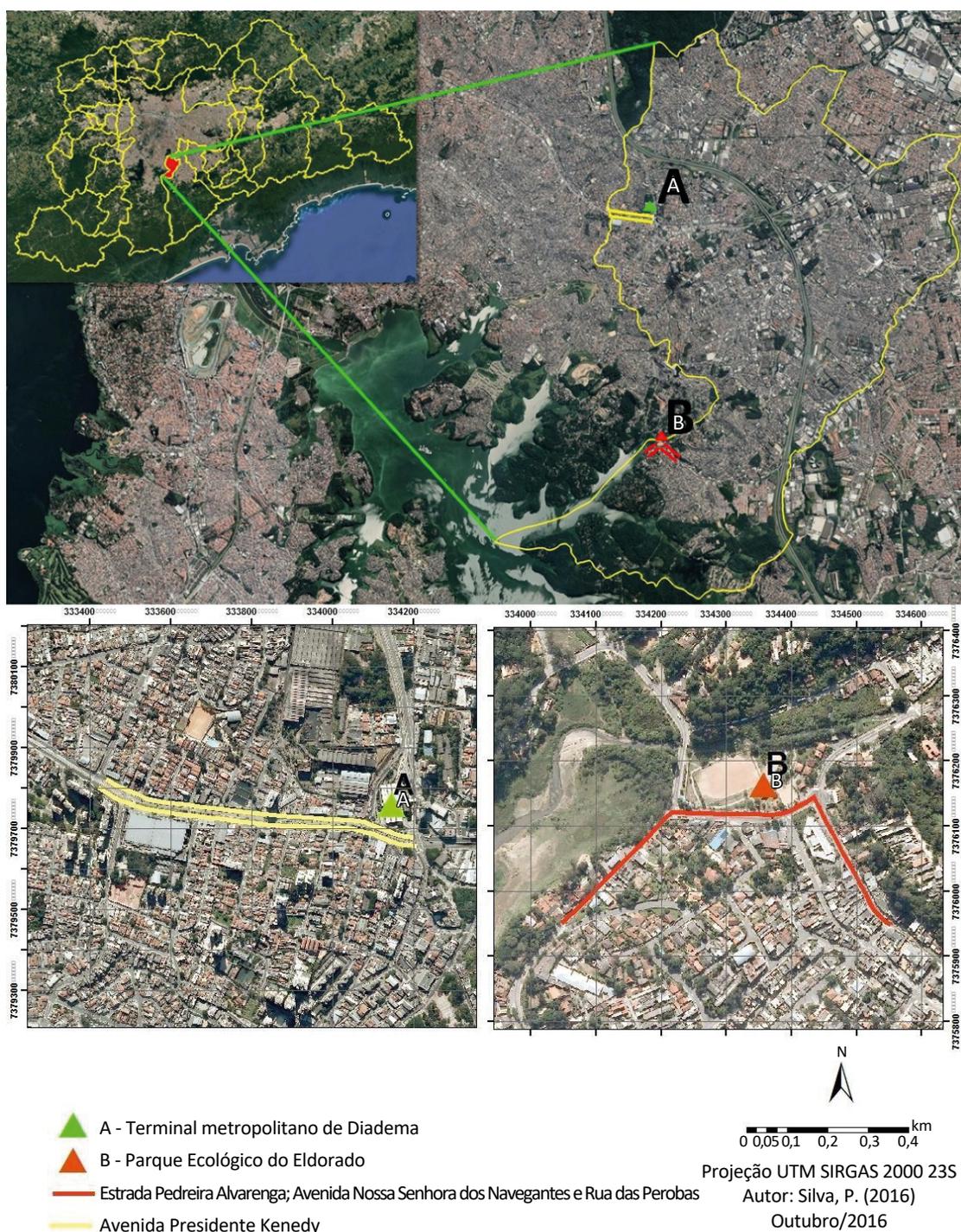
e = 0,10, o erro aceitável;

p' = o percentual de respostas favoráveis a uma alternativa;

q' = o percentual de respostas desfavoráveis a uma alternativa.

Nesse cálculo, foram adotados $p' = q' = 0,5$, ou seja, o maior valor possível. Esse cálculo levou em conta as diferenças de tamanho entre as populações-alvo nas duas regiões, garantindo que o número de entrevistados calculado constituísse uma amostra representativa. Assim, consideramos que a diferença no número de entrevistados em cada região não teve influência sobre os resultados. O cálculo resultou em uma amostra significativa de 46 indivíduos no centro e 35 no bairro. Esses indivíduos foram entrevistados até sete vezes entre junho e setembro de 2015. Nesse período, houve duas desistências de entrevistados no centro e uma no bairro.

Para avaliar a percepção dos indivíduos do fragmento populacional-alvo, foi escolhido o método de pesquisa *survey* ou levantamento. Dois questionários foram elaborados, denominados de questionários 1 e 2 (Quadros 1 e 2). O primeiro foi aplicado a cada indivíduo uma única vez no início do estudo, visando coletar dados demográficos (Parte I — Identificação do entrevistado). Além disso, o Questionário 1 (Q1) visou avaliar a percepção geral do indivíduo sobre as problemáticas ambientais no seu cotidiano, especialmente sobre a poluição do ar: a sua ciência do problema, causas, impactos e do seu papel, como indivíduo, na geração e na mitigação do problema (Parte II — Questão diagnóstica central). Essa parte do Q1 foi constituída de perguntas abertas, visando explorar a maior diversidade de respostas possível. Vale ressaltar que o Q1 foi elaborado de modo que o entrevistado não fosse sugestionado para a temática poluição do ar. Já o Questionário 2 (Q2) teve como objetivo contrapor a percepção que os indivíduos têm do estado da qualidade do ar com indicadores objetivos, nomeadamente medidas de concentrações de poluentes e índices de qualidade do ar da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O Q2 foi aplicado seis vezes para cada indivíduo do centro e sete vezes para os do bairro. No intuito de avaliar a percepção dos comerciantes em períodos com diferentes níveis de poluição atmosférica, os dias de aplicação do Q2 foram selecionados levando em conta a previsão do tempo do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e a observação das condições meteorológicas na região do estudo a partir de imagens de satélites fornecidas pelo próprio CPTEC.



Fonte: Google Earth.

Figura 1 – Contextualização da localização de Diadema dentro da Região Metropolitana de São Paulo e dos pontos de referências nas vias amostradas (A; B) em relação à área do município (parte superior). Na parte inferior, destacam-se as áreas no entorno da extensão das vias onde foram realizadas as amostragens: a Avenida Presidente Kennedy, no centro da cidade (linhas amarelas); e a combinação das vias Avenida Nossa Senhora dos Navegantes, Estrada do Alvarenga e Rua das Perobas, em uma região periférica do município (linhas vermelhas).

Quadro 1 – Questionário 1, com descrição das questões, seus objetivos, suas possíveis respostas e o tipo de pergunta (aberta, de múltipla escolha ou mista).

Questionário 1			
Questão	Possíveis respostas	Objetivo da questão	Tipo
Parte I - identificação do entrevistado			
1. Identificação preliminar: Idade. Gênero. Escolaridade. Bairro de residência em Diadema. Tempo de residência em Diadema. Cidade natal.		Levantar dados socioeconômicos	Aberta
2. Local de trabalho: Nome do estabelecimento. Há quanto tempo trabalha no estabelecimento? Quantas horas de trabalho por dia? Ambiente de trabalho interno ou externo?		Levantar as características do local de trabalho do indivíduo, tendo em vista que todos os entrevistados eram comerciantes	Aberta
3. Modo de deslocamento: Que meio de transporte você utiliza para chegar ao trabalho? Quanto tempo de deslocamento?	transporte público/ carro/ motocicleta/ bicicleta/a pé	Levantar modos de deslocamento	Mista
Parte II – questão diagnóstica central			
4. Cite os principais problemas ambientais a que você está exposto diariamente		Explorar a percepção sobre problemas ambientais em geral	Aberta
5. Dentre esses problemas, qual você acha que mais afeta a sua vida?		Identificar o principal problema ambiental, dentre os citados	Aberta
6. <i>(se a poluição do ar for citada na questão 5)</i> Como a poluição do ar afeta a sua qualidade de vida?		Analisar a percepção do impacto da poluição do ar na vida do indivíduo	Aberta
7. <i>(se a poluição do ar não for citada na questão 5)</i> Você acha que a poluição do ar pode afetar a sua qualidade de vida?	<i>(se sim)</i> Como? <i>(se não)</i> Por quê?	Analisar a percepção do impacto da poluição do ar na vida do indivíduo	Aberta
8. Em sua opinião, quais as principais causas de poluição do ar na sua região?		Avaliar a percepção sobre as causas do problema	Aberta
9. Em sua opinião, você contribui para o aumento da poluição do ar na sua região?		Avaliar se o indivíduo se responsabiliza pelo problema	Aberta
10. Você sofre de problemas respiratórios?	sim/não	Avaliar a influência da saúde na percepção do indivíduo	Escolha
11. Se respondeu SIM à questão anterior, citar os problemas respiratórios	asma/bronquite/ sinusite/ alergias/ outros		Escolha

Cabe mencionar que existem limitações inerentes a estudos de levantamento de percepção. Uma delas é a questão da representatividade, que pode ser afetada por dois aspectos: a acessibilidade aos entrevistados e as inequidades que podem marginalizar a participação de certos gru-

pos, por exemplo, comerciários de setores que não o de lojistas. Embora seja um trabalho voltado para uma amostra populacional de Diadema, reconhecemos que existe um viés populacional, comerciários em áreas de tráfego intenso, o que restringe a extensão dos resultados.

Análise de odds ratio ou razão de chances

Visando à análise objetiva das relações entre as respostas dos questionários, foi aplicado o método estatístico *odds ratio* (OR), também conhecido como razão de chances. O método permite avaliar classes de respostas fornecidas por dois grupos distintos (por exemplo, seja o grupo X os comerciantes do bairro e o grupo Y os comerciantes do centro, Quadro 3) para determinada pergunta dos Q1 e Q2. Essa análise permite que se faça um julgamento sobre uma relação de causalidade. O método OR é amplamente utilizado em análises epidemiológicas e de risco (e.g., FRANCISCO *et al.*, 2008; GLAS *et al.*, 2003; HOWEL *et al.*, 2002; WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998).

O Quadro 3 mostra um exemplo hipotético, em que indivíduos dos grupos X e Y responderam “A” ou “não A” para uma determinada pergunta. Os valores *a*, *b*, *c* e *d* representam o número de respostas em cada caso.

O OR é obtido a partir da razão de chances de resposta “A” entre os indivíduos dos grupos X e Y (Equação 2).

$$OR = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{ad}{bc} \quad (2)$$

Deste modo, o grupo X apresenta uma chance $\frac{ad}{bc}$ vezes maior de dar uma resposta “A”, em comparação com o grupo Y. Calculando intervalos de confiança, é possível avaliar se o valor de OR obtido representa um efeito presente na população e não somente na amostra estudada. O intervalo de confiança (IC) para o valor de OR pode ser calculado de acordo com a Equação 3 (GLAS *et al.*, 2003; WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998):

Quadro 2 – Questionário 2, com a descrição das questões, seus objetivos e suas possíveis respostas. Todas as perguntas desse questionário são de múltipla escolha.

Questionário 2		
Questão	Possíveis respostas	Objetivo da questão
1. Em sua opinião, a qualidade do ar no dia de hoje está:	boa/normal/ruim	Avaliar a percepção do indivíduo sobre a qualidade do ar no dia da entrevista
2. Com relação ao dia anterior, a qualidade do ar está:	melhor/pior/não senti diferença	Avaliar a percepção do indivíduo sobre mudanças na qualidade do ar
3. Na última semana, você teve algum tipo de problema respiratório?	sim/não	Avaliar a relação entre qualidade do ar e saúde
4. Se você respondeu SIM na questão anterior, quais foram os problemas?	asma/bronquite/sinusite/alergias/outro	
5. Na última semana, você leu alguma notícia em jornais impressos sobre poluição do ar? Viu na televisão alguma notícia/documentário sobre poluição do ar? Viu na internet alguma notícia sobre poluição do ar?	sim/não	Avaliar a influência da mídia sobre a percepção do indivíduo

$$IC = [OR \cdot e^{-z \cdot E}; OR \cdot e^{z \cdot E}] \quad (3)$$

Em que:

$$E = \sqrt{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}}; z = 1,96, \text{ representando o coeficiente de confiança considerando significância de 95\%}.$$

Indicadores físicos da qualidade do ar

Os dias de aplicação do Q2 foram classificados em função das concentrações de MP₁₀ e O₃ observadas na estação telemétrica da CETESB em Diadema. Para tanto, dois critérios independentes foram utilizados:

- classificação da qualidade do ar a partir de conceitos definidos com base em percentis extraídos da série histórica de concentrações em Diadema;
- classificação da qualidade do ar com base nos índices da CETESB estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013 (CETESB, 2017).

Para a classificação com base em percentis, foi utilizada a série temporal de médias diárias de concentração de MP₁₀ e O₃ em Diadema entre os anos de 2003 e 2014. Foram calculados as medianas e os percentis 25 e 75% de concentração, obtendo os valores 32 [24 – 42] µg/m³ para o MP₁₀ e 30 [22 – 42] µg/m³ para o O₃, sendo os percentis representados entre colchetes. Os dias do estudo foram então classificados em *limpos* (concentração de ambos os poluentes abaixo do percentil 25%), *normais* (concentração de ambos os poluentes entre os percen-

Se o IC contiver o valor 1,0 (hipótese nula), significa que o valor de OR não é significativo, ou seja, não há diferença relevante entre os grupos analisados, de modo que a chance do grupo X dar a resposta “A” é a mesma chance do grupo Y dar a mesma resposta.

tis 25 e 75%) e *sujos* (concentração de ao menos um dos poluentes maior ou igual ao percentil 75%). Para a classificação com base nos índices da CETESB, a qualidade do ar foi considerada boa quando as concentrações de MP₁₀ e O₃ foram menores ou iguais a 50 µg/m³ (média móvel de 24 horas) e 100 µg/m³ (média móvel de 8 horas), respectivamente (Quadro 4). A qualidade do ar foi considerada moderada para concentrações dentro do intervalo 50 < MP₁₀ ≤ 100 µg/m³ (média móvel de 24 horas) ou 100 < O₃ ≤ 130 µg/m³ (média móvel de 8 horas). Por fim, a qualidade do ar foi considerada ruim para concentrações nos intervalos 100 < MP₁₀ ≤ 150 µg/m³ (média móvel de 24 horas) ou 130 < O₃ ≤ 160 µg/m³ (média móvel de 8 horas). Na classificação conjunta de MP₁₀ e O₃, o pior caso foi escolhido. A adoção de índices qualitativos ao invés da concentração pela CETESB visa simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar. Para facilitar o acompanhamento ao longo do texto, a classificação desenvolvida neste trabalho será grafada em itálico (*limpo, normal, sujo*), a classificação segundo os índices da CETESB será escrita em caixa-alta (BOA, MODERADA, RUIM) e a classificação dos dias de acordo com as respostas dos entrevistados será grafada em letras minúsculas e entre aspas (“boa”, “normal”, “ruim”).

Quadro 3 – Exemplo de aplicação do método odds ratio, comparando dois grupos de indivíduos (grupos X e Y) e as respectivas quantidades de respostas “A” ou “não A” para perguntas dos questionários 1 e 2.

Grupos de entrevistados	Resposta à pergunta (desfecho)				
	“A”	“não A”	Total	Probabilidade de resposta “A”	Chance de resposta “A”
Grupo X	a	b	a+b	$\frac{a}{a+b}$	$\frac{a}{b}$
Grupo Y	c	d	c+d	$\frac{c}{c+d}$	$\frac{c}{d}$
Total	a+c	b+d	a+b+c+d		

Fonte: adaptado de Wagner e Callegari-Jacques (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos entrevistados e percepção sobre problemas ambientais

Por meio do Q1, constatou-se que as características demográficas dos indivíduos nas duas regiões de estudo foram parecidas, sendo a maioria dos entrevistados homens (67% no centro e 62% no bairro), com idade entre 31 e 50 anos (50% no centro e 56% no bairro), e moradores do município de Diadema (67% no centro e 73% no bairro). O nível de ensino foi o item que mostrou diferença substancial entre os dois locais: apenas 43% dos entrevistados no centro tinham ensino fundamental completo, enquanto no bairro o índice foi de 77%. Com relação à percepção de problemas ambientais em geral, a Figura 2 apresenta a frequência com que os problemas foram citados pelos entrevistados em ambas as localidades. O problema poluição do ar foi o mais citado, por 98% dos entrevistados no centro e 77% no bairro, o que revela a dimensão municipal do problema e sua inequívoca percepção pela população, pelo menos no contexto do fragmento populacional aqui analisado.

