



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA – PPGA
CURSO DE DOUTORADO EM AGROECOLOGIA

ODENILSON DE DEUS RIBEIRO LIMA

**ATIVIDADE BIOLÓGICA ASSOCIADA À LEGUMINOSA NATIVA
SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) E À PALMEIRA RUDERAL
BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) NO MARANHÃO CENTRAL**

SÃO LUÍS – MA

2023

ODENILSON DE DEUS RIBEIRO LIMA

**ATIVIDADE BIOLÓGICA ASSOCIADA À LEGUMINOSA NATIVA
SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) E À PALMEIRA RUDERAL
BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) NO MARANHÃO CENTRAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Doutor em Agroecologia.

Orientador (a): Prof. Dr. Christoph Gehring

São Luís – MA

2023

Lima, Odenilson de Deus Ribeiro.

Atividade biológica associada à leguminosa nativa sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) e à palmeira ruderal babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) no Maranhão central / Odenilson de Deus Ribeiro Lima. – São Luís, 2023.

... 77 f

Tese (Doutorado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Christoph Gehring.

1.Fungos. 2.Infestação. 3.Invertebrados. 4.Serrapilheira. 5. Decompositores. I.Título.

CDU: 631.95(812.1)

ODENILSON DE DEUS RIBEIRO LIMA

**ATIVIDADE BIOLÓGICA ASSOCIADA À LEGUMINOSA NATIVA
SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) E À PALMEIRA RUDERAL
BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) NO MARANHÃO CENTRAL**

Aprovada em: 10/10/2023

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Christoph Gehring (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Documento assinado digitalmente

gov.br

FRANCISCA HELENA MUNIZ
Data: 26/03/2024 09:45:31-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

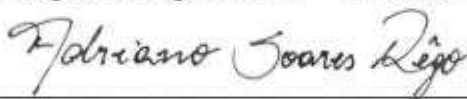
Prof.^a Dra. Francisca Helena Muniz
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Documento assinado digitalmente

gov.br

LETICIA MOURA RAMOS
Data: 25/03/2024 20:01:31-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Letícia Moura Ramos
Programa Água Doce – PAD/MA



Prof. Dr. Adriano Soares Rêgo
Programa de Pós-graduação em Agroecologia (PPGA) – UEMA

Documento assinado digitalmente

gov.br

RAYCENNE ROSA LEITE
Data: 26/03/2024 16:13:18-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Raycenne Rosa Leite
Universidade de Brasília – UNB

São Luís – MA

2023

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Christoph Gehring, ao corpo docente da Pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, em especial à professora Prof^a. Dr^a. Francisca Helena Muniz e ao Prof. Dr. Heder Braun por todo o apoio e direcionamento.

Aos colegas de curso, em especial à Dayane Froz e Eduarda Carvalho, pela parceria nos trabalhos e pelo companheirismo.

À toda equipe de trabalho do Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia – LANAB, em especial à professora Dr^a. Diana Valadares Pessoa, pelas orientações e o acompanhamento.

Aos técnicos e profissionais vinculados a EMA (ONG Educação e Meio Ambiente), pelo apoio logístico, suporte técnico e orientações.

Ao meu amigo e parceiro de trabalho, José Willame, pelas várias madrugadas em claro diante de um computador.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudos e a todos os funcionários da Universidade Estadual do Maranhão pela gentileza e dedicação na prestação de serviços essenciais.

Finalizo agradecendo à Deus e minha família por manterem minha fé e motivação durante essa jornada!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

Figura 1 – Consumo alimentar da massa nutritiva em *bait-lamina* de acordo com o tempo de permanência em solo dos municípios de Pirapemas e Matões do Norte, MA. 41

Figura 2 – Infestação fúngica em *bait-lamina* de acordo com o tempo de permanência em solo dos municípios de Pirapemas e Matões do Norte, MA. 41

Figura 3 – Tipo de substrato consumido em *bait-lamina*. Substrato 1 (Padrão); Substrato 2 (Folíolo Verde de Babaçu); Substrato 3 (Folíolo Amarelo de Babaçu); Substrato 4 (Folíolo Verde de Sabiá); Substrato 5 (Folíolo Amarelo de Sabiá) em solo dos municípios de Pirapemas e Matões do Norte, MA..... 42

CAPÍTULO III

Figura 1 – Teor de nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo entre babaçal e sabiazal.....61

Figura 2 – Carbono da Biomassa Microbiana do Solo entre babaçal e sabiazal.....61

