

Espécie invasora de bambu e seus impactos sobre a qualidade do solo

A Floresta Atlântica é um bioma com elevada biodiversidade da fauna e flora, no entanto vem sendo submetido a impactos antrópicos, como desmatamento e queimadas, provocando a redução e fragmentação de seus ecossistemas. Outro fator que tem ameaçado a biodiversidade é a introdução de espécies exóticas invasoras, sendo atualmente a segunda maior ameaça. Essas espécies causam impactos negativos no ambiente, a exemplo do bambu, que em diversas partes do mundo sua instalação e crescimento progressivo, tem causado a degradação de fragmentos florestais, devido a participação nas modificações da estrutura e composição florística desses ambientes, bem como nas alterações de seus processos hídricos e de nutrientes. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo investigar a interferência do bambuzal sobre um fragmento de Floresta Atlântica no Parque Municipal de Maceió, Alagoas, por meio de indicadores de qualidade do solo, visando manter a conservação e a preservação da biodiversidade local. Foram selecionadas duas áreas: Floresta Atlântica e Bambuzal. Em cada área, foram coletadas 10 amostras de solo na profundidade de 0-10 cm para avaliação dos indicadores químicos (pH, MO, C, bases trocáveis (Ca³⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), P, Al e acidez potencial (H⁺+Al³⁺), soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺), capacidade de troca de cátions (S+H+Al³⁺) e saturação por bases) e ecológicos (acúmulo de serapilheira, macrofauna e mesofauna). Com base nos resultados, observou-se que os atributos químicos (Mg, SB, Al e P) e ecológicos (acúmulo de serapilheira e macrofauna edáfica) podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo. A Floresta Atlântica apresenta maior riqueza de organismos da macrofauna em comparação ao bambuzal. O bambu se adaptou bem às condições do solo do Parque Municipal de Maceió (PMM), refletindo nos altos teores de carbono orgânico total e maior abundância de organismos da mesofauna, o que demanda monitoramento, uma vez que o ambiente é favorável para sua permanência, estabilidade e expansão, podendo prejudicar a vegetação nativa.

Palavras-chave: Invasão Biológica; Biodiversidade; Indicadores ambientais.

Invasive bamboo species and its impacts on soil quality

The Atlantic Forest is a biome with high biodiversity of fauna and flora. However, it has been subjected to anthropic impacts, such as deforestation and fires, causing the reduction and fragmentation of its ecosystems. Another factor that has threatened biodiversity is the introduction of invasive alien species, which is currently the second greatest threat. These species cause negative impacts on the environment, such as bamboo, which in several parts of the world, its installation and progressive growth have caused the degradation of forest fragments due to the participation in the changes in the structure and floristic composition of these environments, as well as in the alterations of its water and nutrient processes. In this sense, the research aimed to investigate the interference of bamboo groves on a fragment of Atlantic Forest in the Municipal Park of Maceió, Alagoas, through soil quality indicators, aiming to maintain the conservation and preservation of local biodiversity. Two areas were selected: Atlantic Forest and Bambuzal. In each area, 10 soil samples were collected at a depth of 0-10 cm to evaluate chemical indicators (pH, MO, C, exchangeable bases (Ca³⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), P, Al and potential acidity (H⁺+Al³⁺), sum of bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺), cation exchange capacity (S+H+Al³⁺) and base saturation) and ecological (litter accumulation, macrofauna and mesofauna). Based on the results, it was observed that chemical (Mg, SB, Al, and P) and ecological attributes (litter accumulation and edaphic macrofauna) could be used as soil quality indicators. The Atlantic Forest has a greater richness of macrofauna organisms compared to the bamboo grove. Bamboo has adapted well to the soil conditions of the Parque Municipal de Maceió (PMM), reflecting the high levels of total organic carbon and greater abundance of mesofauna organisms, which requires monitoring since the environment is favorable for its permanence, stability, and expansion, which may harm native vegetation.

Keywords: Biological Invasion; Biodiversity; Environmental indicators.

Topic: **Conservação da Biodiversidade**

Received: **04/06/2022**

Approved: **27/06/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Acácia Rodrigues Calheiros 
Instituto Federal de Alagoas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5391884178294294>
<http://orcid.org/0000-0002-8108-7456>
acaciacalheiros@gmail.com

Mayara Andrade Souza 
Centro Universitário CESMAC, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7011574518141449>
<http://orcid.org/0000-0003-0823-1957>
masouza@cesmac.edu.br

João Gomes da Costa 
Embrapa Tabuleiros Costeiros, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0449078764189687>
<http://orcid.org/0000-0002-0761-0755>
joao-gomes.costa@embrapa.br

Kallianna Dantas Araújo 
Instituto Federal de Alagoas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4432346227879566>
<http://orcid.org/0000-0001-6476-1640>
kdaraujo@yahoo.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0006

Referencing this:

CALHEIROS, A. R.; SOUZA, M. A.; COSTA, J. G.; ARAÚJO, K. D.. Espécie invasora de bambu e seus impactos sobre a qualidade do solo. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.6, p.63-73, 2022.

DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0006>

INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica está situada na maior parte da costa litorânea brasileira, abrangendo dezessete estados, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, configurando o terceiro maior bioma do país (STEHMANN et al., 2009). Com relação a composição vegetal, é comumente caracterizada por suas fisionomias e estruturas florestais raras, contendo variados ecossistemas associados, como restingas, campos de altitudes e manguezais (MMA, 2022), compõe paisagens diferentes, exuberantes e biodiversas, sendo considerada como Patrimônio Natural pela Constituição Federal (MUYLEAERT et al., 2018).