Os demais problemas mencionados refletem características específicas do ambiente aos quais os comerciantes estão expostos. No bairro, por exemplo, depois da poluição do ar, saneamento básico foi o problema mais citado, o que pode estar relacionado à presença de um córrego escoando esgoto a céu aberto na região do bairro. Além de poluição do ar e saneamento básico, os entrevistados do bairro indicaram poeira como um problema recorrente, por conta da presença de campos de futebol de terra batida dentro do Parque Ecológico do Eldorado, localizado em frente aos comer-

cios. No centro, depois da poluição do ar, o problema mais citado foi poluição sonora, associada ao tráfego intenso de veículos no Terminal de Diadema e na Avenida Presidente Kennedy. Quando procurou-se avaliar uma hierarquia da importância dos problemas citados (Q1, questão 5), a maioria dos entrevistados citou a poluição do ar, sendo 63% dos entrevistados no centro e 70% no bairro.

Outro aspecto analisado foi a percepção dos comerciantes em relação à principal causa de poluição do ar em seus locais de trabalho (Q1, questão 8). A resposta mais frequente foi a emissão veicular, para 96% dos entrevistados no centro e 90% no bairro. Pesquisas anteriores também reportaram o tráfego de veículos como a principal causa para a poluição do ar percebida pela população em áreas urbanas (HOWEL *et al.*, 2002; JACOBI, 1994; LIU; KOBERNUS; LIU, 2017; SAKSENA, 2011). Além da emissão veicular, no bairro, uma parcela dos entrevistados (6,7%) citou a poeira provinda do Parque Ecológico do Eldorado. Apesar da localização de Diadema na região do ABCD, que apresenta um forte perfil industrial, essa fonte de poluição do ar foi pouco citada. Quando questionados sobre a sua contribuição para a poluição do ar em sua região (Q1, questão 9), observou-se que 57% dos entrevistados, considerando ambas as localidades, não se consideram agentes causadores do problema. As justificativas apresentadas foram: não uso carro, não jogo lixo na rua, ando a pé ou não tráfego pela região, carro regulado. Assim, avalia-se que uma fração expressiva dos entrevistados é

Quadro 4 – Índices de qualidade do ar baseados em limites de concentração dos poluentes material particulado inalável e ozônio segundo critérios da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2017), e segundo critério desenvolvido no presente estudo (percentis 25 e 75% de dados históricos de concentração dos poluentes em Diadema).

Critério	Índice de qualidade do ar	MP ₁₀ (µg/m ³) 24 horas	O ₃ (µg/m ³) 8 horas
CETESB	Boa	< 50	< 100
	Moderada	50–100	100–130
	Ruim	> 100	> 130
Desenvolvido neste trabalho	<i>limpo</i>	< 24 (percentil 25%)	< 22 (percentil 25%)
	<i>normal</i>	24–42	22–42
	<i>sujo</i>	> 42 (percentil 75%)	> 42 (percentil 75%)

MP₁₀: material particulado inalável; O₃: ozônio.

capaz de perceber a poluição do ar como o principal problema ambiental do seu entorno e reconhecer as suas principais causas, mas não se vê como parte do problema. Entretanto, vale mencionar que vias de Dia-

dema funcionam como corredores de ligação entre a região do ABCD e a capital paulista, sugerindo que parte importante da frota que trafega pela cidade não a tem como destino.

Contraposição entre a percepção dos comerciários e indicadores objetivos da qualidade do ar

A Figura 3 mostra as médias diárias de concentração dos poluentes MP_{10} e O_3 durante o período de estudo, monitoradas na estação da CETESB em Diadema. A variação da concentração dos poluentes no período de entrevistas resultou em cenários contrastantes que possibilitaram avaliar a percepção dos indivíduos em distintas condições de qualidade do ar. Entre os 122 dias do período de estudo 67, 31 e 2% tiveram classificação BOA, MODERADA e RUIM, respectivamente, segundo os índices da CETESB. Segundo o critério adotado neste trabalho, com base em percentis de concentração dos poluentes mencionados, 9, 51 e 40% dos dias foram classificados como *limpos*, *nor-*

mais e *sujos*, respectivamente. Vale ressaltar que esse último critério, desenvolvido no presente estudo, usa o histórico de cenários de qualidade do ar no próprio município, isto é, cenários mais condizentes com a realidade dos entrevistados.

Os dias em que foram realizadas as entrevistas tiveram classificação entre *normal* e *sujo*, segundo o critério desenvolvido. Por outro lado, utilizando o critério oficial, quase todos os dias tiveram classificação BOA (Quadro 5). As concentrações do poluente MP_{10} foram relativamente altas em comparação com a série histórica de observações, excedendo o percentil 75% ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

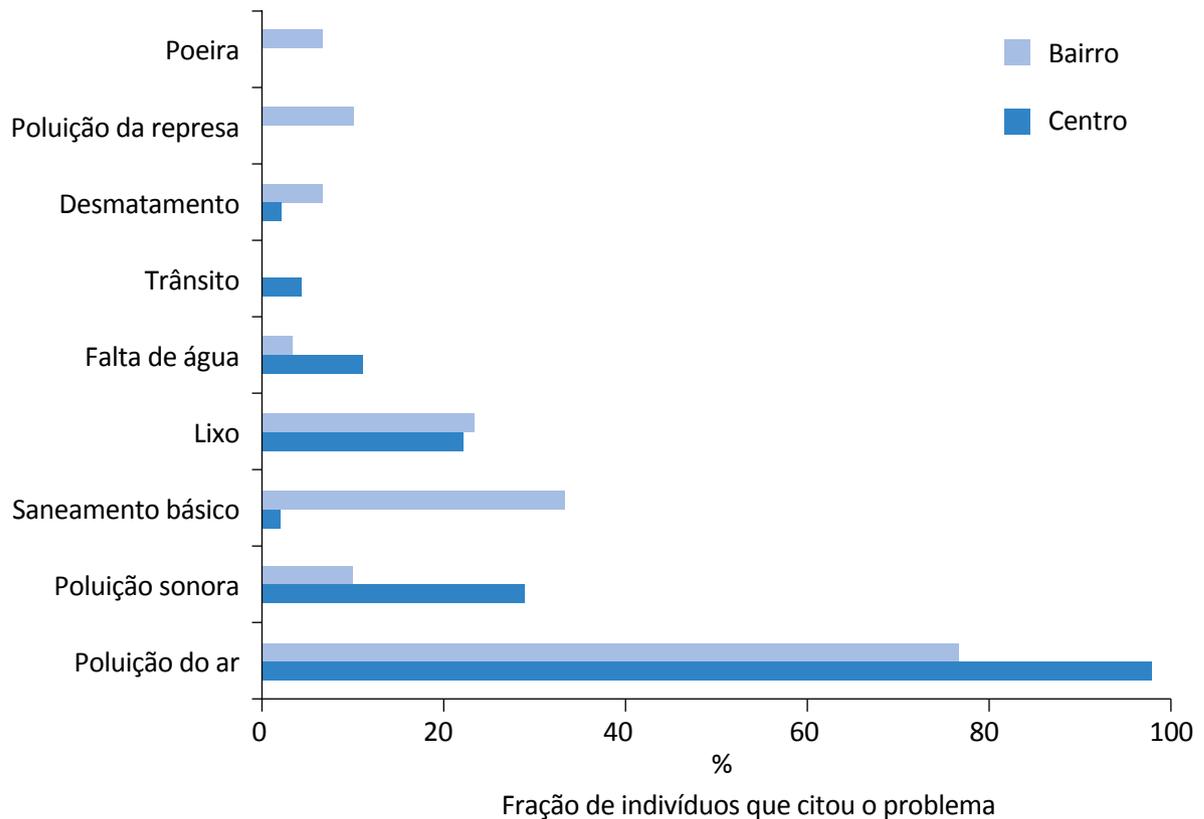


Figura 2 – Problemas ambientais que foram mais citados pelos entrevistados nas regiões bairro e centro como resposta para a questão 4 do questionário 1: “Cite os principais problemas ambientais a que você está exposto diariamente”. As porcentagens referem-se a um número total de 35 indivíduos no bairro e 46 indivíduos no centro.

Quadro 4) em 40 dias ao longo do período de estudo (Figura 3). Esse resultado está de acordo com as expectativas, já que o estudo foi realizado no inverno, período que favorece altas concentrações de MP_{10} em toda a RMSP (CARVALHO *et al.*, 2015). O ano de estudo, 2015, apresentou a maior média mensal de MP_{10} em agosto, considerando a série histórica de dados entre 2003 e 2014. Possivelmente, a alta nas concentrações de MP_{10} em agosto de 2015 esteve relacionada ao número relativamente grande de inversões térmicas (nove inversões segundo o boletim da CETESB), baixo acumulado mensal de precipitação e uma das menores médias de velocidade do vento registradas no ano (IAG-USP, 2015), associadas à predominância de um sistema de alta pressão sobre a Região Sudeste (CPTEC, 2015). O acúmulo do poluente O_3 durante o inverno é tipicamente desfavorecido em função da diminuição da incidência de radiação solar, que restringe sua produção fotoquímica (CARVALHO *et al.*, 2015). Apesar disso, foram observados picos de concentração durante o período de estudo, com destaque para o dia 20 de setembro, quando a média diária de O_3 atingiu $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

excedendo o percentil 75% quando se considera a série histórica de monitoramento em Diadema (Quadro 4).

A Figura 4 contrapõe a percepção dos entrevistados sobre a qualidade do ar (Q2, questão 1), a concentração dos poluentes monitorados e a classificação da qualidade do ar com base nos critérios dos percentis de concentração (*limpo, normal, sujo*) e nos índices oficiais da CETESB (BOA, MODERADA). Nos dias em que houve entrevistas em ambas as localidades, optou-se por analisar conjuntamente as respostas dos entrevistados. Nota-se que a frequência da resposta “ruim” acompanhou a variação da concentração dos poluentes, principalmente do MP_{10} . Nos dias com as maiores concentrações de MP_{10} , a categoria “ruim” ultrapassou 80% das respostas; enquanto, em dias com as menores concentrações, a classificação “ruim” representou menos de 50% das respostas. A identificação de uma relação coerente com as variações das concentrações de O_3 foi menos clara. Vale ressaltar que o O_3 tem o seu período mais crítico entre os meses de primavera e verão, e este estudo foi realizado no inverno. Como ressalva, sabe-se que, além das características psicossó-

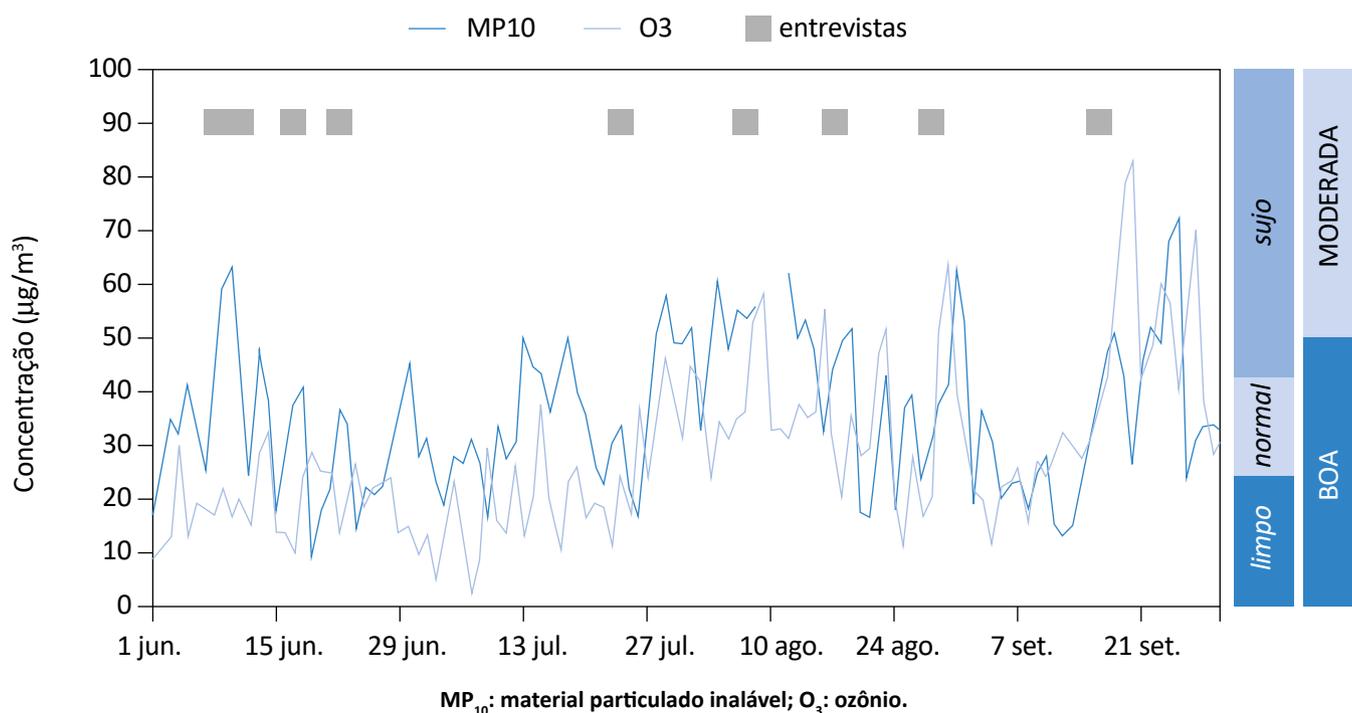


Figura 3 – Evolução da média diária da concentração dos poluentes material particulado inalável e ozônio no período de estudo, monitorados na estação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em Diadema. Em destaque os dias das entrevistas. Os intervalos de concentração de material particulado inalável para classificar os dias como limpo, normal ou sujo estão representados à direita do gráfico, bem como os índices oficiais de qualidade do ar BOA ou MODERADA.

ciais e circunstâncias do indivíduo, a percepção pode também ser influenciada pelo cenário meteorológico (JACQUEMIN *et al.*, 2007; PANTAVOU; LYKOURIS; PSILOGLOU, 2017), aspectos que não foram considerados no presente estudo.

O sétimo dia de entrevista (17 de agosto) destaca-se dos demais (Figura 4): enquanto os índices oficiais indicavam uma qualidade do ar BOA, 100% dos entrevistados responderam que a qualidade do ar estava “ruim”. Esse incômodo relatado nesse dia pode estar relacionado aos dias anteriores, que apresentaram altas concentrações de MP_{10} de modo persistente (Figura 3), possivelmente influenciando a percepção dos entrevistados. Ressalta-se que, para os dias identificados como *sujos*, mais de 50% dos indivíduos responderam que a qualidade do ar estava “ruim”, enquanto para dias considerados *normais* houve maior variabilidade nas respostas. Esse resultado pode ser interpretado da seguinte forma: em períodos de alta concentração de poluentes,

todos os indivíduos são afetados, de modo que a maioria percebe a deterioração da qualidade do ar. Por outro lado, em dias com menos poluição, os indivíduos mais sensíveis, tanto devido a características pessoais quanto a questões de saúde, têm mais chance de perceber a qualidade do ar como “ruim”, o que justificaria a maior variabilidade nas respostas nesses dias. A percepção da mudança na qualidade do ar em comparação com o dia anterior às entrevistas (questão 2 do Q2) revelou-se um desafio para os entrevistados, sendo que a degradação da qualidade do ar de um dia para o outro foi percebida por poucos entrevistados. Outro aspecto a se destacar na Figura 4 é que, no geral, a classificação dos dias com o critério oficial não demonstrou consistência com a percepção dos entrevistados. Pode-se dizer que o critério de classificação dos dias como *limpos*, *normais* ou *sujos*, com base em percentis de concentração dos poluentes para Diadema, refletiu melhor a percepção dos indivíduos do município.