Figura 3 – Respiração Basal do Solo entre babaçal e sabiazal..... 62

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 O confronto competitivo entre babaçu e sabiá	14
2.2 O ensaio <i>Bait-lamina</i>	16
2.3 Biomassa Microbiana do Solo e Respiração Basal	18
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO II	32
1 INTRODUÇÃO	36
2 MATERIAL E MÉTODOS	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO III	51
1 INTRODUÇÃO	55
2 MATERIAL E MÉTODOS	56
2.1 ESQUEMA EXPERIMENTAL	56
2.2 PREPARO DAS AMOSTRAS	57
2.3 PROCEDIMENTO LABORATORIAL	57
2.3.1 Determinação do Nitrogênio da Biomassa Microbiana	57
Preparo de Soluções:	57
2.3.2 Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana	59
Preparo de Soluções:	59
2.3.3 Determinação da Respiração Basal do Solo	60
2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	64
ANEXO	67
ANEXO A – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA EM AGRONEGÓCIO E MEIO AMBIENTE – RAMA	68

RESUMO

Este estudo quantifica o consumo de cinco substratos por meio do *bait-lamina* teste em quatro pares de vegetação secundária dominada por duas espécies contrastantes, a palmeira babaçu e o sabiá, e determinar os teores de nitrogênio e carbono da biomassa microbiana do solo (BMS), bem como a respiração basal do solo (RBS) em áreas monoespecíficas dessas vegetações na região Centro-Norte do Maranhão. O primeiro experimento envolveu 72 placas de madeira, cada uma contendo três réplicas de cinco materiais diferentes em três profundidades (1 cm, 5 cm e 10 cm). Os cinco substratos utilizados foram: (1) mistura padrão de celulose em pó (70%), amido de trigo (27%) e carvão vegetal (3%); (2) folíolo verde de babaçu; (3) folíolo amarelo do babaçu; (4) folíolo verde de sabiá; (5) folíolo amarelo de sabiá. Após três períodos de permanência (1, 3 e 5 semanas), as placas foram retiradas e analisados os 36 orifícios por placa, resultando num total de 2.592 orifícios. A análise incluiu o estado de decomposição e o grau de infestação fúngica. Dos 2.592 orifícios, 1,2% não puderam ser classificados e 3,85% apresentaram infestação por fungos e foram excluídos das análises. Este experimento revelou a presença dos fungos *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* spp. e *Aspergillus flavus*, além de ácaros oribatídeos e da subordem Acaridida. Foram vistoriados todos os orifícios e quantificado o consumo alimentar da massa nutritiva utilizando-se três categorias: (1) não consumida, (2) parcialmente consumida e (3) totalmente consumida. Na primeira e terceira semana o consumo nos orifícios permaneceu na categoria 1. Porém, na quinta semana foi observado consumo na categoria 3, também foi observada infestação por fungos na categoria 3. O substrato padrão foi o mais consumido, categoria 3. Entre os substratos compostos por folíolos verdes de babaçu, folíolos verdes e amarelos de sabiá, não houve diferenças no consumo, estando os três substratos na categoria 2. O folíolo amarelo de babaçu foi o menos consumido e permaneceu na categoria 1. No segundo experimento a amostragem foi realizada em quatro pares de áreas de vegetação secundária e capoeira espontânea, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm e retiradas de 24 pontos amostrais e analisados em aproximadamente 7 semanas após as coletas. A determinação do nitrogênio e do carbono da biomassa microbiana foi realizada através dos processos de digestão, destilação e titulação das amostras. A Respiração Basal foi determinada pela incubação e titulação. Os teores de N da Biomassa Microbiana do Solo diferiram entre as vegetações, sendo superiores no sabiazal, com relação aos valores de carbono, não houve diferença entre babaçual e sabiazal. O CO₂ liberado na respiração também apresentou valores maiores nas áreas de sabiazal. O *bait-lamina* teste não forneceu evidências suficientes para comprovar a teoria da *Home Field Advantage* sob

condições de chuvas intensas e em um curto período de tempo, ainda se conclui que as áreas de sabiazal apresentam uma dinâmica de decomposição de resíduos orgânicos mais intensa, fornecendo as condições ideais para a formação de substrato para a microbiota do solo e liberação de CO₂.

Palavras-chave: Fungos, Infestação, Invertebrados, Serrapilheira, Decompositores.