O desmatamento e a utilização irracional, atrelado a processos industriais e a urbanização, induz atividades que causam impactos ambientais negativos como a retirada da vegetação da Floresta Atlântica que ocasiona a redução desse ecossistema, resultando em 12,4% de remanescentes de vegetação nativa, já inclusos os vários estágios de regeneração em todas as fisionomias. Em Alagoas, atualmente, restam apenas 9,4% de remanescentes desta floresta (INPE, 2018).

Outro fator importante que ameaça a biodiversidade do bioma é a introdução de espécies exóticas invasoras (SAMPAIO et al., 2013). Esta é uma das maiores causas de perda de biodiversidade do planeta, pois provocam a exclusão de espécies nativas na competição e alteração de ciclos ecológicos essenciais, conforme Ziller et al. (2002). Cabe salientar também, que as espécies introduzidas em uma nova região quando manejadas adequadamente podem não apresentar impacto ecológico, no entanto algumas se reproduzem e atingem diferentes graus de naturalização, desde plantas que se tornam apenas exóticas casuais até invasoras agressivas (SARTORELLI et al., 2018).

A introdução de espécies exóticas que se tornam invasoras tem ocorrido ao longo dos anos causando impactos negativos no ambiente, a exemplo do bambu, que em diversas partes do mundo sua instalação e crescimento progressivo, tem causado a degradação de fragmentos florestais, devido a participação nas modificações da estrutura e composição florística desses ambientes, bem como nas alterações de seus processos hídricos e de nutrientes (HOLZ et al., 2006).

No contexto do fragmento de Floresta Atlântica, localizado no Parque Municipal de Maceió, Alagoas foi realizada a introdução de bambu no ano de 1996 para a demarcação das trilhas. Porém, ultimamente, certa preocupação tem sido despertada devido à sua adaptação e expansão no ambiente, com a redução de 15% da vegetação nativa de Floresta Atlântica no Parque (SILVA et al., 2011), o que poderá tornar-se uma ameaça à biodiversidade local, uma vez que, os autores constataram que o bambu fora de seu habitat natural não tem predadores naturais e, desta forma, impossibilita que as espécies nativas concorram por luz e alimento.

A incorporação de espécies exóticas em ambientes com presença de vegetais nativos altera as interações planta-solo, modifica a composição da comunidade de plantas, a qualidade e quantidade de entradas de nutrientes proveniente da decomposição, bem como a composição e funcionamento da biota do solo (LU et al., 2018). No entanto, na literatura há poucos trabalhos sobre espécies exóticas como o bambu, principalmente com enfoque na interação planta-solo.

Tendo em vista os impactos causados pela invasão biológica do bambu na perda de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos prestados pela Floresta Atlântica, fazem-se necessários novos estudos que abordem essa temática, de modo a monitorar a sustentabilidade dos ecossistemas. Para isso, o uso de indicadores de qualidade do solo tem sido uma das ferramentas utilizadas na avaliação e monitoramento do grau de alteração de um ecossistema (AQUINO et al., 2008). Patucci et al. (2018) e Pompeo et al. (2016) pesquisando áreas de florestas nativa, verificaram melhor qualidade do solo favorecida pela presença de organismos invertebrados. Desse modo, o conhecimento da fauna edáfica presente na área de estudo pode ser um indicador de qualidade ambiental do ecossistema.

Diante desse contexto, elaborou-se o seguinte questionamento: a introdução do bambu no fragmento de Mata Atlântica do Parque Municipal de Maceió tem provocado algum grau de perturbação na qualidade do solo? Para responder ao questionamento, foi elaborada a seguinte hipótese: a introdução do bambu no fragmento de Mata Atlântica interfere na qualidade do solo, reduzindo a fertilidade do solo, os teores de matéria orgânica e comunidades de organismos do solo, levando à modificação dos processos ecológicos interativos, resultando na degradação do solo.

Assim sendo, diante da problemática abordada, a pesquisa teve como objetivo investigar a interferência do bambuzal sobre um fragmento de Floresta Atlântica no Parque Municipal de Maceió, Alagoas, por meio de indicadores de qualidade do solo, visando manter a conservação e a preservação da biodiversidade local.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

A pesquisa foi realizada no Parque Municipal de Maceió (PMM), Alagoas, localizado no bairro Bebedouro, na latitude 9°36'47" S e longitude 35°45'36.9" W. Esse habitat possui clima tropical chuvoso do tipo As', segundo classificação de Köppen (PELL et al., 2007; ALVARES et al., 2013), com chuvas regulares concentradas no outono-inverno com precipitação média anual de 1.700 mm, temperatura anual média entre 25 e 26,4 °C e umidade do ar de 78%, com maiores valores nos meses de abril e agosto (ARAÚJO et al., 2007).

Para realização do estudo foram selecionadas duas áreas: 1) Floresta Atlântica-fragmento de floresta nativa (com vegetação de porte alto e densa, camada espessa de serapilheira) e 2) Espécies em regeneração-Bambuzal introduzido no PPM em 1996 (com presença de grandes touceiras, porte alto, relevo acidentado e camada de serapilheira espessa).

Inicialmente, as áreas e os pontos de coleta amostrados, para estudo dos indicadores de qualidade do solo (químicos e ecológicos), foram referenciados por meio de GPS, cujas coletas foram realizadas em junho de 2019.