Análise de odds ratio

Com o objetivo de comparar a percepção dos comerciantes das regiões centro e bairro, foi realizada uma análise de OR para as respostas dos Q1 e Q2. Os valores 1,00 no Quadro 6 representam o grupo de referência. Por exemplo, as primeiras linhas do Quadro 6 indicam que um indivíduo do bairro tem 1,03 chance de res-

ponder que a qualidade do ar estava “boa” em relação à chance de um indivíduo do centro dar a mesma resposta. Entretanto, esse valor de OR em particular não é significativo, pois o IC inclui o valor 1,00, que representa igualdade de chances (hipótese nula). Desse modo, concluímos que não houve diferença estatisticamente

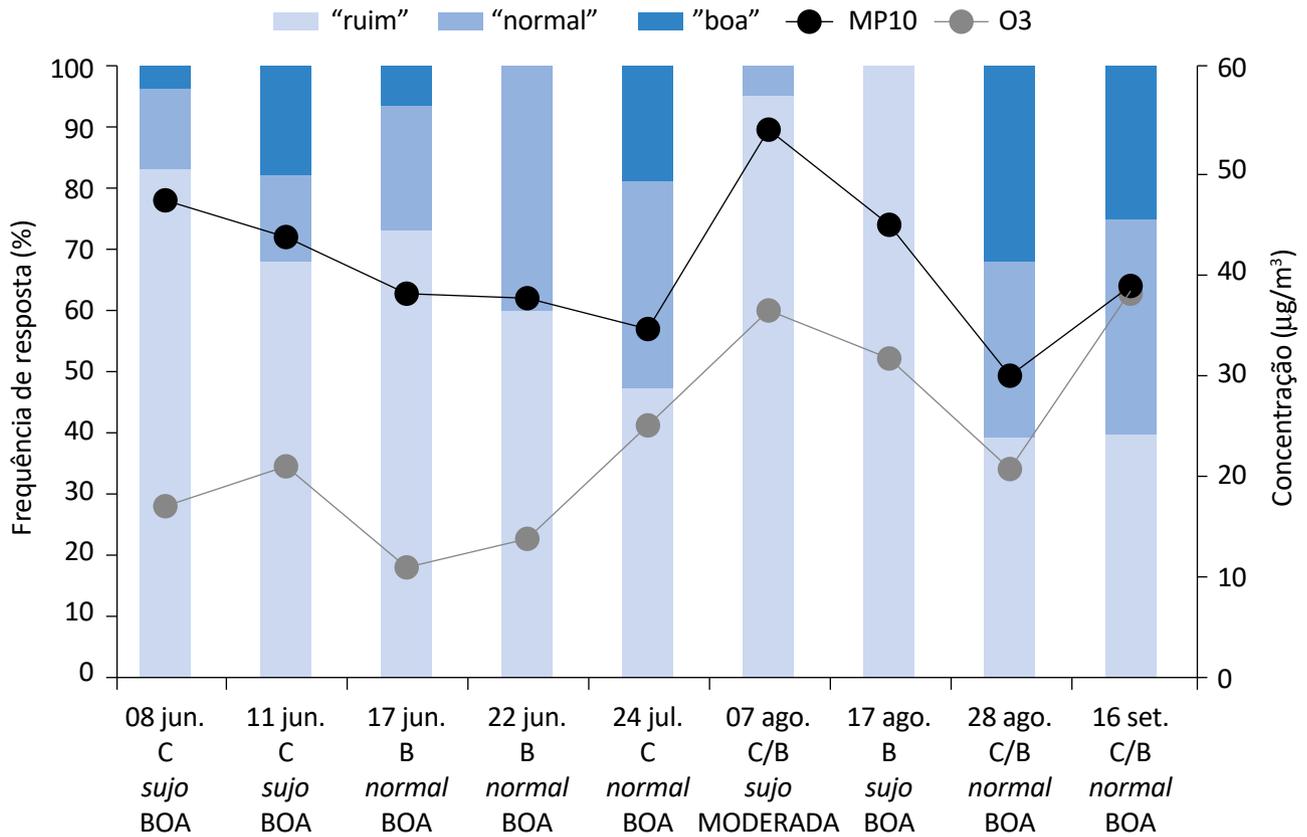
Quadro 5 – Data e local de aplicação do questionário 2 em 2015. Para cada dia, são apresentadas as concentrações médias diárias de material particulado inalável e ozônio e respectivos desvios padrão (DP) da média; classificação da qualidade do ar nas categorias limpo, normal e sujo com base em percentis da série histórica de observações em Diadema (2003–2014); classificação da qualidade do ar nas categorias BOA e MODERADA com base nos índices da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Data	Local da entrevista	Média diária \pm DP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Classificação com base na série histórica	Classificação da CETESB
		MP_{10}	O_3		
08/jun.	Centro	47 ± 4	17 ± 4	<i>Sujo</i>	BOA
11/jun.	Centro	44 ± 3	21 ± 5	<i>Sujo</i>	BOA
17/jun.	Bairro	38 ± 4	11 ± 2	<i>Normal</i>	BOA
22/jun.	Bairro	37 ± 4	14 ± 4	<i>Normal</i>	BOA
24/jul.	Centro/bairro	34 ± 3	25 ± 4	<i>Normal</i>	BOA
07/ago.	Centro/bairro	54 ± 5	36 ± 8	<i>Sujo</i>	MODERADA
17/ago.	Bairro	45 ± 3	31 ± 6	<i>Sujo</i>	BOA
28/ago.	Centro/bairro	29 ± 3	21 ± 4	<i>Normal</i>	BOA
16/set.	Centro/bairro	38 ± 4	38 ± 9	<i>Normal</i>	BOA

MP_{10} : material particulado inalável; O_3 : ozônio.

significativa na percepção entre os grupos de indivíduos das duas localidades no que se refere à classificação da qualidade do ar como “boa”. Sob condições de degradação da qualidade do ar, o Quadro 6 indica que os indivíduos do bairro apresentam uma chance de responder que a qualidade do ar estava “ruim” 29% maior em relação à chance de um indivíduo do centro dar a mesma resposta. Entretanto, é importante reconhecer que nesse caso a chance apresentou grande variabilidade conforme o nível de significância de 90%, inclusive a hipótese nula (ausência de diferença entre as percepções de indivíduos de ambos os bairros), variando entre 0,74 (centro apresenta chance 26% maior de responder “ruim” em comparação ao bairro) e 2,25 (bairro apresenta mais do que o dobro de chances de

responder “ruim”). Também foram calculados valores de OR comparando as respostas dos indivíduos das duas localidades em relação à percepção do principal problema ambiental e das causas da poluição do ar (questões 4, 5 e 8 do Q1). Optou-se por não apresentar esses valores no Quadro 6, já que foram obtidos valores de OR próximos de 1,00, portanto não significativos. Esse resultado reforça a semelhança na percepção dos dois grupos de comerciantes, evidenciando o caráter regional da problemática da poluição do ar. Se, por um lado, a região de trabalho dos entrevistados (centro ou bairro) não influenciou significativamente a percepção da qualidade do ar, por outro lado, detectou-se a influência de características individuais e circunstanciais nessa percepção. O Quadro 6 mostra



MP₁₀: material particulado inalável; O₃: ozônio; C: centro; B: bairro.

Figura 4 – Porcentagem de respostas dos entrevistados (“ruim”, “normal”, “boa”) para a questão 1 do questionário 2: “Em sua opinião, a qualidade do ar no dia de hoje está boa, normal ou ruim?”. As médias diárias de concentração dos poluentes material particulado inalável e ozônio, nos dias de entrevista, estão indicadas com linhas contínuas. Também está representada a classificação de cada dia de entrevista com base em percentis de concentração de poluentes (limpo, normal, sujo) e com base nos índices oficiais da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (BOA, MODERADA), de acordo com o Quadro 5.

que a chance de indivíduos que relataram problemas respiratórios (questão 10 do Q1) avaliarem a qualidade do ar como “ruim” é duas vezes maior em comparação com indivíduos que não relataram problemas respiratórios. Embora não conclusivos, os resultados também sugerem que indivíduos que tiveram influência da mídia durante o período de estudo (questão 5 do Q2) apresentaram maior chance de avaliar a quali-

dade do ar como “ruim”. Outra conclusão relevante é o fato dos entrevistados que relataram utilizar veículos motorizados no deslocamento para o trabalho apresentarem chance três vezes maior de se identificarem como parte da causa do problema da poluição do ar, em comparação com indivíduos que relataram deslocamento a pé, de bicicleta ou em transporte público.

CONCLUSÃO

Considerando o município de Diadema, localizado na RMSP, avaliou-se a percepção da poluição do ar como problema ambiental relevante no contexto laboral para dois grupos de comerciários, um no centro da cidade e outro em um bairro periférico. Os resultados das percepções foram confrontados com indicadores objetivos da qualidade do ar: a concentração dos poluentes MP_{10} e O_3 . Os resultados não estimulados foram inequívocos: a maioria dos comerciários em ambos os locais, centro e bairro, reconhecem a poluição do ar como o mais importante problema ambiental a afetar o seu dia a dia. A

concordância entre as percepções dos comerciários dos dois locais evidencia o caráter regional da problemática da poluição do ar. No que diz respeito às causas da poluição do ar, a maioria dos entrevistados (mais de 90%) reconhece a emissão veicular como a principal causa da degradação da qualidade do ar no seu entorno. Do total de entrevistados, incluindo bairro e centro, 57% declararam não se sentirem responsáveis pela poluição do ar, sendo a principal justificativa a afirmação “não faço uso de carro”. Por outro lado, usuários de veículos automotores individuais em ambas as localidades apresen-

Quadro 6 – Valores de odds ratio (OR) e intervalo de confiança de 95% (IC95%) combinando diversas variáveis. Os valores de odds ratio que são significativos, isto é, cujos intervalos de confiança não incluem o valor 1,00, estão destacados em negrito.

Variáveis	OR	IC95%
Percepção da qualidade do ar		
“boa”		
Centro	1,00	-
Bairro	1,03	0,59–1,70
“normal”		
Centro	1,00	-
Bairro	1,14	0,59–2,17
“ruim”		
Centro	1,00	-
Bairro	1,29	0,74–2,25
Indivíduos sem problemas respiratórios	1,00	-
Indivíduos com problemas respiratórios	2,04	1,28–3,25
Indivíduos não influenciados por mídias	1,00	-
Indivíduos influenciados por mídias	1,62	1,02–2,58
Perceber-se como parte da causa do problema		
Não usuários de carro ou moto para ir ao trabalho	1,00	-
Usuários de carro ou moto para ir ao trabalho	3,08	1,15–8,23

taram chance três vezes maior de perceberem-se como causa do problema da poluição do ar.

Foram observadas diferenças importantes entre a classificação da qualidade do ar segundo os índices da CETESB (BOA, MODERADA E RUIM) e segundo os índices desenvolvidos no presente estudo (*limpo, normal, sujo*). Apesar de variações na concentração dos poluentes da ordem de 80% entre os dias das entrevistas, quase todos os dias foram classificados com qualidade do ar BOA pelo critério da CETESB, sendo que a classificação MODERADA ocorreu apenas em um dia. Por outro lado, utilizando os índices desenvolvidos neste estudo, os dias de entrevistas tiveram uma classificação mais variável, *normal* e *sujo*. Vale ressaltar que, diferente dos índices oficiais, os índices desenvolvidos neste trabalho utilizam critérios meramente estatísticos e não contemplam os potenciais impactos na saúde

de associados às faixas de concentração de poluentes. A percepção dos entrevistados sobre a qualidade do ar acompanhou bem a variação da concentração dos poluentes no período de estudo, diferente da inércia dos índices oficiais de qualidade do ar.

Avaliamos que o presente estudo contribui com uma abordagem inovadora ao fazer a contraposição entre percepção e indicadores quantitativos da qualidade do ar, podendo servir como ponto de partida para pesquisas mais aprofundadas na região, que possam estimular e fornecer subsídios importantes para a formulação de políticas públicas e direcionamento de ações de educação ambiental de forma eficiente. A ampliação do levantamento para englobar outros setores da população, além de comerciários, é fortemente recomendável para que o cenário multifacetado que caracteriza o município seja elucidado.

REFERÊNCIAS

- ABE, K.; MIRAGLIA, S. Health Impact Assessment of Air Pollution in São Paulo, Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 13, n. 7, p. 694, 2016. <http://doi.org/10.3390/ijerph13070694>
- ANDRADE, M. D. F.; DE MIRANDA, R. M.; FORNARO, A.; KERR, A.; OYAMA, B.; DE ANDRE, P. A.; SALDIVA, P. Vehicle emissions and PM(2.5) mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Quality, Atmosphere & Health*, v. 5, n. 1, p. 79-88, 2012. <http://doi.org/10.1007/s11869-010-0104-5>
- ANDRADE, M. de F.; KUMAR, P.; DE FREITAS, E. D.; YNOUE, R. Y.; MARTINS, J.; MARTINS, L. D.; NOGUEIRA, T.; PEREZ-MARTINEZ, P.; DE MIRANDA, R. M.; ALBUQUERQUE, T.; GONÇALVES, F. L. T.; OYAMA, B.; ZHANG, Y. Air quality in the megacity of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. *Atmospheric Environment*, v. 159, p. 66-82, 2017. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.051>
- BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. *Elementos de amostragem*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- BRITO, J.; CARBONE, S.; SANTOS, D. A. M.; DOMINUTTI, P.; DE OLIVEIRA ALVES, N.; RIZZO, L. V.; ARTAXO, P. Disentangling vehicular emission impact on urban air pollution using ethanol as a tracer. *Scientific Reports*, v. 8, n. 1, 2018. <http://doi.org/10.1038/s41598-018-29138-7>
- BRODY, S. D.; PECK, B. M.; HIGHFIELD, W. E. Examining localized patterns of air quality perception in Texas: A spatial and statistical analysis. *Risk Analysis*, v. 24, n. 6, p. 1561-1574, 2004. <http://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00550.x>
- CARVALHO, V. S. B.; FREITAS, E. D.; MARTINS, L. D.; MARTINS, J. A.; MAZZOLI, C. R.; ANDRADE, M. de F. Air quality status and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. *Environmental Science & Policy*, v. 47, p. 68-79, 2015. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.11.001>
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). *Infoclima - Setembro/2015, Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE*. Brasil: CPTEC, 2015. Disponível em: <<http://infoclima.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

COHEN, A. J.; BRAUER, M.; BURNETT, R.; ANDERSON, H. R.; FROSTAD, J.; ESTEP, K.; BALAKRISHNAN, K.; BRUNEKREEF, B.; DANDONA, L.; DANDONA, R.; FEIGIN, V.; FREEDMAN, G.; HUBBELL, B.; JOBLING, A.; KAN, H.; KNIBBS, L.; LIU, Y.; MARTIN, R.; MORAWSKA, L.; POPE, C. A.; SHIN, H.; STRAIF, K.; SHADDICK, G.; THOMAS, M.; DINGENEN, R. VAN; DONKELAAR, A. VAN; VOS, T.; MURRAY, C. J. L.; FOROUZANFAR, M. H. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution : an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*, v. 389, n. 10082, p. 1907-1918, 2017. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2017. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 5 jan. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade do ar no estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

FRANCISCO, P. M. S. B.; DONALISIO, M. R.; BARROS, M. B. de A.; CESAR, C. L. G.; CARANDINA, L.; GOLDBAUM, M. Medidas de associação em estudo transversal com delineamento complexo: razão de chances e razão de prevalência. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 11, n. 3, p. 347-355, 2008. <http://doi.org/10.1590/S1415-790X2008000300002>

GLAS, A. S.; LIJMER, J. G.; PRINS, M. H.; BONSEL, G. J.; BOSSUYT, P. M. M. The diagnostic odds ratio: A single indicator of test performance. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 56, n. 11, p. 1129-1135, 2003. [http://doi.org/10.1016/S0895-4356\(03\)00177-X](http://doi.org/10.1016/S0895-4356(03)00177-X)

GOUVEIA, N.; JUNGER, W. L. Effects of air pollution on infant and children respiratory mortality in four large Latin-American cities. *Environmental Pollution*, v. 232, p. 385-391, 2018. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.125>

HOWEL, D.; MOFFATT, S.; PRINCE, H.; BUSH, J.; DUNN, C. E. Urban Air Quality in North-East England: Exploring the Influences on Local Views and Perceptions. *Risk Analysis*, v. 22, n. 1, p. 121-130, 2002. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.t01-1-00010>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 2015*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 2 mar. 2016.

INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (IAG-USP). *Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP: Seção Técnica de Serviços Meteorológicos São Paulo*: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2015. v. 18. Disponível em: <<http://www.estacao.iag.usp.br/boletim.php>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

JACOBI, P. R. Households and environment in the city of Sao Paulo; problems, perceptions and solutions, *Environment and Urbanization*, v. 6, n. 2, p. 87-110, 1994. <https://doi.org/10.1177/095624789400600206>

JACQUEMIN, B.; SUNYER, J.; FORSBERG, B.; GÖTSCHI, T.; BAYER-OGLESBY, L.; ACKERMANN-LIEBRICH, U.; DE MARCO, R.; HEINRICH, J.; JARVIS, D.; TORÉN, K.; KÜNZLI, N. Annoyance due to air pollution in Europe. *International Journal of Epidemiology*, v. 36, n. 4, p. 809-820, 2007. <https://doi.org/10.1093/ije/dym042>

KUMAR, P.; DE FATIMA ANDRADE, M.; YNOUE, R. Y.; FORNARO, A.; DE FREITAS, E. D.; MARTINS, J.; MARTINS, L. D.; ALBUQUERQUE, T.; ZHANG, Y.; MORAWSKA, L. New directions: From biofuels to wood stoves: The modern and ancient air quality challenges in the megacity of São Paulo. *Atmospheric Environment*, v. 140, p. 364-369, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.059>

LIU, H.; KOBERNUS, M.; LIU, H. Public Perception Survey Study on Air Quality Issues in Wuhan, China. *Journal of Environmental Protection*, v. 8, n. 10, p. 1194-1218, 2017. <https://doi.org/10.4236/jep.2017.810075>

MONIZ, M. de A.; CARMO, C. N. do; HACON, S. de S. Percepção da qualidade ambiental de localidades próximas ao Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 21, n. 6, p. 1871-1878, 2016. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015216.07362016>

- MUINDI, K.; EGONDI, T.; KIMANI-MURAGE, E.; ROCKLOV, J.; NG, N. "We are used to this": A qualitative assessment of the perceptions of and attitudes towards air pollution amongst slum residents in Nairobi. *BMC Public Health*, v. 14, p. 1-9, 2014. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-226>
- OLTRA, C.; SALA, R. A Review of the Social Research on Public Perception and Engagement Practices in Urban Air Pollution. Espanha, 2014.
- PANTAVOU, K.; LYKOUUDIS, S.; PSILOGLOU, B. Air quality perception of pedestrians in an urban outdoor Mediterranean environment: A field survey approach. *Science of the Total Environment*, v. 574, p. 663-670, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.090>
- PEREIRA, G. M.; TEINILÄ, K.; CUSTÓDIO, D.; SANTOS, A. G.; XIAN, H.; HILLAMO, R.; ALVES, C. A.; ANDRADE, J. B.; ROCHA, G. O.; KUMAR, P.; BALASUBRAMANIAN, R.; ANDRADE, M. de F.; VASCONCELLOS, P. C. Particulate pollutants in the Brazilian city of São Paulo: 1-year investigation for the chemical composition and source apportionment. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 17, p. 11943-11969, 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-17-11943-2017>
- POPE, C. A.; DOCKERY, D. W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 56, n. 6, p. 709-742, 2006. <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>
- PREFEITURA DE DIADEMA. *Sumário de dados básicos de Diadema - SP*. Diadema: Prefeitura de Diadema, 2012 Disponível em: <http://www.diadema.sp.gov.br/dmp/comunicacao/Comunicacao/Site2/sumario_miolo_20x26.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2017.
- SAKSENA, S. Public Perceptions of Urban Air Pollution with a Focus on Developing Countries. *East-West Center Working Papers*, 65, 2007.
- SAKSENA, S. Public Perceptions of Urban Air Pollution Risks. *Risk, Hazards, & Crisis in Public Policy*, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2011. <https://doi.org/10.2202/1944-4079.1075>
- SÁNCHEZ-CCOYLLO, O. R.; SILVA DIAS, P. L.; DE FÁTIMA ANDRADE, M.; FREITAS, S. R. Determination of O₃-, CO- and PM₁₀-transport in the metropolitan area of São Paulo, Brazil through synoptic-scale analysis of back trajectories. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v. 92, n. 1-2, p. 83-93, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00703-005-0139-6>
- SILVA, L. T. da; ABE, K. C.; MIRAGLIA, S. G. E. K. Avaliação de impacto à saúde da poluição do ar no município de Diadema, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 46, p. 117-129, 2017. <http://dx.doi.org/10.5327/Z2176-947820170258>
- SILVA, R. G.; LIMA, J. E. Avaliação econômica da poluição do ar na Amazônia Ocidental: um estudo de caso do Estado do Acre. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 44, n. 2, p. 157-178, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032006000200001>
- SILVA, R. P.; OLIVEIRA, C. R. A percepção da poluição na cidade do Rio Grande - RS. *Sinergia*, v. 15, n. 2, p. 21-31, 2011.
- SOUZA, L. B. *Estudo de correlação entre a percepção do incômodo causado pelas partículas sedimentadas e seus níveis de concentração na atmosfera*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
- VALVERDE, M. C. The interdependence of climate and socioeconomic vulnerability in the ABC Paulista region. *Ambiente & Sociedade*, v. 20, n. 3, p. 39-60, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc66r2v2032017>
- WAGNER, M. B.; CALLEGARI-JACQUES, S. M. Medidas de associação em estudos epidemiológicos: risco relativo e *odds ratio*. *Jornal de Pediatria*, v. 74, n. 3, p. 247-251, 1998.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *WHO country estimates on air pollution exposure and health impact*. Genebra: WHO, 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>>. Acesso em: 7 maio 2018.



FORMIGAS EM AMBIENTES URBANOS DA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

ANTS IN URBAN ENVIRONMENTS IN THE NORTHWEST REGION OF RIO GRANDE DO SUL

Aline Holtermann Roani 

Bióloga pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI). Estudante no Programa de Pós-Graduação em Conservação da Biodiversidade da URI – Frederico Westphalen (RS), Brasil.

Ângela Maria Rizzotto 

Bióloga pela URI. Estudante no Programa de Pós-Graduação (Especialização) em Conservação da Biodiversidade da URI – Frederico Westphalen (RS), Brasil.

Carin Guarda 

Mestre pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Unochapecó – Chapecó (SC), Brasil.

Ricardo Giovenardi 

Doutor em Biodiversidade Animal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Professor do Programa de Pós-Graduação em Conservação da Biodiversidade da URI – Frederico Westphalen (RS), Brasil.

Junir Antônio Lutinski 

Doutor em Biodiversidade Animal pela UFSM. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Unochapecó – Chapecó (SC), Brasil.

Endereço para correspondência:

Junir Antonio Lutinski –
Rua Beija-Flor, 254 E –
Efapi – CEP 89809-760 –
Chapecó (SC), Brasil –
E-mail: junir@unochapeco.edu.br

Recebido em: 22/04/2019

Aceito em: 11/07/2019

RESUMO

Formigas que ocorrem em áreas urbanas têm sido foco de estudos nos últimos anos. Contudo, a mirmecofauna de muitas regiões ainda permanece desconhecida. O objetivo deste estudo foi avaliar a riqueza e a abundância das assembleias de formigas que ocorrem em ambientes urbanos da região noroeste do Rio Grande do Sul. Foram amostradas cinco cidades da região em dois tipos de ambiente: praças e terrenos baldios. Amostras foram obtidas entre os meses de fevereiro e maio de 2018, utilizando-se iscas de glicose e sardinha e coleta manual. Foram amostradas 9.772 espécimes de formigas, registradas 468 ocorrências, identificadas 57 espécies, pertencentes a 19 gêneros e cinco subfamílias. Os gêneros mais ricos foram *Pheidole* ($S = 13$), *Linepithema* ($S = 7$) e *Camponotus* ($S = 6$). Este trabalho contribui para o conhecimento das assembleias de formigas em ambientes urbanos e dos impactos que a antropização exerce sobre a biodiversidade.

Palavras-chave: áreas verdes; biodiversidade; conservação; bioindicadores; desenvolvimento urbano.

ABSTRACT

Ants occurring in urban areas have been focus of studies in recent years, however, the myrmecofauna of many regions remains unknown. The objective of this study was to evaluate the richness and abundance of ant assemblages in urban environments in the northwestern region of Rio Grande do Sul. Five cities of the region were sampled in two types of environments: squares and vacant lots. Samples were obtained between February and May 2018, using glucose and sardine baits and manual collection. A total of 9,772 specimens of ants were sampled, 468 occurrences were registered, and 57 species belonging to 19 genera and five subfamilies were identified. The richest genera in the samples were *Pheidole* ($S = 13$), *Linepithema* ($S = 7$) and *Camponotus* ($S = 6$). This work contributes to the knowledge of ant assemblages in urban environments and the impacts of anthropization on biodiversity.

Keywords: green areas; biodiversity; conservation; bioindicators; urban development.

INTRODUÇÃO

Formicidae constitui um dos táxons de insetos mais diversificados (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; FERNÁNDEZ, 2003). Possui 16.029 espécies descritas, agrupadas em 474 gêneros e 20 subfamílias (ANTWEB, 2018). Nos trópicos, esses insetos apresentam maior riqueza, abundância e número de espécies endêmicas (GUÉNARD; WEISER; DUNN, 2012; BACCARO *et al.*, 2015). Formigas vivem em simbiose com outros insetos, plantas, fungos e bactérias, desempenham papel vital no enriquecimento do solo e participam de uma infinidade de interações adicionais que moldam os ecossistemas terrestres em todos os níveis tróficos (BACCARO *et al.*, 2015; CHOMICKI; RENNER, 2017).

O processo de urbanização constitui uma das principais causas da fragmentação e da perda de habitats (LIU; HE; WU, 2016; MELO; DELABIE, 2017). Nas áreas urbanas, áreas verdes e vegetação representam refúgios para animais e atuam como reservatórios para o repovoamento de outros ambientes (ESTRADA *et al.*, 2014; LUTINSKI *et al.*, 2014; SOUZA-CAMPANA *et al.*, 2016; MELO; DELABIE, 2017). Entre os insetos, as formigas estão entre os que melhor se adaptaram aos ambientes urbanos (SILVA *et al.*, 2012; BUENO; CAMPOS; MORINI, 2017).

Estudos sobre a estrutura das comunidades de formigas em áreas verdes urbanas permitem avaliar os impactos do processo de urbanização sobre a mirmecofauna. Isso faz das formigas importantes indicadores biológicos. Essa relação é possível porque espécies que ocorrem em ambientes urbanos respondem de maneiras diferentes às influências antrópicas (CHACÓN DE ULLOA, 2003; LUTINSKI *et al.*, 2014; 2017; TIBCHERANI *et al.*, 2018). Fatores como

distribuição geográfica, abundância, taxonomia e ecologia relativamente bem conhecidas favorecem a utilização das formigas como indicadores de condições ambientais (ROCHA *et al.*, 2015). O potencial bioindicador das formigas nas áreas verdes urbanas foi comprovado nos estudos desenvolvidos por Estrada *et al.* (2014), Lutinski, Lopes e Morais (2013) e Lutinski *et al.* (2014).

O Brasil possui 1.458 espécies catalogadas, distribuídas em 111 gêneros, o que representa uma das maiores diversidades de espécies de formigas do mundo, e a maior diversidade das Américas (BACCARO *et al.*, 2015). Destas, cerca de 60 são consideradas sinantrópicas em ambientes urbanos (BACCARO *et al.*, 2015; CASTRO *et al.*, 2015). As formigas que habitam áreas urbanas são encontradas em ambientes residenciais e comerciais (OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005; IOP *et al.*, 2009), escolares (LUTINSKI *et al.*, 2014; GUARDA *et al.*, 2018), fragmentos florestais e áreas verdes (PACHECO; VASCONCELOS, 2007; LUTINSKI *et al.*, 2014; 2017; NOOTEN *et al.*, 2019). Contudo, a mirmecofauna de muitas regiões ainda permanece inteiramente desconhecida (ULYSSÉA *et al.*, 2011; LUTINSKI *et al.*, 2017).

Considerando a carência de estudos da mirmecofauna na região noroeste do Rio Grande do Sul, e considerando a relevância científica de se conhecer a riqueza e a composição das assembleias de formigas para a elaboração de planos de manejo e conservação (LUTINSKI; LOPES; MORAIS, 2013; FRANCO; FEITOSA, 2018), este trabalho teve como objetivo caracterizar as assembleias de formigas que ocorrem em ambientes urbanos da região noroeste do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi autorizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) — atividades com finalidade científica nº 61187.

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no perímetro urbano de cinco municípios da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul: Frederico Westphalen (27°21'32"S e 53°23'38"W), Caiçara (27°16'26"S; 53°25'55"W), Seberi (27°28'40"S; 53°24'10"W), Taquaruçu do Sul (27°23'59"S; 53°28'1"W) e Vista Alegre (27°22'1"S; 53°29'54"W) (IBGE, 2018; CPRM, 2016). A região pos-

sui clima considerado subtropical do tipo Cfa (subtropical úmido), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 18°C, chegando a máximas de 41°C no verão e inferiores a 0°C no inverno. A precipitação média anual é bem distribuída ao longo do ano, geralmente atingindo de 1.800 a 2.100 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

Amostragem

A amostragem foi realizada em dois tipos de ambiente em cada cidade, sendo eles: praças municipais e terrenos baldios (TB). A amostragem foi realizada entre os meses de fevereiro e maio de 2018. Nos TB, predomina vegetação composta de gramíneas e poucas árvores nativas (mata atlântica: floresta ombrofila mista), além de plantas exóticas. As áreas variam de 560 a 900 m². Os TB estão localizados nas regiões centrais das cidades, em bairros residenciais e cercados por edificações domiciliares. As praças têm vegetação formada por gramíneas, plantas ornamentais usadas na formação de jardins, árvores nativas e exóticas. Possuem áreas que variam entre 735 e 7.257 m², têm ocupação recreativa e para atividades físicas, estão localizadas em áreas centrais das cidades, cercadas por edificações residenciais e comerciais.

As amostras foram coletadas entre 8 e 17h. Como técnica de coleta, foram utilizadas 20 iscas em cada ambiente, sendo dez de sardinha e dez de glicose, contendo

Análise estatística

As assembleias de formigas de cada cidade foram descritas quanto à riqueza e à frequência das ocorrências. Foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H'), Equitabilidade (J') e estimativas de riqueza (Chao 1) para as assembleias de cada cidade e para os ambientes. Os resultados foram obtidos com o auxílio do programa estatístico Past (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

A riqueza de cada ambiente (praças e TB) foi comparada por meio de uma análise de rarefação também com base no número de ocorrências (GOTELLI; COLWELL, 2001). Considerou-se como ocorrência nessa análise a presença de cada espécie em cada isca (de glicose ou de sardinha) e nas amostras manuais. Essa análise foi realizada com o auxílio do *software* EcoSim 7 (GOTELLI;

do 1 g de cada isca sobre um papel toalha (20 × 30 cm), distribuídas sobre o solo de forma alternada, distantes 10 m entre si. As iscas permaneceram expostas por uma hora. Também foi empregada uma hora de amostragem manual em cada ponto amostral (LUTINSKI et al., 2014). As amostras manuais foram conduzidas obedecendo a um percurso aleatório (SARMIENTO, 2003). Foram utilizadas pinças e hastes de algodão umedecidos em álcool 70%.

Os espécimes amostrados com as iscas foram acondicionados em sacos plásticos para o transporte até o laboratório. As amostras manuais foram acondicionadas em frascos contendo álcool 70%. Todas as amostras foram devidamente etiquetadas com as informações da coleta e transportadas para o Laboratório de Morfologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, *Campus* de Frederico Westphalen, para a triagem. A identificação foi conduzida primeiramente utilizando-se chaves propostas por Fernández (2003).

ENTSMINGER, 2001) e permite comparações entre conjuntos de amostras (MELO et al., 2003).