ABSTRACT

This study quantifies the consumption of five substrates through the bait-lamina test in four pairs of secondary vegetation dominated by two contrasting species, the babassu palm and the sabiá, and analyzes the different aspects in relation to microbial biomass in four pairs of monospecific areas of these vegetation in the central-north region of Maranhão. The first experiment involved 72 wooden plates, each of which contained three replicas of five different materials at three depths (1 cm, 5 cm and 10 cm). The five substrates used were: (1) a standard mixture of powdered cellulose (70%), wheat starch (27%) and charcoal (3%); (2) green babassu leaflet; (3) yellow babassu leaflet; (4) green sabiá leaflet; (5) yellow sabiá leaflet. After three periods of permanence in the field (1, 3 and 5 weeks) the plates were removed and the 36 holes per plate were analyzed, resulting in a total of 2,592 test holes. The analysis included the state of decomposition (without visible decomposition, partial decomposition, complete decomposition) and the degree of fungal infestation (no visible infestation, partial infestation, complete infestation). Out of the 2592 test holes, 1.2% could not be classify and 3.85% showed fungal infestation and were, excluded from the analyzes. The experiment revealed the presence of fungi *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* spp., and *Aspergillus flavus*, as well as oribatid mites and the suborder Acaridida. All orifices were inspected and food consumption of the nutritional mass was quantified using three categories: (1) not consumed, (2) partially consumed and (3) completely consumed. In the first and third week, consumption in the orifices remained in category 1, however, in the fifth week consumption in category 3 was observed, and infestation in category 3 was also observed. The standard substrate was the most consumed, indicated by the median in category 3. Among the substrates composed of green babassu leaflets, green and yellow sabiá leaflets, there were no differences in consumption, the three substrates being in category 2. The yellow babassu leaflet was the least consumed and remained in category 1. In the second experiment, sampling was carried out in four pairs of areas of secondary vegetation and spontaneous capoeira, soil samples were collected at depths of 0-10 cm and removed from 24 sampling points and analyzed approximately 7 weeks after collection. The determination of nitrogen and carbon in microbial biomass was carried out through the processes of digestion, distillation and sample titration. Basal Respiration was determined by incubation and titration. The N contents of the Soil Microbial Biomass differed between the vegetation, being higher in the sabiá, in relation to the carbon values, there was no difference between babassu and sabiá. The CO₂ released in breathing also presented higher values in the sabiá. The bait-lamina test did not provide sufficient evidence to prove the Home Field Advantage theory under conditions

of intense rainfall and in a short period of time, it is still concluded that the sabiá areas present a more dynamic decomposition of organic residues intense, providing ideal conditions for the formation of substrate for the soil microbiota and release of CO₂.

Keywords: Fungi, Infestation, Invertebrates, Litter, Decomposers.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL DA PESQUISA E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

A interação entre plantas e o meio pode ocorrer de diferentes formas: concorrência intra e interespecífica com a vegetação do entorno por luz, água e nutrientes do solo (WILSON, 2011; NAKAZAWA, 2020), pela deposição de matéria orgânica e nutrientes na serrapilheira (GE et al., 2013; JOLY et al., 2015) e na exsudação radicular (ZWETSLOOT et al., 2020) advinda de bactérias, fungos (REN et al., 2020; DOVE et al., 2021) e pela macro e mesofauna decompositora associada (FROUZ, 2018; GUIDETTI ZAGATTO et al., 2019).

Espécies de plantas diferem entre si na partição do crescimento aéreo e radicular (LIAO et al., 2021), nos seus investimentos em defesa via barreiras físicas e substâncias fitotóxicas (ZAYNAB et al., 2018), nas estratégias por aquisição e uso eficiente de nutrientes (BALIGAR et al., 2001), nos investimentos relativos em raízes finas ou nos seus parceiros microbióticos associados (ANDRINO et al., 2021). Espécies exóticas (NI et al., 2020; LAGINHAS; BRADLEY, 2021) e também nativas superdominantes (PIVELLO et al., 2018) devem seu sucesso excessivo tanto pela boa adaptação ambiental e resiliência contra perturbações antrópicas (especialmente o fogo) (SILVÉRIO et al., 2018; MCLAUCHAM et al., 2020), como também por ‘*feedbacks* positivos planta-solo’ (ALDORFOVÁ et al., 2020; GUNDALE; KARDOL, 2021).