Para a caracterização dos indicadores químicos do solo nas áreas de Floresta Atlântica e bambuzal, foram coletadas 10 amostras de solo em cada área com auxílio de um trado e acondicionadas em sacolas

plásticas identificadas e transportadas ao Laboratório para as determinações química: pH em água, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (C), bases trocáveis (Ca^{3+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), fósforo (P), alumínio (Al^{3+}) e acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e calculadas a soma de bases ($S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$), a capacidade de troca de cátions (CTC = $S + \text{H} + \text{Al}^{3+}$) e a saturação por bases ($V\% = 100S/\text{CTC}$), conforme metodologia Embrapa (2017).

Nos 10 pontos preestabelecidos, também foram realizadas coletas de solo para avaliação dos organismos da mesofauna edáfica, com auxílio de anéis metálicos de 4,8 cm de diâmetro e 5 cm de altura, na profundidade de 0 a 5 cm. Após a coleta de amostras de solo, os anéis foram transportados para o laboratório e inseridos na bateria de extratores Berlese-Tullgren para a extração de organismos, por 96 horas, expostas à luz de lâmpadas incandescentes de 25 W (ARAÚJO, 2010). Em seguida, procedeu-se a identificação e contagem dos organismos com auxílio de lupa binocular, em grandes grupos taxonômicos (TRIPLEHORON et al., 2011). Cabe destacar que esta metodologia tem se mostrado muito eficiente na coleta dos organismos da mesofauna edáfica (RIEFF, 2014; OLIVEIRA et al., 2020; BEZERRA et al., 2022) que apresentam um comprimento entre 0,2 e 2 mm (ex: Acarina, Araneae, Collembola, Diptera, Symphyla, dentre outros) (SWIFT et al., 1979).

Para coleta dos organismos da macrofauna do solo, foram distribuídas armadilhas do tipo Provid, alocadas nos dez pontos de cada área, às quais foram instaladas no solo com os orifícios 2x2 cm, paralelos ao nível da superfície do solo, permanecendo no campo por um período de 96 horas (FORNAZIER et al., 2007). Após esse período, as amostras foram levadas ao laboratório para lavagem do material e armazenados os organismos em solução de álcool etílico a 70%. Posteriormente foi feita a identificação e contagem dos organismos, com auxílio da chave de identificação de Triplehoron et al. (2011). Esta metodologia tem sido eficaz na coleta dos organismos da macrofauna edáfica (DERENGOSKI et al., 2019; PINHEIRO et al., 2020; ANDRADE, 2021; LIMA et al., 2021) com comprimento ≥ 2 mm (ex: Hymenoptera, Coleoptera, Orthoptera, Hemiptera, dentre outros) (GIRACCA et al., 2003).

Para determinação quantitativa da macrofauna e mesofauna foram considerados os organismos que passam uma parte de sua vida ou toda a vida no solo, por meio da abundância de espécies e riqueza dos grupos. Também foram determinados os Índices de diversidade de Shannon e Pielou (ODUM, 1983; BEGON, 1996). O Índice de Diversidade de Shannon (H) foi calculado através da equação: $H = -\sum p_i \times \log p_i$, em que: $p_i = n_i/N$; n_i = densidade de cada grupo e N = somatório da densidade de todos os grupos. E o Índice de Equabilidade de Pielou (e) foi calculado pela equação: $e = H/\log S$, em que: H = índice de diversidade Shannon e S = Número de espécies ou grupos.

Para estimativa do acúmulo de serapilheira nas áreas, foram realizadas coletas do material depositado na superfície do solo com o auxílio de uma moldura de ferro com dimensões de 0,5 x 0,5 m, perfazendo uma área de 0,25 m², próximo aos 10 pontos de coletas. Todo o material coletado foi acondicionado em sacos de plástico previamente identificados e em seguida encaminhado ao laboratório para secagem em estufa com circulação forçada de ar (± 65 °C), por 72 horas, até atingirem peso constante, sendo quantificada a biomassa seca. A partir destes dados, foi estimada a produção de serapilheira em kg.ha⁻¹ (SOUZA, 2014).

Os dados obtidos na pesquisa foram submetidos a análise estatística, utilizando-se o teste t de Student, com intuito de verificar semelhanças entre os ambientes em relação a todas as variáveis estudadas. Também foi feita análise de agrupamento utilizando-se a distância euclidiana média como uma medida de dissimilaridade e foi aplicado o método de otimização de Tocher. Para execução dos procedimentos estatísticos, utilizou-se o programa GENES (CRUZ, 2013; CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos atributos químicos do solo nas áreas de Floresta Atlântica e bambuzal, estão apresentados na Tabela I. Observa-se nos ambientes que o pH do solo apresentou diferença, com maior valor na área de bambuzal, porém com valores bem próximos do ambiente de Floresta Atlântica (Tabela I). Teores de fósforo e magnésio foram maiores na área de Floresta Atlântica, com diferença quando comparada a área de bambuzal, com valores de fósforo considerados médio ($10\text{-}20\text{ mg dm}^{-3}$) e alto ($>1\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) para magnésio (SOBRAL et al., 2015).

Tabela 1: Valores médios dos indicadores químicos e ecológicos de qualidade do solo nos ambientes Floresta Atlântica e Bambuzal no PMM.