Foi feita uma ordenação *Non-Metric Multidimensional Scaling* (NMDS) para descrever similaridade entre assembleias e as amostras de formigas. As matrizes dos dados foram previamente transformadas em Log(X+1), considerando-se a necessidade de reduzir o efeito da amplitude das ocorrências na análise e a existência de zeros nos bancos de dados. As amostras utilizadas nas análises NMDS foram constituídas da soma das ocorrências das espécies em subunidades amostrais (iscas de sardinha, de glicose ou amostras manuais), agrupadas segundo os ambientes ou segundo os métodos, nos respectivos municípios. Foi utilizado Bray-Curtis como índice de associação, e a análise foi realizada com o programa estatístico Primer 6.1.9 (CLARKE; GORLEY, 2005).

RESULTADOS

Foram amostradas 9.772 formigas e 468 ocorrências, distribuídas em 57 espécies, 19 gêneros e cinco subfamílias (Tabela 1). A assembleia de formigas de Seberí apresentou a maior riqueza (S = 34), seguida de Frederico Westphalen (S = 31), Vista Alegre (S = 28),

Taquaruçu (S = 25) e Caiçara (S = 23). As praças apresentaram maior abundância (n = 250) e riqueza (S = 49) em relação aos TB (n = 211; S = 42) (Tabela 2).

Em Caiçara, ocorreu de forma exclusiva a espécie *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775); em Frederico West-

Tabela 1 – Assembleias de formigas amostradas em cinco cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul: Caiçara, Frederico Westphalen, Seberi, Taquaruçu do Sul e Vista Alegre, 2018*.

Táxon	CA	FW	SE	TS	VA	Praças	TB
Subfamília Dolichoderinae							
Tribo Leptomyrmecini							
<i>Dorymyrmex brunneus</i> (Forel, 1908)	3,3	3,7	12,8	16,7	6,5	6,0	10,9
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	5,5	0,9		14,3	1,1	2,0	6,6
<i>Dorymyrmex</i> sp.				2,4		0,8	
<i>Linepithema angulatum</i> (Emery, 1894)		1,9	2,3	1,2		1,2	0,9
<i>Linepithema humile</i> (Mayr, 1868)	1,1	2,8	3,5	1,2	2,2	2,4	1,9
<i>Linepithema</i> sp. 1		2,8	1,2			1,2	0,5
<i>Linepithema</i> sp. 2			1,2		1,1		0,9
<i>Linepithema</i> sp. 3	1,1	2,8	1,2		1,1	2,4	
<i>Linepithema</i> sp. 4					1,1	0,4	
<i>Linepithema</i> sp. 5				1,2		0,4	
Subfamília Formicinae							
Tribo Camponotini							
<i>Camponotus alboannulatus</i> (Mayr, 1887)		1,9			3,2	0,8	1,4
<i>Camponotus crassus</i> (Mayr, 1862)	6,6	0,9			1,1	1,2	2,4
<i>Camponotus mus</i> (Roger, 1863)	4,4	0,9		3,6		0,8	2,8
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	1,1					0,4	
<i>Camponotus sericeiventris</i> (G.-Mén., 1838)					1,1	0,4	
<i>Camponotus sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)		6,5					3,3
Tribo Myrmelachistini							
<i>Brachymyrmex aphidicola</i> (Forel, 1909)			5,8				2,4
<i>Brachymyrmex coactus</i> (Mayr, 1887)	8,8	8,4	5,8	6,0	7,5	8,8	5,7
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1		0,9		1,2		0,8	
<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	1,1	0,9	1,2			0,4	0,9
Tribo Lasiini							
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	3,3	18,7	3,5	2,4	7,5	8,8	6,2
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)					3,2		1,4
Subfamília Myrmicinae							
Tribo Attini							
<i>Acromyrmex subterraneus</i> (Forel, 1893)	1,1	0,9	1,2		1,1	1,2	0,5
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)			1,2	2,4		0,4	0,9
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)			1,2				0,5
<i>Mycocarpus goeldii</i> (Forel, 1893)			1,2	1,2		0,8	
<i>Pheidole dyctiota</i> (Kempf, 1972)		0,9	1,2		1,1	0,8	0,5
<i>Pheidole laevifrons</i> (Mayr, 1887)		2,8					1,4

Continua...

Tabela 1 – Continuação.

Táxon	CA	FW	SE	TS	VA	Praças	TB
<i>Pheidole lignicola</i> (Mayr, 1887)			1,2		4,3	1,6	0,5
<i>Pheidole pubiventris</i> (Mayr, 1887)					2,2	0,4	0,5
<i>Pheidole risii</i> (Forel, 1892)			1,2			0,4	
<i>Pheidole tristis</i> (F. Smith, 1858)			5,8		1,1	0,4	2,4
<i>Pheidole</i> sp. 1	20,9	9,3	4,7	6,0	17,2	14,4	8,5
<i>Pheidole</i> sp. 2	7,7	10,3	10,5	9,5	15,1	10,8	10,4
<i>Pheidole</i> sp. 3	4,4	2,8		1,2	2,2	2,8	1,4
<i>Pheidole</i> sp. 4	3,3				1,1	1,6	
<i>Pheidole</i> sp. 5	3,3	1,9	3,5		4,3	3,2	1,9
<i>Pheidole</i> sp. 6	3,3	1,9	1,2			2,0	0,5
<i>Pheidole</i> sp. 7		0,9		1,2		0,4	0,5
<i>Wasmannia affinis</i> (Santschi, 1929)			2,3			0,4	0,5
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)			5,8		1,1	2,4	
Tribo Crematogastrini							
<i>Crematogaster acuta</i> (Fabricius, 1804)	6,6	6,5	3,5	10,7	5,4	5,6	7,6
<i>Crematogaster</i> sp. 1		0,9	2,3				1,4
<i>Crematogaster</i> sp. 2			1,2				0,5
<i>Crematogaster</i> sp. 3		0,9		1,2			0,9
Tribo Pogonomyrmecini							
<i>Pogonomyrmex naegeli</i> (Emery, 1878)	2,2	0,9		4,8		1,6	1,4
Tribo Solenopsidini							
<i>Diplorhoptrum helena</i> (Emery, 1901)	2,2		1,2			0,4	0,9
<i>Diplorhoptrum strictum</i> (Emery, 1896)		0,9	3,5		1,1	1,6	0,5
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	1,1	1,9		1,2	1,1	0,8	1,4
<i>Solenopsis ssaevissima</i> (F. Smith, 1855)	4,4			4,8	4,3	2,4	2,8
<i>Solenopsis</i> sp. 1		0,9	1,2	2,4		0,8	0,9
<i>Solenopsis</i> sp. 2	3,3			1,2		0,8	0,9
<i>Solenopsis</i> sp. 3				1,2		0,4	
<i>Solenopsis</i> sp. 4			1,2			0,4	
Subfamília Ponerinae							
Tribo Ponerini							
<i>Pachycondyla striata</i> (F. Smith, 1858)			1,2		1,1	0,8	
Subfamília Pseudomyrmecinae							
Tribo Pseudomyrmecini							
<i>Pseudomyrmex flavidulus</i> (F. Smith, 1858)				1,2		0,4	
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)		0,9	3,5			0,4	1,4
<i>Pseudomyrmex phyllophilus</i> (F. Smith, 1858)			1,2			0,4	

*Os valores representam a frequência percentual; CA: Caiçara; FW: Frederico Westphalen; SE: Seberi; TS: Taquaruçu do Sul; VA: Vista Alegre; TB: terrenos baldios.

phalen, as espécies *Camponotus sexguttatus* (Fabricius, 1793) e *Pheidole laevifrons* (Mayr, 1887); em Seberi, *Brachymyrmex aphidicola* (Forel, 1909), *Crematogaster* sp. 2, *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1853), *Pheidole risii* (Forel, 1892), *Pseudomyrmex phyllophilus* (F. Smith, 1858), *Solenopsis* sp. 4 e *Wasmannia affinis* (Santschi, 1929); em Taquaruçu do Sul, *Dorymyrmex* sp., *Linepithema* sp. 5, *Pseudomyrmex flavidulus* (F. Smith, 1858) e *Solenopsis* sp. 3; em Vista Alegre, *Camponotus sericeiventris* (G.-Mén., 1838), *Linepithema* sp. 4 e *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) (Tabela 1).

As espécies mais frequentes na cidade de Caiçara foram *Pheidole* sp. 1 (20,9%), *Brachymyrmex coactus* (Mayr, 1887) (8,8%) e *Pheidole* sp. 2 (7,7%); em Frederico Westphalen, *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) (18,7%), *Pheidole* sp. 2 (10,3%) e *Pheidole* sp. 1 (9,3%); em Seberi, *Dorymyrmex brunneus* (Forel, 1908) (12,8%) e *Pheidole* sp. 2 (10,3%); em Taquaruçu do Sul, *D. brunneus* (16,7%), *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863) (14,3%) e *Crematogaster acuta* (Fabricius, 1804) (10,7%); em Vista Alegre, *Pheidole* sp. 1 (17,2%), *Pheidole* sp. 2 (15,1%) e *N. fulva* (7,5%). Nas praças, as espécies mais frequentes foram *Pheidole* sp. 1 (14,4%), *Pheidole* sp. 2 (10,8%), *B. coactus* (8,8%) e *N. fulva* (8,8%). Já nos TB, foram *D. brunneus* (10,9%), *Pheidole* sp. 2 (10,4%) e *Pheidole* sp. 1 (8,5%) (Tabela 1).

A assembleia de formigas de Frederico Westphalen apresentou a maior abundância ($n = 107$), seguida da de Vista Alegre ($n = 93$), Caiçara ($n = 91$), Seberi ($n = 86$) e Taquaruçu do Sul ($n = 84$). O índice de Shannon indicou maior diversidade para a assembleia de formigas de Seberi ($H' = 3,20$), seguido da de Frederico Westphalen ($H' = 2,94$), Vista Alegre ($H' = 2,87$),

Caiçara ($H' = 2,81$) e Taquaruçu do Sul ($H' = 2,77$). Os valores da diversidade de Shannon para os TB e as praças foram semelhantes (3,25 e 3,24, respectivamente). A menor Equitabilidade (J') para as assembleias de formigas foi 0,86 para Caiçara, Frederico Westphalen e Taquaruçu do Sul. Para a assembleia de formigas das praças foi 0,83 e para os TB, 0,87. O estimador Chao1 apontou que a riqueza das formigas das cinco cidades pode ser 63,4% maior que a amostrada (Tabela 2).

A riqueza amostrada foi maior para a assembleia de formigas nas praças em relação aos TB (Figura 1).

Observou-se a formação de três grupos distintos das assembleias de formigas quanto à abundância e à composição das espécies nas amostras de praças e TB. Com similaridade de 45%, a amostra da praça de Seberi diferiu das demais. Um segundo grupo foi formado pelas amostras de formigas dos TB de Caiçara e Frederico Westphalen e da praça e do TB de Taquaruçu do Sul. O terceiro grupo foi formado pelas amostras das praças de Caiçara, Frederico Westphalen e Vista Alegre, e também dos TB de Seberi e Vista Alegre (Figura 2).

Observou-se a formação de quatro grupos distintos das amostras das assembleias de formigas quanto à similaridade das ocorrências das espécies. Com similaridade de 40%, as amostras manuais foram reunidas em dois agrupamentos distintos, e um deles agregou também as amostras com sardinha e com glicose da cidade de Taquaruçu do Sul. Um segundo agrupamento foi obtido para as amostras com sardinha e com glicose da cidade de Seberi. O quarto agrupamento reuniu as amostras com as iscas das demais cidades (Figura 3).

Tabela 2 – Indicadores ecológicos das assembleias de formigas em cinco cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul: Caiçara, Frederico Westphalen, Seberi, Taquaruçu do Sul e Vista Alegre, 2018.

Índices	FW	CA	VA	TS	SE	Praças	TB
S_{obs}	31	23	28	25	34	49	42
Ocorrências	107	91	93	84	86	25 0	211
Shannon (H')	2,94	2,81	2,87	2,77	3,20	3,24	3,25
Equitabilidade (J')	0,86	0,90	0,86	0,86	0,91	0,83	0,87
Chao1	46,2	28,0	50,8	38,2	72,3	61,4	48,1
Diferença S_{obs} e Chao1 (%)	48,9	21,7	81,3	52,8	112,5		

FW: Frederico Westphalen; CA: Caiçara; VA: Vista Alegre; TS: Taquaruçu do Sul; SE: Seberi; TB: terrenos baldios; S_{obs} : riqueza observada.

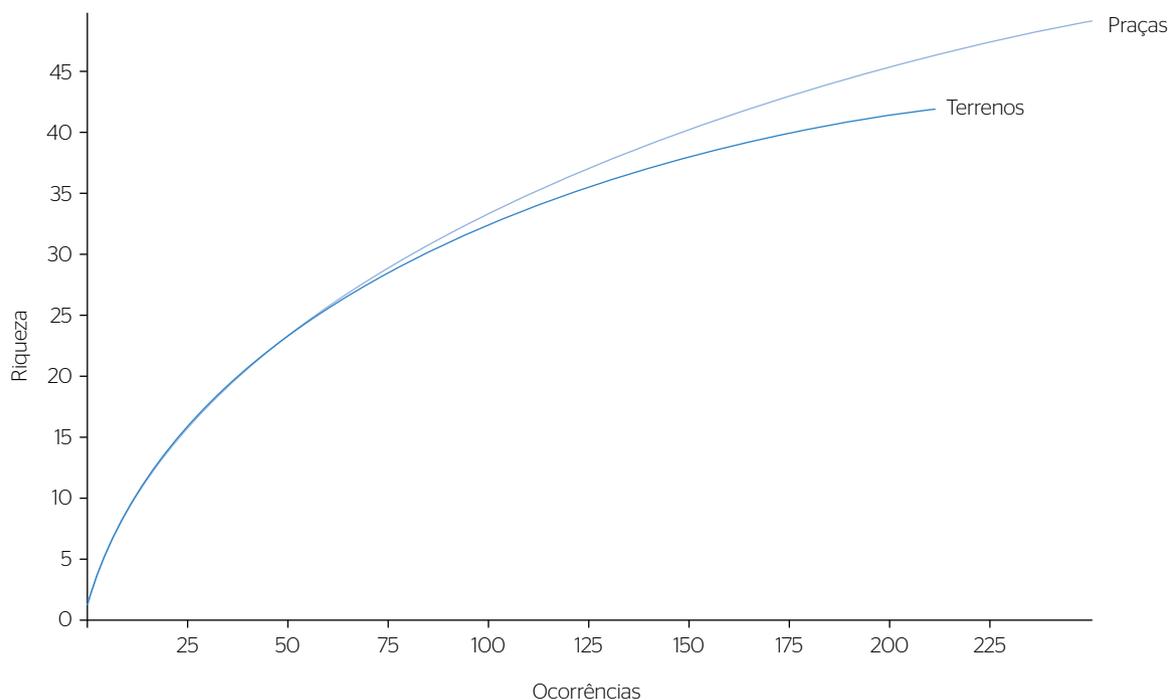
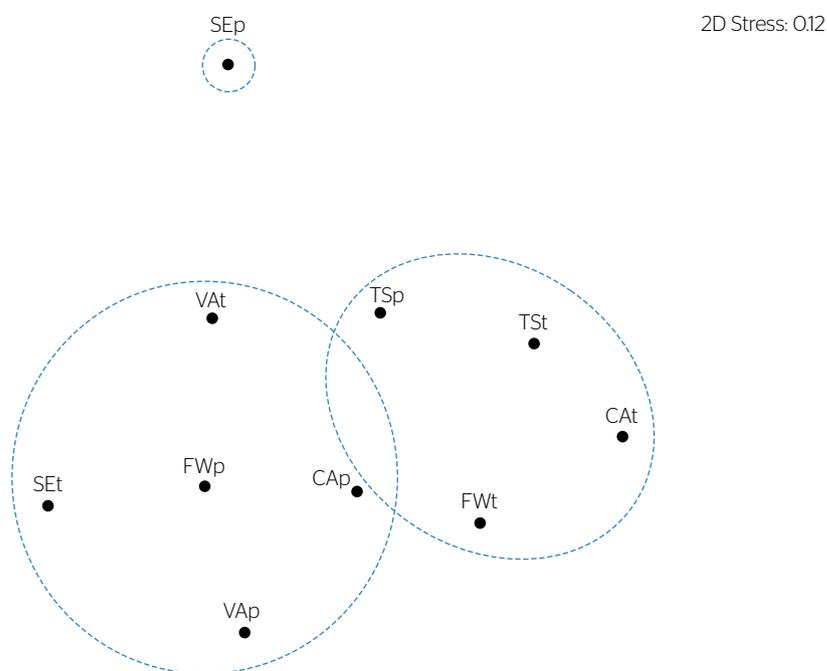
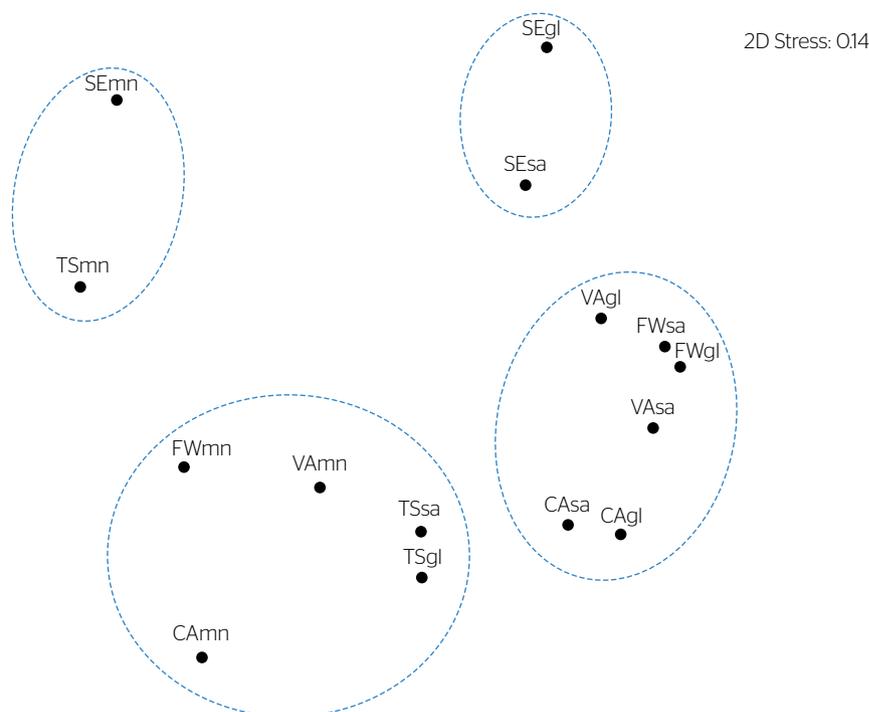