O aporte de matéria orgânica e a devolução de nutrientes em ecossistemas florestais constituem a via mais importante do ciclo biogeoquímico de nutrientes (fluxo no sistema solo-planta-solo). Esse ciclo permite que as plantas possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese, reciclando os nutrientes, que tem papel de grande relevância em solos altamente intemperizados onde a biomassa vegetal passa a funcionar como principal reservatório de nutrientes. Os fatores mais importantes que afetam a quantidade de serrapilheira produzida estão relacionados com os aspectos ambientais, com destaque para características edafoclimáticas e as características das espécies, tais como tempo de decomposição e relação C/N (VILLA et al., 2016).

Para que a ciclagem de nutrientes ocorra é necessária, entretanto, a decomposição do material vegetativo depositado sobre o solo. Maiores taxas de decomposição favorecem a liberação mais rápida de nutrientes e o seu melhor reaproveitamento por parte da vegetação do sistema. A taxa de decomposição da serrapilheira é influenciada por vários fatores, sendo a relação C/N do material que a compõe o índice mais usado, indicando a velocidade de decomposição e a disponibilidade de nutrientes no solo (FREITAS et al., 2013).

As práticas relacionadas à agricultura tradicional interferem diretamente nesses fatores, alterando e diminuindo esses processos. Várias hipóteses tem sido propostas para explicar como as interações entre matéria orgânica do solo, serrapilheira e a fauna decompositora influenciam a decomposição em ecossistemas terrestres, sendo uma delas a hipótese da *Home Field Advantage* (HFA), a qual afirma que, quanto mais especializados sejam os organismos e microrganismos decompositores, maior a taxa de decomposição da matéria orgânica ou de resíduos vegetais no local onde detritos da espécie ocorrem comumente, quando comparado a locais onde estes são ausentes (FANIN et al., 2021).

A técnica *bait-lamina* é considerada um método integrativo, uma vez que pode ser utilizado para medir a atividade de invertebrados do solo a diferentes profundidades, e em condições naturais. Tem como principal objetivo avaliar a decomposição da matéria orgânica, aplicando-se o método essencialmente na camada de húmus e na camada mineral superior do solo, dependendo da espessura destas camadas (KRATZ, 1998; ROZEN, 2010; WENTSEL et al., 2003).

Experimentalmente, o ensaio de *bait-lamina* caracteriza-se por ser simples e de fácil execução. Este ensaio quantifica a capacidade de decomposição de um substrato padrão, composto por uma mistura homogênea de celulose, carvão vegetal e amido de trigo. Esta mistura é inserida em orifícios produzidos em material não inerte e resistente a intempéries, e podem ser instalados no solo horizontal e verticalmente (ROZEN, 2010).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é a parte viva da matéria orgânica responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e é significativamente modificada por condições ambientais como clima, aeração, disponibilidade de nutrientes minerais e também carbono orgânico (C) solo. Assim, em situações onde mais resíduos orgânicos são depositados no solo e onde há muitas raízes, a biomassa microbiana é estimulada, levando a um aumento das populações de microrganismos e da atividade (SOUZA et al., 2010).

Por sua vez a biomassa microbiana é primordial a variados processos ocorridos no solo como: a decomposição de resíduos orgânicos; degradação de poluentes; ciclagem e solubilização de nutrientes, estruturação do solo e o controle biológico de patógenos (ALVIM; NOGUEIRA, 2016). Portanto, a biomassa microbiana é considerada um indicador da qualidade do solo, a partir da observação de microrganismos, e em último estágio, responsável pela recuperação de energia e nutrientes que outros processos não conseguem (JUNIOR; MENDES, 2007).

Essa biomassa é composta por fungos, bactérias, mas também actinomicetos que ocorrem nos processos de formação do solo, como intemperismo de rochas e decomposição

de resíduos orgânicos, além de conter entre 2% e 5% de carbono orgânico, 1% a 5% de nitrogênio total do solo (FERNANDES et al., 2011).

A inter-relação do solo com as duas espécies de destaque na região nordeste, às espécies palmeira babaçu e a leguminosa sabiá é um aspecto a ser analisado diante da vasta dimensão de terras ocupadas por essas espécies. A palmeira babaçu, com sua significativa importância regional, sua adaptabilidade e resistência, e a leguminosa sábia atuando na fixação de nitrogênio (N₂), resistência às secas e crescimento em áreas degradadas.