Indicadores/Ambientes	Floresta Atlântica	Bambuzal
	<i>Indicadores Químicos</i>	
pH	4,18 ± 0,49b	4,77 ± 0,33a
P (mg dm ⁻³)	13,50 ± 7,09a	5,60 ± 0,97b
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,31 ± 0,83a	2,72 ± 0,77a
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,41 ± 0,36a	0,90 ± 0,32b
K (mg dm ⁻³)	0,12 ± 0,05a	0,10 ± 0,02a
Al (cmol _c dm ⁻³)	10,28 ± 29,42a	0,45 ± 0,51a
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	8,97 ± 4,76a	6,35 ± 2,10a
SB	3,96 ± 1,03a	3,83 ± 0,86a
CTC (cmol _c dm ⁻³)	4,95 ± 1,21a	4,28 ± 0,58a
V (%)	33,94 ± 12,62a	38,89 ± 11,64a
MO (g kg ⁻¹)	44,84 ± 24,02a	56,64 ± 9,23a
COT	10,63 ± 4,84b	21,29 ± 6,43a
	<i>Indicadores Ecológicos</i>	
Macrofauna (comprimento ≥ 2 mm)	45,40 ± 18,85a	48,50 ± 33,19a
Mesofauna (comprimento 0,2-2 mm)	4,90 ± 4,35b	11,50 ± 4,65a
Acúmulo de Serapilheira (kg.ha ⁻¹)	5.053,17 ± 1013,23a	4.033,30 ± 975,77a

pH: potencial hidrogeniônico, P: Fósforo, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, K: Potássio, Al: Alumínio, H: hidrogênio, SB: Soma das Bases, CTC: Capacidade de Troca de Cátions, V: Ind. de Sat. de Bases, M.O.: Matéria Orgânica, COT: carbono orgânico total. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

O aumento na disponibilidade desses nutrientes está diretamente ligado ao acúmulo de serapilheira na área e consequentemente maior decomposição com disponibilidade desses elementos. Como observado por Pavinato et al. (2008) em estudo sobre a ciclagem de nutrientes, averiguando aumento no teor de fósforo com adição de serapilheira e decomposição do material.

Para os demais nutrientes Ca²⁺, K⁺, Al³⁺, H+Al, soma de bases, CTC, saturação de bases e matéria orgânica, não houve diferença entre os ambientes (Floresta Atlântica e Bambuzal). Entretanto, Lima (2016) menciona que o Bambu não é uma planta exigente em fertilidade do solo como outras plantas conforme estudo sobre o manejo da adubação no bambu quando verificou ausência de resposta em relação às doses de nutrientes de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) oferecidas as touceiras (LIMA, 2016).

Quanto ao acúmulo de serapilheira na superfície do solo não foi observada diferença entre as áreas (Tabela I), embora tenha se constatado variabilidade dos aportes de serapilheira em alguns pontos, com

camadas mais espessas na área de bambuzal. Devido ao seu rápido crescimento Christanty et al. (1996) mencionam que as espécies de bambus possuem produção de biomassa e serapilheira, em geral, muito superior à das espécies florestais, fato este não averiguado no presente estudo.

Ao analisar os teores de matéria orgânica do solo (Tabela I), não se observou diferença entre as áreas (Floresta Atlântica e Bambuzal), porém, verificou-se que seus teores nas áreas são considerados elevados com valores $> 3,0 \text{ g kg}^{-1}$ (SOBRAL et al., 2015). Já quanto aos teores de carbono orgânico total, maiores valores foram verificados na área de bambuzal. Esse fato possivelmente está correlacionado à ausência de não revolvimento da camada superficial do solo, o que resulta em maior aporte de serapilheira e presença de raízes, propiciando o aumento dos estoques de carbono orgânico, similar as condições encontradas na área de Floresta Atlântica. Freitas et al. (2015) observaram resultados semelhante em sistemas agroflorestais na camada de 0-5 cm de profundidade, com maiores teores de matéria orgânica, o que resultou em estoque de carbono mais elevado no solo.

Estudos com gramíneas demonstram a sua eficiência na manutenção do carbono orgânico do solo, com aumento nos teores de C em relação à condição natural de cobertura, em decorrência da elevada geração de resíduos e intensa ciclagem de raízes nesses sistemas (MORAES et al., 2002; D'ANDRÉA et al., 2004). Já Pôrto et al. (2009) observaram resultados similares nos teores de carbono do solo nas áreas de pastagem, cana-de-açúcar e mata nativa.

Devido a encontrar um ambiente com condições favoráveis nutricionalmente, ser de fácil adaptabilidade e possuir rápido crescimento, o bambu no PMM tem, ao longo dos anos, expandido sua área, com domínio do espaço de ocupação sobre a diversidade biológica nativa. Em estudo realizado neste ambiente, Silva et al. (2011) afirmam que o bambu cresce verticalmente em média 0,17 m/dia e que, ao atingir 14 m, sua sombra impede a realização da fotossíntese, vindo a afetar o crescimento da vegetação mais baixa.

Ao analisar os organismos do solo (macrofauna e mesofauna) nas áreas de Floresta Atlântica e Bambuzal pode-se observar diferença entre as áreas apenas para os organismos da mesofauna do solo, com maior número de indivíduos registrados na área de bambuzal (115 ind.) (Tabela I). No entanto, a riqueza dos organismos da macrofauna na área de Floresta Atlântica é maior (13 grupos) em comparação ao Bambuzal (11 grupos) (Figura 1A e 1B).

A macrofauna edáfica, cujo critério de inclusão é o comprimento $\geq 2 \text{ mm}$, na área de Floresta Atlântica apresentou maior riqueza de grupos faunísticos (13 grupos), destacando-se: Diptera, Hymenoptera (representado principalmente por Formicidae) e Coleoptera, que corresponderam a 81,9% do total de organismos na área de Floresta Atlântica e 81,2% no Bambuzal (Figura 1A e Figura 1C).