Figura 1 – Comparação da riqueza de formigas em dois ambientes (praças e terrenos baldios) de cinco cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul, pelo método de rarefação baseada no número de ocorrências, 2018.



CA: Caiçara; FW: Frederico Westphalen; SE: Seberi; TS: Taquaruçu do Sul; VA: Vista Alegre; p: praças; t: terrenos baldios.

Figura 2 – Ordenação *Non-Metric Multidimensional Sacling* das assembleias de formigas coletadas em dois tipos de ambiente (praças e terrenos baldios) de cinco cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul (Caiçara, Frederico Westphalen, Seberi, Taquaruçu do Sul e Vista Alegre), 2018. Os círculos indicam regiões dentro de 45% de similaridade (Bray-Curtis).



CA: Caiçara; FW: Frederico Westphalen; SE: Seberi; TS: Taquaruçu do Sul;

VA: Vista Alegre; mn: amostra manual; sa: isca de sardinha; gl: isca de glicose.

Figura 3 – Ordemação *Non-Metric Multidimensional Scaling* das assembleias de formigas coletadas a partir de três métodos de amostragem (amostra manual, isca de sardinha e isca de glicose) de cinco cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul (Caiçara, Frederico Westphalen, Seberi, Taquaruçu do Sul e Vista Alegre), 2018. Os círculos indicam regiões dentro de 45% de similaridade (Bray-Curtis).

DISCUSSÃO

Em quatro das cinco cidades ocorreram espécies de forma exclusiva, e sete espécies ocorreram em todas as cidades. Esses resultados indicam homogeneidade em alguns descritores ambientais das praças e dos TB das cidades amostradas, porém também apontam variações em outros. Formigas se encontram entre os organismos que melhor se adaptam aos ambientes urbanos (BRAGANÇA; LIMA, 2010) e conseguem se estabelecer em locais que apresentam condições ambientais hostis para a sobrevivência de muitos organismos (LUTINSKI *et al.*, 2014). Como ocupam nichos variados dos ambientes e se inserem nos diferentes níveis tróficos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990), variações na riqueza são esperadas de um ambiente para outro, assim como de uma região para outra. O tamanho das cidades não demonstrou associação com a riqueza de formigas nas amostras. A cidade de Seberi,

a segunda maior entre as cidades amostradas, apresentou a assembleia de formigas mais rica. A proximidade dos ambientes amostrados com a borda da cidade, com ambientes conservados, pode explicar essa associação.

A riqueza total de 57 espécies amostradas nas cinco cidades é menor do que a encontrada por Lutinski *et al.* (2014) para uma em cada dez cidades da região oeste catarinense envolvendo áreas verdes, fragmentos florestais, escolas e ambientes de reciclagem. Também é menor do que os resultados dos estudos de Farneda, Lutinski e Garcia (2007) e Iop *et al.* (2009), em Pinhalzinho ($S = 60$) e Xanxerê ($S = 67$), Santa Catarina, que amostraram assembleias de formigas em residências e estabelecimentos comerciais. O esforço amostral, os métodos de amostragem utilizados, os ambientes con-

templados nas amostras são fatores que podem explicar diferenças na riqueza. Dada a carência de estudos prévios sobre formigas em ambientes urbanos da região noroeste do Rio Grande do Sul, cabe destacar a relevância dos resultados deste estudo como base para futuros inventários em diferentes ambientes urbanos da região.

A mirmecefafauna amostrada, subfamílias e gêneros, já foi registrada na região por Cantarelli *et al.* (2015), contudo este é o primeiro relato de uma lista de espécies de formigas que ocorrem em ambientes urbanos. Praças urbanas se caracterizam como espaços de convivência, lazer e, em alguns casos, espaços para a prática de exercícios físicos. São ambientes arborizados, cuja finalidade da vegetação é o embelezamento e o sombreamento. Nesses locais, pode ser encontrada vegetação herbácea e arbustiva, mas a vegetação arbórea, nativa ou exótica está sempre presente (LUTINSKI *et al.*, 2018). Geralmente, os TB são desprovidos de vegetação — quando presente, ela se caracteriza como herbácea. Os resultados deste estudo indicam a vegetação como o possível descritor ambiental para a ocorrência de formigas nas cidades amostradas, uma vez que a riqueza e a abundância amostradas nas praças foram maior que nos TB.

Formigas Dolichoderinae são frequentemente registradas em ambientes antropizados (GUARDA *et al.*, 2018; LUTINSKI *et al.*, 2018). Os gêneros *Dorymyrmex* e *Linepithema* ocorrem com frequência em amostragens da mirmecefafauna do Sul do Brasil (JULYSSÉA *et al.*, 2011). Essas formigas dominam as fontes de alimento e recrutam de forma massiva. Pertencem a esses gêneros algumas das mais importantes espécies de formiga com potencial de se tornarem pragas em ambientes urbanos, com destaque para *L. humile* (BACCARO *et al.*, 2015; BUENO; CAMPOS; MORINI, 2017). Dado o caráter onívoro dessas formigas, sua presença nos TB e nas praças é um indicativo de desequilíbrio ecológico.

O gênero *Camponotus* foi representado nas amostras por seis espécies. Aproximadamente 400 espécies desse gênero são descritas para a região neotropical. Caracterizam-se pelo acentuado polimorfismo e onivoria. Podem ser observadas forrageando no solo ou na vegetação (SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003; BACCARO *et al.*, 2015). *Camponotus crassus*, *C. mus*,

C. rufipes e *C. sericeiventris* são comuns em ambientes urbanos do Sul do Brasil (LUTINSKI *et al.*, 2017). A presença dessas formigas nas praças e nos TB pode ser explicada pela resiliência dessas espécies diante das alterações ambientais.

Formigas dos gêneros *Crematogaster*, *Nylanderia*, *Paratrechina* e *Wasmannia* também se destacam pelo potencial invasor e pela frequência em ambientes urbanos. São frequentemente registradas em ambientes internos, incluindo Unidades de Saúde, hospitais e escolas (LISE; GARCIA; LUTINSKI, 2006; SCHWINGEL *et al.*, 2016; GUARDA *et al.*, 2018). Sua presença nas amostras representa um indicativo de resíduos orgânicos no ambiente (restos de alimentos), utilizados como recurso alimentar. Tanto em praças como em TB é comum o abandono ou o descarte de resíduos orgânicos.

Os gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* são formigas conhecidas como dominantes e onívoras (SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003; BACCARO *et al.*, 2015). A ampla distribuição geográfica e a habilidade de dispersão fazem com que algumas dessas espécies se tornem localmente abundantes e frequentemente amostradas em ambientes urbanos (LUTINSKI *et al.*, 2017). Nidificam no solo, formam colônias grandes, os indivíduos são pequenos, monomórficos ou dimórficos, apresentam comportamento generalista e agressivo e se associam com ambientes perturbados (BUENO; CAMPOS; MORINI, 2017). Essas características justificam a ocorrência dessas formigas nas amostras em TB e praças, indicando a tolerância delas aos ambientes amostrados, especialmente de *Pheidole*, que foi o gênero mais rico no estudo.

Cabe destacar a ocorrência de formigas dos gêneros *Acromyrmex*, *Cephalotes*, *Pachycondyla* e *Pseudomyrmex*, cujas espécies estão associadas a ambientes com vegetação e/ou com oferta de espaços para nidificação e fontes de alimentos. Com exceção de *Cephalotes*, essas formigas foram amostradas predominantemente nas praças. Formigas *Acromyrmex* dependem da vegetação, das folhas que cortam, para o cultivo do fungo do qual se alimentam. Formam colônias com numerosos indivíduos e nidificam no solo. Formigas do gênero *Cephalotes* são essencialmente arborícolas e, na vegetação, encontram alimento e local para a construção de seus ninhos. *Pachycondyla* são formigas predadoras de invertebrados, normalmente encon-

tradas forrageando sobre o solo (FERNÁNDEZ, 2003, SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003). Contudo, *P. striata* tem sido frequentemente encontrada em ambientes urbanos (LUTINSKI *et al.*, 2017). As formigas pseudo-mirmecíneas são ágeis e solitárias, possuem visão bem desenvolvida e hábito diurno. Muitas delas são dependentes de plantas mirmecófilas, nas quais visitam nec-tários ou predam. Preferem matas fechadas e úmidas, embora algumas possam ser encontradas em áreas abertas (WARD, 2003). O registro de espécies desses gêneros destaca a importância da vegetação das praças para a manutenção das assembleias de formigas e da biodiversidade associada a esses insetos.

O estimador Chao1 indicou que a riqueza de formigas não foi completamente amostrada. O esforço necessário para amostrar todas as espécies de um dado ambiente pode ser até dez vezes maior que o esforço inicial (CHAO *et al.*, 2009). Considerando que a amostragem deste estudo se concentrou em apenas um evento, a estimativa Chao1 reforça a necessidade de estudos subsequentes para conhecer a mirmecofauna que ainda ocorre em ambientes urbanos da região. Cabe destacar que a riqueza amostrada é menor em relação aos demais estudos já realizados na região, o que desperta a atenção para os fatores que possam estar impactando a biodiversidade, além do próprio processo de urbanização.

A distribuição das ocorrências das espécies de formigas nas cidades é relativamente homogênea, considerando o resultado apontado pelo índice de

Equitabilidade. Segundo Pinto-Coelho (2000), esse índice, quando maior que 0,5, indica uniformidade na distribuição das espécies no ambiente avaliado. A diversidade H' é influenciada pelo esforço amostral, porém os resultados encontrados indicaram diversidade comparável a ambientes conservados da região (LUTINSKI *et al.*, 2016).

Apesar da diferença na riqueza de formigas entre praças e TB, evidenciada pelos indicadores ecológicos e pela análise de rarefação, a similaridade na composição e a abundância (ocorrências) não evidenciaram o mesmo padrão na NMDS. Amostras de terrenos e de praças foram agrupadas, não diferindo entre si. Apenas a amostra obtida na praça do município de Seberi diferiu das demais. O tamanho e a cobertura vegetal dessa praça, associados à proximidade da borda da cidade, como já descrito, podem explicar maior abundância e riqueza, assim como uma composição diferenciada das demais assembleias.

Assim como nos ambientes, os métodos utilizados também geraram amostras heterogêneas. Observou-se maior similaridade entre as amostras obtidas com as iscas de sardinha e as iscas com glicose e entre as amostras manuais. Contudo, o fator cidade, no caso de Seberi e de Taquaruçu do Sul, sobrepôs-se ao método amostral. Esse resultado destaca a heterogeneidade dos ambientes urbanos, no que se refere às condições oferecidas à mirmecofauna para se estabelecer, e a necessidade de protocolos de amostragem capazes de contemplar diferentes nichos.

CONCLUSÃO

A mirmecofauna amostrada em praças e TB de cinco cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul aponta para diferenças na riqueza nos diferentes ambientes. A riqueza foi menor quando comparada a de outros ambientes e cidades da região Sul do Brasil. Nesse contexto, emerge a importância de inventários adicionais na região para melhor compreensão dos fatores que possam estar atuando sobre as assembleias de formigas e da biodiversidade a elas associadas.

Apesar da riqueza amostrada em TB, não se pode esperar que esses ambientes sirvam como reservatórios ou repositórios da mirmecofauna, considerando-se a expansão das cidades. Por outro lado, praças não abrigam apenas formigas, e sim uma biodiversidade, em um sentido mais amplo. Nesse sentido, este estudo pode servir para o embasamento de planos de manejo, conservação e de ampliação das praças e das áreas verdes urbanas.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários da área de estudo, a autorização para a realização das amostras. À Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), a Bolsa de Pro-

dução Científica. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a licença para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANTWEB. *Bolton World Catalogue*. ANTWEB, 2018. Disponível em: <<https://www.antweb.org/>>. Acesso em: 1º fev. 2018.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; DE SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. R. C. *Guia para os gêneros de formigas do Brasil*. Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.
- BRAGANÇA, M. A. L.; LIMA, J. D. Composição, abundância e índice de infestação de espécies de formigas em um hospital materno-infantil de Palmas, TO. *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 1, p. 124-130, 2010. <http://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000100017>
- BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E. C.; MORINI, M. S. C. *Formigas em ambientes urbanos no Brasil*. São Paulo: Canal 6, 2017. 685 p.
- CANTARELLI, E. B.; FLECK, M. D.; GRANZOTTO, F.; CORASSA, J.; D'AVILA, M. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 3, p. 607-616, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509819612>
- CASTRO, M. M.; PREZOTO, H. H. S.; FERNANDES, E. F.; BUENO, O. C.; PREZOTO, F. The ant fauna of hospitals: advancements in public health and research priorities in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 59, n. 1, p. 77-83, 2015. <http://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.02.011>
- CHACÓN DE ULLOA, P. Hormigas Urbanas. In: FERNANDEZ, F. (org.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 97-112.
- CHAO, A.; COLWELL, R. K.; LIN, C. W.; GOTELLI, N. J. Sufficient sampling for asymptotic minimum species richness estimators. *Ecological Society of America*, Washington, v. 90, n. 4, p. 1125-1133, 2009. <https://doi.org/10.1890/07-2147.1>
- CHOMICKI, G.; RENNER, S. S. The interactions of ants with their biotic environment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 284, n. 1850, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0013>
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. *Primer: Getting started with B v, 6*. Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research, 2005.
- ESTRADA, M. A.; CORIOLANO, R. E.; SANTOS, N. T.; CAIXEIRO, L. R.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Influência de Áreas Verdes Urbanas sobre a Mirmecofauna. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 2, p. 162-169, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.035>
- FARNEDA, F. Z.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na área urbana do município de Pinhalzinho, Santa Catarina, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 1, n. 2, p. 53-66, 2007. <http://dx.doi.org/10.18316/169>
- FERNÁNDEZ, F. *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003. 418 p.
- FRANCO, W.; FEITOSA, R. M. First standardized inventory of ants (Hymenoptera: Formicidae) in the natural grasslands of Paraná: New records for Southern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 58, e20185812, p. 1-8, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.12>
- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>>. Acesso em: 04 dez. 2015.