Dentro do exposto, espera-se que o método *bait-lamina* seja eficiente para avaliar e quantificar o consumo de cinco diferentes substratos nutritivos em áreas de duas espécies contrastantes. Ademais, sendo a biomassa microbiana uma fração lábil da matéria orgânica do solo, a determinação do nitrogênio e do carbono da biomassa microbiana pode refletir mudanças na matéria orgânica e no desenvolvimento do solo, já que os microrganismos do solo mediam vários processos que afetam o ecossistema e estão associados com a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, mudanças nos estoques de C e na dinâmica da matéria orgânica.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o consumo de cinco substratos nutritivos em ensaio *bait-lamina* em áreas de duas espécies contrastantes, a palmeira babaçu e a leguminosa arbórea sabiá, nos municípios de Matões do Norte e Pirapemas, assim como analisar os diferentes aspectos em relação à biomassa microbiana (BMS) e respiração basal (RBS) em quatro pares de áreas monoespecíficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O confronto competitivo entre babaçu e sabiá

A vegetação secundária degradada, também conhecidas como capoeiras, do Centro-Norte do Maranhão e de grande parte da Amazonia desmatada é dominada pela palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), formando babaçuais com poucas espécies botânicas. Sousa; Moraes; Gehring (2016) e Pageú (2022) confirmaram a existência de significantes quantidades e estoques de raízes grossas do babaçu em horizontes mais profundos, explicando seu forte poder de rebroto após múltiplos ciclos na prática de corte e queima, e dificultando o controle de densidade desta palmeira ruderal. Nobre et al. (2018) mostram uma forte associação entre o babaçu e fungos micorrízicos arbusculares (FMA), ambos com mecanismos e adaptações essenciais para aquisição de água e nutrientes dos solos degradados.

A leguminosa arbórea nativa sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) é um dos últimos remanescentes arbóreos dentro dos babaçuais, quase monoespecíficos, formando grupos, e apresentando-se também como indivíduos solitários, de forma espaçada. Sua persistência demonstra sua alta competitividade dentro de um ambiente bastante desafiador. O sabiá é nativo no Nordeste do Brasil e também comum em partes da Amazônia e da Mata Atlântica, caracterizando-se por sua habilidade de persistência e do seu crescimento rápido em áreas degradadas e frequentemente queimadas (COSTA et al., 2014), além da sua baixa mortalidade e tolerância por secas (BEZERRA et al., 2019).

Leguminosas arbóreas constituem um grupo funcional chave, por causa da sua frequente simbiose dupla com bactérias resultando em fixação biológica de N_2 nos nódulos, em comum com uma forte associação micorrízica que possibilita a mobilização e aquisição de fósforo, água e outros recursos menos móveis no solo (FICANO; PORDER; MCCULLOCH, 2021). O sabiá se situa nessa classificação por formar nódulos colonizados, porém diferente da maioria das leguminosas nodulíferas, com uma predominância das β -Proteobacterias (especialmente do gênero *Burkholderia*), como também ocorre nos nódulos de outras espécies do gênero *Mimosa* com seu centro de diversidade no norte da América do Sul (CHEN et al., 2008; SHEU et al., 2013). Além dos esperados acréscimos importantes pelo N_2 biologicamente fixado, também existem indícios de uma forte associação do sabiá com micorrizas arbusculares (FERREIRA et al., 2018). Observações de campo feitas por produtores e estudos técnicos apontam a um acréscimo na espessura e textura do horizonte A e na qualidade do solo em áreas de sabiá, assim como trabalhos relatando melhorias na produtividade agrícola após pousio com sabiá (COELHO et al., 2013).

O confronto competitivo entre o babaçu e o sabiá junto com a eliminação da concorrência por luz, nas chamadas “roças de liberação”, podem alterar as interações planta-solo. Roças de liberação fazem parte das ferramentas para recuperação de áreas degradadas na região dos trópicos (ASHTONA et al., 2001), o que torna importante a avaliação da sua eficiência para beneficiar leguminosas nativas nas vegetações secundárias degradadas do Maranhão e demais regiões do trópico úmido. Portanto, estudos sobre o mecanismo de HFA em ecossistemas florestais e áreas de capoeiras degradadas têm sido constantemente discutidos em pesquisas que visam entender como, ao longo do tempo, as interações entre plantas e organismos decompositores são estabelecidas durante a decomposição, devido ao fato da maioria dos trabalhos que constata a ocorrência do mecanismo de HFA apresentarem uma possível dependência contextual, diferentes da encontrada no Maranhão e nas regiões dos trópicos (FRESCHET; AERTS; CORNELISSEN, 2012). Tal dependência consiste que a