Esses organismos da macrofauna são importantes para a manutenção dos ecossistemas, por facilitar os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, por meio da trituração de detritos e dispersão de propágulos microbianos (BENAZZI et al., 2013). Além de desempenharem funções no controle de população, a exemplo dos Hymenópteros (formigas) que são predadores e dispersores de sementes (ALMEIDA et al., 2015).

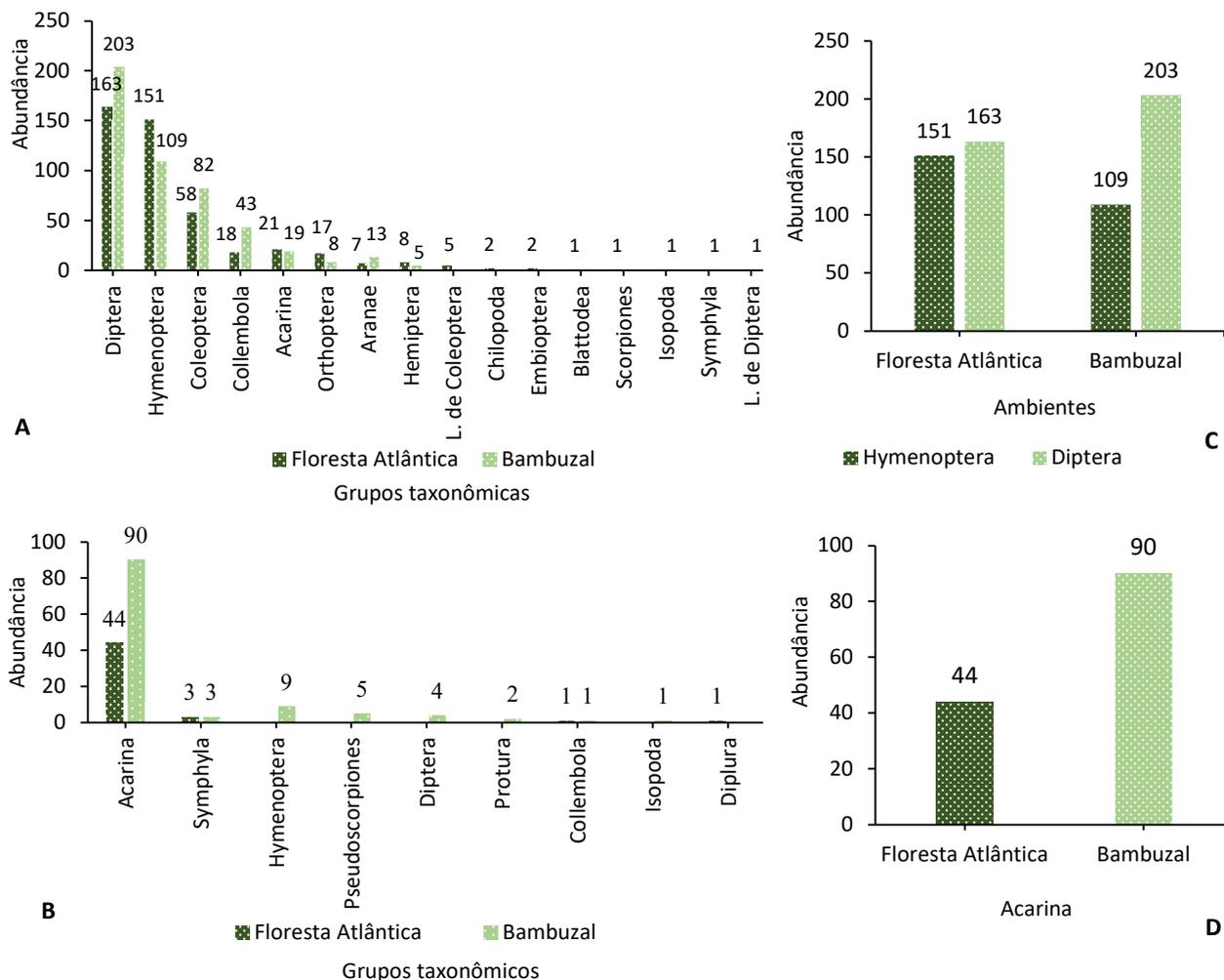


Figura 1: Grupo taxonômico da macrofauna (A) e mesofauna (B) e grupos de maior abundância de organismos da macrofauna (C) e mesofauna (D) em área de Floresta Atlântica e Bambuzal no PMM.

Para a mesofauna, cujo critério de inclusão é o comprimento entre 0,2-2 mm, o grupo com maior destaque foi Acarina independentemente das áreas. Observou-se maior abundância de indivíduos na área de Bambuzal (Figura 1D) provavelmente, decorrente dos teores maiores de carbono orgânico, além da quantidade expressiva de MO, nessa área. Corroborando com o estudo realizado em área de Floresta Atlântica em regeneração por Patucci et al. (2019).

Esses organismos da mesofauna do solo, de acordo com Carvalho et al. (2017), e Berude et al. (2015) são primordiais para qualidade dos solos, uma vez que promovem a melhoria da fertilidade do solo, e contribuem para atividade microbiana e combate às pragas, com maior participação de acáros e colêmbolos (Figura 1B e Figura 1D).