- GOTELLI, N. J.; ENTSMINGER, G. L. *EcoSim*: Null models software for ecology. Versão 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kelsey-Bear, 2001. Disponível em: <<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>>. Acesso em: 2 ago. 2018.
- GUARDA, C.; LUTINSKI, J. A.; BUSATO, M. A.; GARCIA, F. R. M. Assembleia de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ambientes escolares urbanos. *NBC-Periódico Científico do Núcleo de Biociências*, v. 8, p. 35-52, 2018.
- GUÉNARD, B.; WEISER, M. D.; DUNN, R. R. Global models of ant diversity suggest regions where new discoveries are most likely are under disproportionate deforestation threat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 19, p. 7368-7373, 2012. <http://doi.org/10.1073/pnas.1113867109>
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. *Past*: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Versão. 1.37. 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 5 ago. 2018.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press, 1990. 732 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 8 set. 2018.
- IOP, S.; CALDART, V. M.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, v. 22, n. 2, p. 55-64, 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n2p55>
- LISE, F.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, J. Association of ants (Hymenoptera: Formicidae) with bacteria in hospitals in the State of Santa Catarina. *Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 39, n. 6, p. 523-526, 2006. <http://doi.org/10.1590/S0037-86822006000600002>
- LIU, Z.; HE, C.; WU, J. The Relationship between Habitat Loss and Fragmentation during Urbanization: An Empirical Evaluation from 16 World Cities. *PLoS One*, v. 11, n. 4, p. 1-17, 2016. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0154613>
- LUTINSKI, J. A.; BAUCKE, L.; FILTRO, M.; BUSATO, M. A.; KNAKIEWICZ, A. C.; GARCIA, F. R. M. Ant assemblage (Hymenoptera: Formicidae) in three wind farms in the State of Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 77, n. 1, p. 176-184, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.14115>
- LUTINSKI, J. A.; GUARDA, C.; LUTINSKI, C. J.; DORNELES, F. E.; PEDROSO, J.; BUSATO, M. A.; GARCIA, F. R. M. Assembleias de formigas (Hymenoptera: Formicidae) respondem ao processo de recuperação de áreas de preservação permanente? *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 50, p. 112-127, 2018. <http://dx.doi.org/10.5327/Z2176-947820180402>
- LUTINSKI, J. A.; GUARDA, C.; LUTINSKI, C. J.; GARCIA, F. R. M. Formigas em ambientes urbanos no Sul do Brasil. In: BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E. C.; MORINI, M. S. C. (orgs.). *Formigas em ambientes urbanos no Brasil*. São Paulo: Canal 6, 2017. p. 397-422.
- LUTINSKI, J. A.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. de. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 13, n. 3, p. 332-342, 2013. <http://doi.org/10.1590/S1676-06032013000300033>
- LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI, C. J.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica. *Ecologia Austral*, v. 24, n. 2, p. 229-237, 2014.
- MELO, A. S.; PEREIRA, R. A. S.; SANTOS, A. J.; SHEPHERD, G. J.; MACHADO, G.; MEDEIROS, H. F.; SAWAYA, R. J. Comparing species richness among assemblages using sample units: why not use extrapolation methods to standardize different sample sizes? *Oikos*, v. 101, n. 2, p. 398-410, 2003. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.11893.x>
- MELO, T. S.; DELABIE, J. H. C. Ecologia e conservação da biodiversidade de formigas em ambientes urbanos. In: BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E. C.; MORINI, M. S. C. (orgs.). *Formigas em ambientes urbanos no Brasil*. São Paulo: Canal 6, 2017. p. 189-240.

- NOOTEN, S. S.; SCHULTHEISS, P.; ROWE, R. C.; FACEY, S. L.; COOK, J. M. Habitat complexity affects functional traits and diversity of ant assemblages in urban green spaces (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, v. 29, p. 67-77, 2019. http://dx.doi.org/10.25849/myrmecol.news_029:067
- OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2005.
- PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. *Landscape and Urban Planning*, v. 81, n. 3, p. 193-199, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.11.004>
- PINTO-COELHO, R. M. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artmed, 2000. 252 p.
- ROCHA, W. O.; DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; VAEZ, C. A.; RIBEIRO, E. S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 88-98, 2015. <http://doi.org/10.1590/2179-8087.0049>
- SARMIENTO, C. E. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. In: FERNÁNDEZ, F. (org.). *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 201-210.
- SCHWINGEL, I.; LUTINSKI, J. A.; QUADROS, S. O.; BUSATO, M. A.; TEO, C. R. P. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em centros de saúde da família de Chapecó, SC. *HYGEIA*, v. 12, n. 23, p. 111-121, 2016.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). *Gestão Territorial*. Brasil: CPRM, 2016. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade-162>>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- SILVA, G. M. S.; CARMO, M. S.; MORAES, L. S.; MORAES, F. C.; BARNABÉ, A. S.; FIGUEIREDO, P. M. S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como vetores de bactérias em ambiente hospitalar na cidade de São Luís – Maranhão. *Revista de Patologia Tropical*, v. 41, n. 3, p. 348-355, 2012. <http://doi.org/10.5216/rpt.v41i3.20750>
- SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (org.). *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 159-166.
- SOUZA-CAMPANA, D. R.; SILVA, O. G. M.; MENINO, L.; MORINI, M. S. C. Epigaeic ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in urban parks located in Atlantic Forest biome. *Check List*, v. 12, n. 5, p. 1-15, 2016. <http://dx.doi.org/10.15560/12.5.1967>
- TIBCHERANI, M.; NACAGAVA, V. A. F.; ARANDA, R.; MELLO, R. L. Review of Ants (Hymenoptera: Formicidae) as bioindicators in the Brazilian Savanna. *Sociobiology*, v. 65, n. 2, p. 112-129, 2018. <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v65i2.2048>
- ULYSSEÁ, M. A.; CERETO, C. E.; ROSUMEK, F. B.; SILVA, R. R.; LOPES, B. C. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 55, n. 4, p. 603-611, 2011. <http://doi.org/10.1590/S0085-56262011000400018>
- WARD, P. S. Subfamília Pseudomyrmecinae. In: FERNÁNDEZ, F. (org.). *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 331-333.



A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DA CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR FÁRMACOS

THE ENVIRONMENTAL PROBLEM OF CONTAMINATION OF WATER RESOURCES BY PHARMACEUTICALS

Mayara Andria da Silva Escher 

Especialista em Gerenciamento Ambiental pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) – Piracicaba (SP), Brasil.

Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro 

Professora titular do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil (UNIVBRASIL) – São Paulo (SP), Brasil.

Nádia Hortense Torres 

Pós-doutoranda no Laboratório de Tratamento de Resíduos e Efluentes (LTRE) do Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) da Universidade Tiradentes (Unit) – Aracaju (SE), Brasil.

Luiz Fernando Romanholo Ferreira 

Professor doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos no ITP da Unit – Aracaju (SE), Brasil.

Endereço para correspondência:

Mayara Andria da Silva Escher –
Rua Primavera, 120 – Centro –
CEP 85420-000 – Corbélia (PR), Brasil –
E-mail: mayaraandria@hotmail.com

Recebido em: 03/05/2019

Aceito em: 27/06/2019

RESUMO

A degradação dos recursos hídricos e a escassez de água potável são assuntos de crescente preocupação mundial, principalmente em razão da presença de contaminantes emergentes (CE) como os fármacos. O presente trabalho teve como objetivo levantar informações por meio de estudos publicados sobre a presença de fármacos em matrizes ambientais e os seus efeitos no meio aquático, assim como para os organismos aquáticos e os seres humanos expostos. Observou-se aumento no número de pesquisas, tanto daquelas voltadas à contaminação dos recursos hídricos por fármacos quanto daquelas voltadas aos efeitos desses nos seres vivos. Verificou-se que os fármacos estudados (diclofenaco, ibuprofeno e paracetamol) podem ser encontrados em diversas matrizes ambientais e causar efeitos ecotoxicológicos a diversos organismos não alvos como algas, moluscos, peixes e plantas aquáticas. Para os contaminantes estudados, não existe legislação associada à sua presença em matrizes ambientais, no entanto a União Europeia (UE) inseriu o diclofenaco na lista dos contaminantes que devem ser monitorados. A problemática ambiental da contaminação dos recursos hídricos pelos fármacos envolve grandes desafios, entre eles a busca por medidas que visem à prevenção de possíveis impactos ao meio ambiente e à saúde humana.

Palavras-chave: anti-inflamatórios; diclofenaco; saúde; toxicidade.

ABSTRACT

Degradation of water resources and the scarcity of drinking water are a matter of growing concern worldwide, mainly due to the presence of emerging contaminants (EC) such as pharmaceuticals. The aim of the present study was to obtain information through published studies on the presence of drugs in environmental matrices and their effects on the aquatic environment, as well as on aquatic organisms and exposed humans. There was an increase in the number of researches, both those focused on the contamination of water resources by pharmaceuticals, and those focused on their effects on living beings. It has been observed that the pharmaceuticals studied (diclofenac, ibuprofen and paracetamol) can be found in several environmental matrices and may cause ecotoxicological effects on several non-target organisms such as algae, molluscs, fish and aquatic plants. For the pollutants studied, there is no legislation associated with their presence in environmental matrices, however the European Union (EU) has already inserted diclofenac in the list of contaminants that should be monitored. The environmental problem of contamination of water resources by pharmaceuticals involves major challenges, among them the search for measures aimed at preventing possible impacts on the environment and human health.

Keywords: anti-inflammatory agents; diclofenac; health; toxicity.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água é um assunto de crescente preocupação, principalmente por conta da presença de contaminantes emergentes (CE) no ambiente aquático. Após a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento de novas tecnologias e em consequência a maior quantidade de recursos a serem explorados, alterou a qualidade dos recursos hídricos em razão dos resíduos despejados sem o tratamento necessário, entre eles os fármacos e os produtos de cuidados pessoais (PCPs).

O aumento da expectativa de vida dos seres humanos e a consequente inversão das pirâmides de idade populacional têm aumentado de maneira proporcional o consumo de medicamentos, sendo estes responsáveis diretos pelo incremento na produção e no consumo de fármacos e PCPs (WILKINSON *et al.*, 2015).

Essas substâncias químicas são consumidas e atingem diariamente o meio ambiente. A presença desses compostos em matrizes ambientais como água e solo podem causar efeitos tóxicos nos seres vivos, como genotoxicidade, perturbação endócrina e seleção de bactérias patogênicas resistentes (KÜMMERER, 2010), além da sua persistência no ambiente, potencial eco-

toxicológico e prejuízos à saúde dos seres humanos (BISOGNIN; WOLFF; CARISSIMI, 2018). Pesquisas têm detectado compostos farmacológicos, cosméticos e produtos de higiene pessoal em águas superficiais, subterrâneas, água para consumo humano e, até mesmo, em solos sujeitos à aplicação de lodo de esgoto (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006).

Existem vários tipos de CE que são preocupantes quando presentes no ambiente, como os fármacos, que são encontrados em ambientes aquáticos. Entre eles, destacam-se os analgésicos e os anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) como o diclofenaco (KHETAN; COLLINS, 2007; SANTOS *et al.*, 2010). Esses contaminantes podem trazer prejuízos ao meio ambiente por causa da sua persistência em matrizes ambientais e possíveis alterações no sistema endócrino dos seres vivos, principalmente da fauna aquática (GHISELLI; JARDIM, 2007).

Objetivou-se levantar informações sobre a presença de fármacos em matrizes ambientais, seus efeitos no meio aquático e suas consequências para os organismos aquáticos e para os seres humanos expostos.

CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR FÁRMACOS E SEUS IMPACTOS NOS SERES VIVOS

A classe de fármacos mais consumida corresponde a dos analgésicos e anti-inflamatórios (ZHANG; GEISSEN; GAL, 2008; AMÉRICO-PINHEIRO *et al.*, 2017). Isso se deve ao fato de que na maioria dos países os anti-inflamatórios não precisam de prescrições médicas para serem adquiridos, além de serem os mais prescritos por médicos e dentistas (BISOGNIN; WOLFF; CARISSIMI, 2018). Esses medicamentos sem prescrição podem acarretar diversas consequências, sobretudo quando descartados de maneira inadequada, sendo o destino final o lixo comum.

A presença de fármacos no ambiente foi relatada pela primeira vez por Garrison *et al.* (1976), que identificaram o ácido clofíbrico em efluente tratado nos Estados Unidos, na faixa de 0,8 a 2,0 µg/L. Os estudos sobre a ocorrência desses contaminantes no meio ambiente vêm crescendo e alertam sobre o seu possível risco tóxico, que, apesar de se apresentarem em baixas concentrações, têm recarga contínua. O progressivo

aumento da presença de fármacos nos mananciais de abastecimento representa uma das problemáticas mundiais em relação ao comprometimento da qualidade das águas destinadas para o consumo humano e aos prejuízos inerentes aos ambientes aquáticos (AMÉRICO *et al.*, 2012).

Em grandes cidades, as vias de exposição com maior relevância para o ambiente são os compostos farmacológicos de uso humano, enquanto em regiões com atividades agropecuárias e de aquicultura, as principais vias são as substâncias de uso veterinário. Os fármacos não são completamente degradados após sua utilização e atingem o ciclo da água por meio de distintas rotas. As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) são as principais vias de entrada dos fármacos nos corpos d'água, enquanto a maioria dos resíduos desses compostos de uso veterinário é liberada diretamente no ecossistema pela excreção animal (BILA; DEZOTTI, 2003).

Estudos revelaram que as substâncias presentes nos fármacos são persistentes no ambiente e não são efetivamente removidas pelos tratamentos convencionais nas ETES (AMÉRICO *et al.*, 2012). Os principais medicamentos encontrados no ambiente são os analgésicos, anti-inflamatórios, β -bloqueadores, reguladores lipídicos, antiepiléticos, antidepressivos, hormônios e esteroides, antibióticos e antineoplásicos. Esses dois últimos são uma das classes com maior potencial para causar efeitos negativos no ambiente, pois são citotóxicos, danificando o DNA, inibindo a sua síntese e interrompendo a replicação celular (SANTOS, 2014).

Há preocupação com os possíveis efeitos desses compostos em organismos aquáticos, bem como com os elos da cadeia trófica que podem alimentar-se desses seres vivos contaminados, especialmente porque o ser humano se encontra no topo dessa cadeia (TORRES *et al.*, 2012). Em concentrações na ordem de ng/L, os fármacos podem alterar o sistema endócrino dos organismos aquáticos, desencadeando efeitos adversos como a interferência no crescimento, desenvolvimento e/ou reprodução (CUNHA *et al.*, 2017).

A presença de fármacos em águas superficiais, subterrâneas, de consumo humano e em sedimentos foi relatada em vários estudos (STUMPF *et al.*, 1999; AMÉRICO-PINHEIRO *et al.*, 2017). No fim da década de 1990 foram publicados os primeiros artigos sobre a ocorrência, o destino e o efeito dos compostos farmacológicos no ambiente. Essas pesquisas indicam a presença desses contaminantes e seus metabólitos no meio ambiente, principalmente nos recursos hídricos, em concentrações na ordem de ng/L e $\mu\text{g/L}$ (BILA; DEZOTTI, 2003). Inicialmente, as pesquisas eram voltadas para a detecção desses compostos. Mais tarde, tornou-se intensa a investigação sobre o seu destino e seus efeitos ecotoxicológicos.

Os relatos sobre os impactos ambientais de fármacos são escassos no Brasil. Os estudos realizados se concentram na detecção, remoção ou nos efeitos tóxicos dessas substâncias no ambiente. O ibuprofeno e o diclofenaco são os anti-inflamatórios mais reportados na literatura (SANTOS *et al.*, 2010; AMÉRICO-PINHEIRO *et al.*, 2017). Por esse motivo, nesse artigo foram discutidos os fármacos classificados como AINEs mais abordados na literatura, como o diclofenaco, o ibupro-

feno e o paracetamol, comumente presentes em águas superficiais e ETES (AMÉRICO *et al.*, 2012; CAMPANHA *et al.*, 2015; KRAMER *et al.*, 2015).