A abundância de organismos da macrofauna foi maior na área de Bambuzal com 485 organismos, enquanto na Floresta Atlântica 454 organismos. A mesofauna apresentou o mesmo padrão, sendo a maior abundância verificada na área de Bambuzal com 115 organismos e na Floresta Atlântica, apenas 49. Dentre estes, Acarina se destacou nas duas áreas com 89,8% e 78,3%, Floresta Atlântica e Bambuzal, respectivamente.

Os menores índices de Shannon e Pielou (Figura 2A) confirmam a dominância dos grupos da macrofauna (Díptera e Hymenoptera) (Figura 2B) e na mesofauna (Acarina) nas duas áreas de estudo (Figura

2C e Figura 2D).

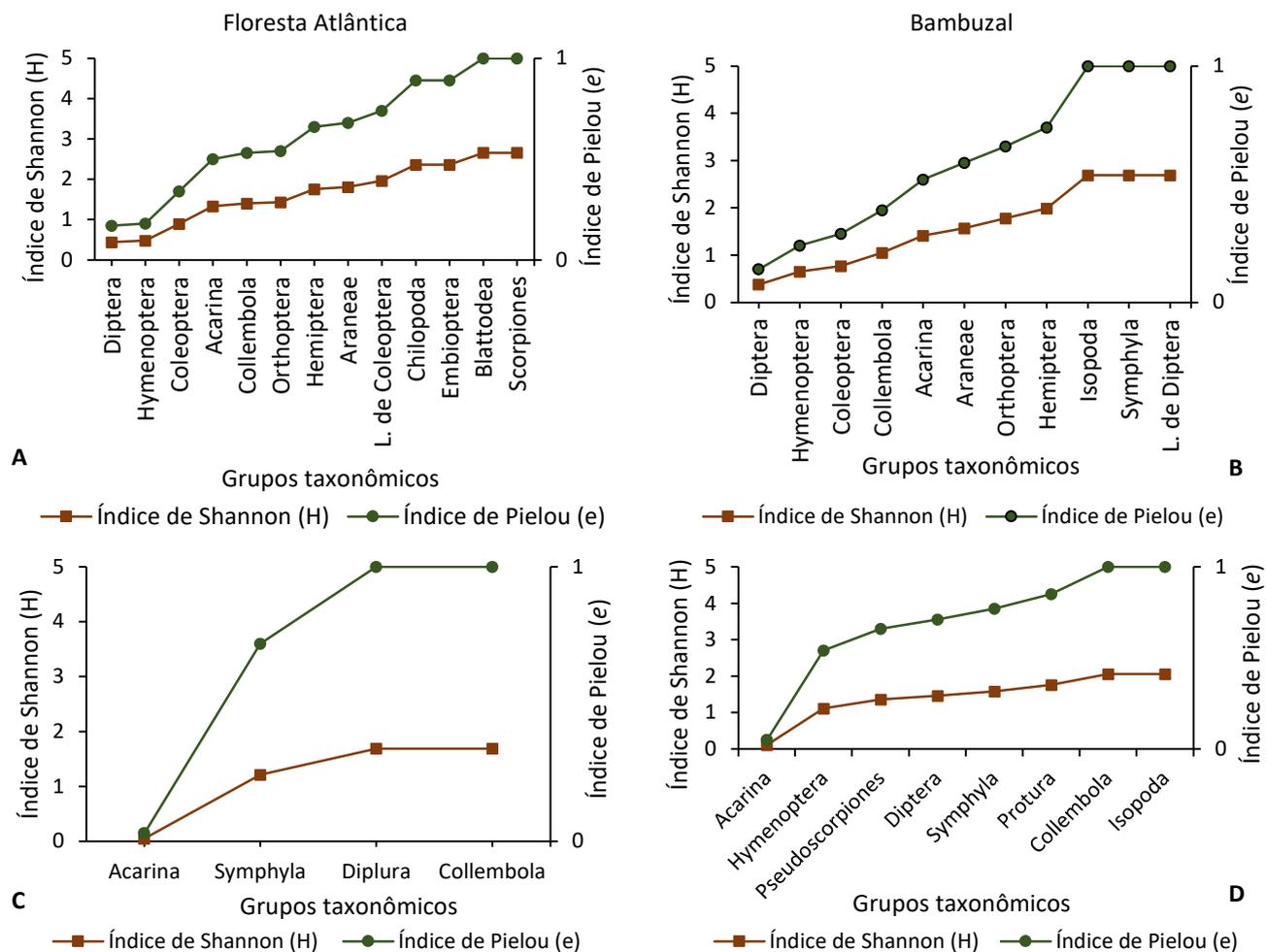


Figura 2: Índice de Diversidade de Shannon (H) e Índice de Uniformidade de Pielou (e) para os organismos da macrofauna do solo em ambiente de Floresta Atlântica (A) e Bambuzal (B) e mesofauna do solo em ambiente de Floresta Atlântica (C) e Bambuzal (D) no PMM.

Na Tabela 2, encontram-se os agrupamentos formados pelos atributos de qualidade do solo. Consta-se que foram formados seis grupos distintos entre eles. O primeiro grupo foi formado por praticamente todos os pontos da área de Bambuzal (ambiente 2), com exceção do ponto 20 que formou um grupo distinto. Os demais grupos foram formados pelos pontos da área de Floresta Atlântica (ambiente 1). O segundo grupo foi formado pelos pontos 1, 3, 5, 6 e 10, o terceiro pelos pontos 2, 8, 9 e o quarto, quinto e sexto grupos foram formados por apenas um ponto dos ambientes (Tabela 2).

Esses resultados evidenciam uma homogeneidade dos pontos pertencentes ao ambiente caracterizado pela presença do Bambu já que com exceção do ponto 20, todos os outros nove pontos foram agrupados em um único grupo. Por outro lado, os pontos pertencentes ao ambiente caracterizado por Floresta Atlântica formaram quatro grupos distintos. Essa variabilidade entre os pontos do ambiente da Floresta Atlântica deve-se ao fato da grande diversidade de plantas que proporciona montantes distintos dos atributos químicos e biológicos do solo.

Na Tabela 3, encontra-se a contribuição das variáveis em relação à discriminação entre os grupos formados. Verifica-se que as variáveis que mais contribuíram para a diferenciação dos grupos foram a serapilheira, Mg, SB, Al, Macrofauna e P que, juntas, contribuíram com 61% para distinguir um grupo do

outro. Individualmente, pode-se observar que a serapilheira foi a variável que mais contribuiu na diferenciação entre os grupos.

Tabela 2: Agrupamentos entre os vinte pontos de coletas de dois ambientes distintos, obtidos pelo método de Tocher, com base na distância Euclidiana média padronizada, considerando as variáveis relacionadas à qualidade do solo.

Grupos	Parcelas									
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	(Todas do ambiente 2)
2	1	3	5	6	10	(Todas do ambiente 1)				
3	2	8	9	(Ambiente 1)						
4	4	(Ambiente 1)								
5	7	(Ambiente 1)								
6	20	(Ambiente 2)								

Tabela 3: Contribuição dos indicadores químicos e ecológicos na dissimilaridade nas áreas estudadas.

Variável	Contribuição (%)
Macrofauna	7,89
Mesofauna	4,74
Serapilheira	18,40
pH	0,00
P	7,37
Ca	1,58
Mg	10,50
K	6,84
Al	8,42
H + Al	6,32
SB	8,42
CTC	2,63
V	7,37
MO	3,68
COT	4,21

pH: potencial hidrogeniônico, P: Fósforo, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, K: Potássio, Al: Alumínio, H: hidrogênio, S: Soma das Bases, CTC: Capacidade de Troca de Cátions, V: Índice de Saturação de Bases, MO: Matéria Orgânica, COT: carbono orgânico total.

CONCLUSÕES

Os atributos químicos (Mg, SB, Al e P) e ecológicos (acúmulo de serapilheira e macrofauna edáfica) podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo; A Floresta Atlântica apresenta maior riqueza de organismos da macrofauna em comparação ao bambuzal.

O bambu se adaptou bem às condições do solo do Parque Municipal de Maceió (PMM), refletindo nos altos teores de carbono orgânico total e maior abundância de organismos da mesofauna, o que demanda monitoramento, uma vez que o ambiente é favorável para sua permanência, estabilidade e expansão, podendo prejudicar a vegetação nativa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. S.. **Metodologias para análise da qualidade biológica do solo**. Monografia (Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2021.

ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; ANDRADE, A. P.. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v.11, n.2, p.393-407, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: [http://doi.org/10.1127/0941-](http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)

[2948/2013/0507](http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V.. Biodiversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L.. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p.143-170.

ARAÚJO, T. L.; PACE, F. T. D.. Determinação da temperatura instantânea da superfície terrestre da cidade de Maceió-AL, com base em imagens TM - Landsat 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007.

ARAÚJO, K. D.. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientes de São João do Cariri - PB.**

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

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

BENAZZI, E. S.; BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. F.; LIMA, E.; ZONTA, E.. Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.3425-3442, 2013.

BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A.. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22, p.14-28, 2015.

BEZERRA, J. M.; LIMA, R. W. S.; LIMA, M. B. V. S.; SANTOS, É. M. C.; ARAUJO, K. D.. Fauna invertebrada do solo em fragmento florestal urbano em Maceió, Alagoas. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v.1, n.44, p.194-214, 2022.

BORROR, D. J.; DELONG, D. M.. **Introdução ao estudo dos Insetos.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1988.

CARVALHO, J. S.; LIMA, A. C. R.; HENRIQUEZ, J. M. O.; STÖCKER, C. M.; DEL PINO, B. S.; RIBEIRO, T. R.; MORSELLI, T. B. G. A.. Avaliação da fauna edáfica sob cultivo de pessegueiro agroecológico, convencional e vegetação nativa. In: JORNADA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA-CONGREGA URCAMP, 14, 2017. **Anais**. Bagé: URCAMP, 2017.

CHRISTANTY, L.; MAILLY, D.; KIMMINS, J. P.. Without bamboo, the land dies: biomass, litterfall, and soil organic matter dynamics of a Javanese bamboo talon-kebum system. **Forest Ecology and Management**, v.87, p.75-88, 1996. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03834-0](http://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03834-0)

CRUZ, C. D.. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.35, n.3, p.271-276, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

CRUZ, C. D.. Genes Software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.38, n.4, p.547-552, 2016. DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; GUILHERME, L. R. G.. Estoques de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000200012>

DERENGOSKI, J.; RUTHES, B. E. S.; ZANELATO, D. C.; TESSARO, D.. Metodologias de coleta na avaliação da comunidade edáfica em um fragmento de floresta ciliar. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.21, n.2, p.62-76, 2019.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017.

FORNAZIER, R.; GATIBONI, L.; WILDNER, L. D. P.; BIANZI, D.; TODERO, C.. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da fitomassa de *Crotalaria juncea* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. **Anais**. Gramado: SBCS, 2007.