Comparando-se com as pesquisas internacionais, no Brasil existem poucas informações sobre a ocorrência de fármacos no meio ambiente e nas estações de tratamento de água e esgoto. A Tabela 1 apresenta estudos sobre o tema no país, destacando os AINEs presentes em esgoto sanitário, efluentes de ETE e águas superficiais. A presença desses compostos no ambiente é associada às condições sanitárias dos corpos hídricos que recebem efluentes sanitários (STUMPF *et al.*, 1999; ALMEIDA; WEBER, 2006).

Trabalhos sobre a toxicidade do diclofenaco mostram que esse composto pode apresentar efeitos mutagênicos sobre microrganismos. Ele está entre os anti-inflamatórios mais tóxicos em estudos de exposição aguda (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006). Ghelfi (2014) avaliou os efeitos agudos tóxicos de diclofenaco no ambiente aquático, por meio de bioensaio com o peixe *Rhamdia quelen* (Jundiá), após 96 horas de exposição nas concentrações de 2 e 20 $\mu\text{g/L}$ observou-se alterações hematológicas e renais nessa espécie.

Hoeger *et al.* (2005) em um estudo com truta marrom (*Salmo trutta f. fario*), peixe nativo dos rios alemães, exposta a concentrações de diclofenaco semelhantes às registradas em ambientes aquáticos, observaram alterações no fígado e na integridade das brânquias dos animais. Em estudos realizados a fim de avaliar os efeitos de produtos farmacêuticos, entre eles o diclofenaco, em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e carpa comum (*Cyprinus carpio*), observou-se que o diclofenaco causa alterações no fígado, rins e brânquias dessas espécies (TRIEBSKORN *et al.*, 2007), além do aumento da peroxidação lipídica em mexilhões zebra (*Dreissena polymorpha*) expostos a concentrações de 1 $\mu\text{g/L}$ (QUINN *et al.*, 2011).

O ibuprofeno é um analgésico e anti-inflamatório com maior prescrição no tratamento de dores reumáticas e febres, sendo a terceira droga mais popular no mundo (ALMEIDA; WEBER, 2006). Ensaio laboratorial com o peixe *Oreochromis niloticus* (tilápia) exposto a 300 ng/L de ibuprofeno em ensaios de toxicidade aguda (48 h) e subcrônicos (10 dias) demonstraram o efeito genotóxico desse anti-in-

flamatório. Observou-se risco ambiental aquático desse contaminante ao se verificar frequências superiores de micronúcleos nos eritrócitos dos peixes submetidos aos testes subcrônicos (RAGUGNETTI *et al.*, 2011). Estudos com o molusco *Dreissena polymorpha* demonstraram que o ibuprofeno nas concentrações de 0,2–0,8 µg/L pode causar alterações genéticas em curto período de exposição (PAROLINI; BINELLI; PROVINI, 2011).

O paracetamol é um analgésico e antipirético muito utilizado no Brasil. Autores reportaram a presença do fármaco em águas superficiais (ALMEIDA; WEBER, 2006; CAMPANHA *et al.*, 2015) e em efluente de ETE (AMÉRICO *et al.*, 2012). Esse composto, na con-

centração de 100 µg/L, causou redução na atividade enzimática da catalase em carpas (*Cyprinus carpio*) expostas ao fármaco durante 96 horas. Os metabólitos reativos formados durante o metabolismo desse composto causam danos diretos às enzimas, oxidando-as e alterando a sua conformação, fazendo com que percam sua atividade enzimática (NAVA-ÁLVA-REZ *et al.*, 2014). Exposições crônicas ao paracetamol (21 dias) podem causar efeitos pro-oxidantes em peixes da espécie *Rhamdia quelen* nas concentrações de 0,25 e 2,5 µg/L. Os peixes expostos apresentam aumento na atividade de superóxido dismutase, uma resposta relacionada ao estresse oxidativo (GUILOSKI *et al.*, 2017).

Tabela 1 – Ocorrência e concentração de fármacos anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) em matrizes ambientais em diferentes estados brasileiros.

Referência	Fármaco	Matriz/estado	Concentração (ng/L)	
Stumpf <i>et al.</i> (1999)	Diclofenaco	Água Superficial/RJ	20–40	
		Efluente de ETE/RJ	100–1.000	
Almeida; Weber (2006)		Água Superficial/SP	8,1–394,5	
Américo <i>et al.</i> (2012)		Esgoto Bruto/ETE/MS	2.471.000	
Kramer <i>et al.</i> (2015)		Água superficial/PR	285	
Stelato <i>et al.</i> (2016)		Água Superficial/SP	2.800–10.900	
Américo-Pinheiro <i>et al.</i> (2017)		Água Superficial/MS	120–8.250	
Stumpf <i>et al.</i> (1999)		Ibuprofeno	Água Superficial/RJ	< 10
Almeida; Weber (2006)			Água Superficial/SP	10,0–78,2
Américo <i>et al.</i> (2012)			Esgoto Bruto/ETE/MS	2.325.000
Kramer <i>et al.</i> (2015)	Água superficial/PR		370	
Stelato <i>et al.</i> (2016)	Água Superficial/SP		1,4–4,2	
Almeida; Weber (2006)	Paracetamol	Água Superficial/SP	0,3–10,3	
Américo <i>et al.</i> (2012)		Esgoto Bruto/ETE/MS	130.000	
Campanha <i>et al.</i> (2015)		Água Superficial/SP	104,7–13496	
Kramer <i>et al.</i> (2015)		Água superficial/PR	261	
Stelato <i>et al.</i> (2016)		Água Superficial/SP	228.000–590.000	

ETE: estação de tratamento de esgoto.

ASPECTOS LEGAIS

No Brasil, não há registros de programas oficiais voltados para a problemática dos fármacos como contaminantes. Pesquisas têm contribuído fornecendo subsídios para tomadas de decisões e despertando o interesse de empresas de saneamento, órgãos governamentais e a população em geral. O mais preocupante é que não há uma legislação que determina limites de lançamento de fármacos no meio ambiente.

Há setores e legislações brasileiras sobre a qualidade da água, porém a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 (padrões de classificação de corpos de água), a Resolução nº 396/2008 (enquadramento das águas subterrâneas) e a Resolução CONAMA nº 430/2011 (lançamento de efluente) não dispõem de valores limites para os compostos farmacológicos (BRASIL, 2005; 2008; 2011).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) publica diretrizes e leis sobre matrizes ambientais, entretanto, a legislação americana não estabelece

os limites de concentração para fármacos em corpos de água. A USEPA apresentou quatro listas de contaminantes emergentes candidatos à futura regulamentação, na quarta atualização da lista estão incluídos 97 produtos químicos e 12 contaminantes biológicos (USEPA, 2018), não incluindo os fármacos.

Na União Europeia, a aprovação de novos medicamentos requer a avaliação dos potenciais riscos ambientais associados à sua utilização, além da comprovação dos aspectos inerentes ao fármaco como segurança, estabilidade e eficácia. A Diretiva 2013/39/UE implementa programas de monitoramento para os contaminantes emergentes com a finalidade de priorizar as substâncias que apresentem risco para o ambiente aquático. O diclofenaco foi inserido na lista de vigilância de substâncias para as quais devem ser recolhidos, em toda a União Europeia, dados de monitoramento, uma vez que podem representar risco significativo para o meio aquático (PARLAMENTO EUROPEU, 2013).

CONCLUSÃO

A problemática ambiental da contaminação dos recursos hídricos pelos fármacos envolve grandes desafios, entre eles a busca por medidas que visem à prevenção de possíveis impactos no meio ambiente e na saúde humana. Os estudos sobre os efeitos aos seres não alvos são desenvolvidos com mais frequência, assim como os testes de ecotoxicidade, observando-se que os fármacos podem impactar na biota aquática por meio da feminização de peixes e diminuição da diversidade de espécies. Os estudos sobre os efeitos na saúde humana são recentes e escassos, sendo a maioria registrada na literatura internacional.

Outro desafio preocupante sobre essa problemática é a não regulamentação, ou seja, não há uma legislação que determine limites de lançamento para esse tipo de substância no meio ambiente, muito embora as discussões sobre o tema e as pesquisas têm contribuído significativamente, fornecendo inúmeros subsídios para tomadas de decisões. No entanto, a falta de regulamentações deixa lacunas para que esses contaminantes sejam lançados nos corpos d'água. Assim, o ideal é que estudos continuem sendo realizados e que medidas de prevenção sejam estudadas a fim de reduzir a presença desses contaminantes nas diferentes matrizes ambientais e, conseqüentemente, preservar a saúde da população e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. A.; WEBER, R. R. Fármacos na represa Billings. *Ambiente e Saúde*, Joinville, v. 6, n. 2, p. 7-13, 2006.
- AMÉRICO, J. H. P.; ISIQUE, W. D.; MINILLO, A.; CARVALHO, S. L.; TORRES, N. H. Fármacos em uma estação de tratamento de esgoto na região Centro-oeste do Brasil e os riscos aos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 61-67, jul./set. 2012. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v17n3.p61-67>

- AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; ISIQUE, W. D.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L.; VALÉRIO FILHO, W. V.; FERREIRA, L. F. R. Ocorrência de diclofenaco e naproxeno em água superficial no município de Três Lagoas (MS) e a influência da temperatura da água na detecção desses anti-inflamatórios. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 429-235, maio/jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017128719>
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.
- BISOGNIN, R. P.; WOLFF, D. B.; CARISSIMI, E. Revisão sobre fármacos no ambiente. *Revista DAE*, São Paulo. v. 66, n. 210, p. 78-95, 2018. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2018.009>
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- CAMPANHA, M. B.; AWAN, A. T.; DE SOUSA, D. N.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. A 3-year study on occurrence of emerging contaminants in an urban stream of São Paulo State of Southeast Brazil. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 22, n. 10, p. 7936-7947, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3929-x>
- CUNHA, D. L.; PAULA, L. M.; SILVA, S. M. C.; BILA, D. M.; FONSECA, E. M.; OLIVEIRA, J. L. M. Ocorrência e remoção de estrogênios por processos de tratamento biológico de esgotos. *Ambiente e Água*, Taubaté, v. 12, n. 2, p. 249-262, 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1992>
- FENT, K.; WESTON, A. A.; CAMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, v. 76, n. 2, p. 122-159, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.09.009>
- GARRISON, A. W.; POPE, J. D.; ALLEN, F. R.; KEITH, C. H. Identification and analysis of organic pollutants in water. In: KEITH, C. H. (org.). *Identification and Analysis of Organic Pollutants in Water*. Michigan: Ann Arbor Science, 1976. p. 517-566.
- GHELFI, A. *Efeitos toxicológicos do diclofenaco em peixes Rhamdia quelen*. 72f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35405>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- GHISELLI, G.; JARDIM, W. Interferentes endócrinos no ambiente. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 695-706, 2007.
- GUILOSKI, I. C.; RIBAS, J. L. C.; PIANCINI, L. D. S.; DAGOSTIM, A. C.; CIRIO, S. M.; FÁVARO, L.F.; BOSCHEN, S. L.; CESTARI, M. M.; DA CUNHA, C.; SILVA DE ASSIS, H. C. Paracetamol causes endocrine disruption and hepatotoxicity in male fish *Rhamdia quelen* after subchronic exposure. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 53, p. 111-120, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.05.005>
- HOEGER, B.; KÖLLNER, B.; DIETRICH, D. R.; HITZFELD, B. Water-borne diclofenac affects kidney and gill integrity and selected immune parameters in brown trout (*Salmo trutta f. fario*). *Aquatic Toxicology*, v. 75, n. 1, p. 53-64, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.07.006>

- KHETAN, S. K.; COLLINS, T. J. Human pharmaceuticals in the aquatic environment: a challenge to green chemistry. *Chemical Reviews*, v. 107, n. 6, p. 2319-2364, 2007. <https://doi.org/10.1021/cr020441w>
- KRAMER, R. D.; MIZUKAWA, A.; IDE, A. H.; MARCANTE, L. O.; SANTOS, M. M.; AZEVEDO, J. C. R. Determinação de anti-inflamatórios na água e sedimento e suas relações com a qualidade da água na bacia do Alto Iguaçu, Curitiba-PR. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 657-667, jul./set. 2015. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n3.p657-667>
- KÜMMERER, K. Pharmaceuticals in the environment. *The Annual Review of Environment and Resources*, v. 35, p. 57-75, 2010. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-052809-161223>
- NAVA-ÁLVAREZ, R.; RAZO-ESTRADA, A. C.; MEDINA, S. G.; GÓMEZ-OLIVÁN, L. M.; MARTÍNEZ, M. G. Oxidative Stress Induced by Mixture of Diclofenac and Acetaminophen on Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 225, n. 2, p. 1-9, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-014-1873-5>
- PARLAMENTO EUROPEU. Diretiva 2013/39/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de agosto de 2013. Altera as Diretivas 2000/60/CE e 2008/105/CE no que respeita às substâncias prioritárias no domínio da política da água. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2013. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0039&from=IT>>. Acesso em: 16 ago. 2018.
- PAROLINI, M.; BINELLI, A.; PROVINI, A. Chronic effects induced by ibuprofen on the freshwater bivalve *Dreissena polymorpha*. *Ecotoxicology Environmental Safety*, v. 74, n. 6, p. 1586-1594, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.04.025>
- QUINN, B.; SCHMIDT, W.; O'ROURKE, K.; HERNAN, R. Effects of the pharmaceuticals gemfibrozil and diclofenac on biomarker expression in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) and their comparison with standardized toxicity tests. *Chemosphere*, v. 84, n. 5, p. 657-663, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.033>
- RAGUGNETTI, M.; ADAM, M. L.; GUIMARÃES, A. T. B.; SPONCHIADO, G.; VASCONCELOS, E. C.; OLIVEIRA, C. M. R. Ibuprofen genotoxicity in aquatic environment: an experimental model using *Oreochromis niloticus*. *Water, Air, and Soil Pollution*, Berlim, v. 218, n. 1, p. 361-364, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0698-0>
- SANTOS, J. S. T. *Resíduos de medicamentos: Riscos associados e comportamento da população portuguesa*. 84f. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2014. Disponível em: <<https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4311/1/PPGJoana%20Santos.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- SANTOS, L. H.; ARAÚJO, A. N.; FACHINI, A.; PENA, A.; DELERUE-MATOS, C.; MONTENEGRO, M. C. Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Hazardous Materials*, v. 175, n. 1-3, p. 45-95, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.10.100>
- STELATO, E. S.; OLIVEIRA, T. G.; STUNGES, G. M.; SILVA, E. C. P.; CUBA, R. M. F.; MINILLO, A.; ISIQUE, W. D. Avaliação da presença de resíduos de anti-inflamatórios não esteroides nos córregos veado e cedro do município de Presidente Prudente (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 39, p. 97-113, 2016. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820160050>
- STUMPF, M.; TERNES, T. A.; WILKEN, R. D.; RODRIGUES, S. V.; BAUMANN, W. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 225, n. 1-2, p. 135-141, 1999.
- TORRES, N. H.; AMÉRICO, J. H. P.; FERREIRA, L. F. R.; NAZATO, C.; MARANHO, L. A.; VILCA, F. Z.; TORNISIELO, V. L. Fármacos no ambiente - Revisão. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 14, n. 4, p. 67-75, jul./dez. 2012.
- TRIEBSKORN, R.; CASPER, H.; SCHEIL, V.; SCHWAIGER, J. Ultrastructural effects of pharmaceuticals (carbamazepine, clofibric acid, metoprolol, diclofenac) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 387, n. 4, p. 1405-1416, 2007. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-1033-x>

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Drinking Water Contaminant Candidate List (CCL) and Regulatory Determination*. Estados Unidos: USEPA. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ccl>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

WILKINSON, J. L.; HOODA, P. S.; BARKER, J.; BARTON, S.; SWINDEN, J. Ecotoxic pharmaceuticals, personal care products, and other emerging contaminants: A review of environmental, receptor-mediated, developmental, and epigenetic toxicity with discussion of proposed toxicity to humans. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 46, n. 4, p. 336-381, 2015. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1096876>

ZHANG, Y.; GEISSEN, S.; GAL, C. Carbamazepine and diclofenac: Removal in *wastewater* treatment plants and occurrence in water bodies. *Chemosphere*, v. 73, p. 1151-1161, 2008 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.086>