FREITAS, I. C.; SANTOS, F. C. V.; CUSTÓDIO FILHO, R. O.; CORRECHEL, V.. Carbono no solo, acúmulo e qualidade da serapilheira em sistemas de produção familiar. **Revista Floresta**, Curitiba, v.46, n.1, p.31-38, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V46I1.42065>

GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z. I.; ELTZ, F. L. F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S. F.; VENTURINI, E. F.; BENEDETTI, T.. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia de Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.3, p.257-261, 2003.

HOLZ, C. A.; VELEN, T. T.. Tree regeneration responses to *Chusquea montana* bamboo die-off in a subalpine Nothofagus forest in the southern Andes. **Journal of Vegetation Science**, Malden, v.17, n.1, p.19-28, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2006.tb02419.x>

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2016-2017 (Relatório Técnico).** São Paulo: INPE, 2018.

LIMA, R. W. S. de; SILVA, C. A. R. da; DIAS, D. dos S.; SANTOS, É. M. da C.; GOMES, D. L.; ARAUJO, K. D.. Macrofauna do solo no Parque Municipal de Maceió, Alagoas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.22, n.81, p.292-307, 2021. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG228155261>

LIMA, S. G.. **Manejo da adubação do bambu *Dendrocalamus giganteus* Wallich ex Munro em área experimental.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.

LU, X.; HE, M.; DING, J. SIEMANN, E.. Latitudinal variation in soil biota: testing the biotic interaction hypothesis with an invasive plant and native congener. **The ISME Journal**, Montreal, v.12, p.2811-2822, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41396-018-0219-5>

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica.** Brasília: MMA, 2022.

MORAES, J. F. L.; NEILL, C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; MELILLO, J.; LIMA, V. C.; STEUDLER, P. A.. Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pasture in the Western Brazilian Amazon Basin. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1369-1376, 2002.

MUYLAERT, R. L.; VANCINE, M. H.; BERNARDO, R.; OSHIMA, J. E. F.; SOBRAL-SOUZA, T.; TONETTI, V. R.; NIEBUHR, B. B.; RIBEIRO, M. C.. Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.22, n.3, p.302-311, 2018. DOI: <http://doi.org/10.4257/oeco.2018.2203.09>

ODUM, E. P.. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.

OLIVEIRA, C. M.; SILVA, J. D.; ROZENDO, J. M. A.; SANTOS, J.

F.; BARBOSA, J. P. F.; LOPES, E. A. P.. Levantamento da mesofauna do solo em área de preservação permanente da Vila Bananeiras, Arapiraca/AL. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v.5, n.2, p.824-832, 2020. DOI: <http://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i2-875>

PATUCCI, N. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SILVA, C. B.; OLIVEIRA, D.; BARETTA, D.; BRESCOVIT, A. D.. Bioindicadores Edáficos de Fragmentos Florestais Urbanos da Cidade de São Paulo, SP. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.36, n.1, p.77-90, 2018. DOI: <http://doi.org/10.11606/rdg.v36i0.149144>

PATUCCI, N. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. Y.; SILVA, C. B.; OLIVEIRA, D.; BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; BRESCOVIT, A. D.. Monitoramento de espécies e morfo-espécies em solos superficiais de Mata Atlântica em regeneração. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.20, n.71 p.281-295. 2019. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG207145569>

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A.. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.911-920, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A.. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, Victoria, v.11, n.5, p.1666-1644, 2007.

PINHEIRO, S. M.; KREWER, D. A.; SCHIEDECK, G.. Metodologias para avaliação de bioindicadores de qualidade de solos em agrossistemas. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 22. **Anais**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2020.

POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B.; BIASI, J. P.; SIQUEIRA, S.; ROSA, M. G.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D.. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina - Brasil. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v.17, n.1, p.42-51, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i1.46535>

PÔRTO, M. L.; ALVES, J. C.; DINIZ, A. A.; SOUZA, A. P.; SANTOS, D.. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1011-1017, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000400010>

RIEFF, G. G.. **Dinâmica dos ácaros e colêmbolos edáficos e**

seu potencial como bioindicadores da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B.. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v.3, n.2, p.32-49, 2013. DOI: <http://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.351>

SARTORELLI, P. A. R.; BENEDITO, A. L. D.; CAMPOS FILHO, E. M.; SAMPAIO, A. B.; GOUVÊA, A. P. M. L.. **Guia de plantas não desejáveis na restauração florestal**. São Paulo: Agroicone, 2018.

SILVA, I. F.; PEREIRA, D. S.; SILVA, S. R. F.. Estudos morfológicos do Bambu (*Bambusa cf. vulgaris* L.): uma espécie invasora em área de Mata Atlântica no Parque Municipal de Maceió-Alagoas. **Revista Semente**, Maceió, v.6, n.6, p.99-109, 2011.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. D. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L.. **Guia Prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015.

SOUZA, M. A.. **Dinâmica da serapilheira e fauna edáfica em áreas de murici (*Byrsonima gardneriana* A. Juss) no Semiárido de Alagoas, Brasil**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

STEHMANN, J. R.; FORZZA, R. C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D. P.; KAMINO, L. H. Y.. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.

STORER, T. I.; USINGER, R. L.; STEBBINS, R. C.; NYBAKKEN, J. W.. **Zoologia Geral**. São Paulo: Nacional, 1986.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.. **Decomposition in terrestrial ecosystems: studies in ecology**. v.5. Oxford: Blackwell Scientific, 1979.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F.. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

ZILLER, S. R.; GALVÃO, F.. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. **Floresta**, Curitiba, v.32, n.1, p.41-47, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v32i1.2348>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC - Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157883568150544385/>