maioria dos estudos que constata a ocorrência do HFA são realizados em ecossistemas temperados onde há baixa diversidade de espécies e comparam ambientes e qualidade da serrapilheira altamente contrastantes, o que leva ao questionamento de como este mecanismo poderia atuar em ecossistemas tropicais, nos quais há alta biodiversidade e temperaturas elevadas ao longo do ano, indicando a necessidade de estudos mais abrangentes, com maior diversidade de espécies vegetais, diferentes tempos de permanência em campo e diferentes condições edafoclimáticas (HUNT et al., 1988; GARTENER; CARDON, 2004; HÄTTENSCHWILLER; TIUNOV; SCHEU, 2005; GIEBELMANN et al., 2011; BERGLUND; AGREN, 2012; FRESCHET; AERTS; CORNELISSEN, 2012; JEWELL et al., 2015).

2.2 O ensaio *Bait-lamina*

Von Törne (1990) propôs o método *Bait-lamina* (BLT) como uma técnica inovadora para visualização rápida e aproximada da medição do consumo de resíduos vegetais por invertebrados e microrganismos do solo. O ensaio *bait-lamina* foi descrito e adaptado em diversos estudos, com detalhes sobre os substratos, estruturas do material e tempo de permanência das *bait-lamina* nas áreas de estudo. Resumidamente, as aberturas nas *bait-lamina*, que podem ser de plástico, PVC, madeira, entre outros materiais inertes, são preenchidas com um substrato nutritivo ou resíduos vegetais, instalados nas camadas mais superficiais do solo nas áreas de estudo, para posterior medição do consumo. O tempo de permanência das *bait-lamina* nas áreas de pesquisa pode variar de acordo com o objetivo do estudo (VOROBICHIK; BERGMAN, 2022).

Devido à sua simplicidade, o *bait-lamina test* é amplamente utilizado por ecologistas do solo, particularmente na avaliação dos efeitos no solo de agentes como poluição (VOROBICHIK; BERGMAN, 2020), aplicação de pesticidas (FÖRSTER et al., 2011; NIEMEYER et al., 2018), aplicação de fertilizantes (BIRKHOFER et al., 2022), radiação ionizante (BERESFORD et al., 2022), incêndios (MUSSO et al., 2014; PODGAISKI et al., 2014), fragmentação florestal (SIMPSON et al., 2012), urbanização (BERGMAN; VOROBICHIK; ERMAKOV, 2017), invasão de plantas (PEHLE; SCHIRMEL, 2015), agricultura e práticas florestais e em testes ecotoxicológicos (BART et al., 2018; JÄNSCH; SCHEFFCZYK; RÖMBKE, 2017).

Nos primeiros trabalhos, o consumo das “iscas” era atribuído a todos os decompositores (KRATZ, 1998). Mais tarde, o papel negligenciado dos microrganismos foi revelado, de modo

que os resultados do BLT dizem respeito apenas a atividade alimentar de invertebrados do solo (GONGALSKY; PERSSON; POKARZHEVSKII, 2008; HELLING; PFEIFF; LARINK, 1998). Esse panorama torna o BLT exclusivo, ao contrário da microflora do solo, apenas alguns métodos são disponíveis para estimar a atividade funcional de animais subterrâneos. Não surpreendentemente, muitos pesquisadores recomendaram incluir o BLT na caixa de ferramentas metodológicas para avaliação da qualidade do solo (GRIFFITHS et al., 2016; RITZ et al., 2009; RÖMBKE, 2014). Além disso, nos últimos anos, tem havido um aumento do interesse na técnica *bait-lamina* devido à necessidade de estudar a resposta de animais do solo às mudanças climáticas (EISENHAUER et al., 2018; MUSSO et al., 2014; THAKUR et al., 2018), e sua incorporação aos modelos do ciclo do carbono (FILSER et al., 2016; SIEBERT et al., 2019; THAKUR et al., 2018).

Em ecossistemas temperados, dois grupos de tamanho de invertebrados do solo são os principais decompositores nas *bait-lamina*: macrofauna (ou seja, > 2 mm de comprimento do corpo: minhocas, larvas de dípteros, milípedes, piolhos e moluscos) e mesofauna (isto é, < 2 mm: enquitreídeos, colêmbolos e oribatídeos). Cupins devem ser adicionados ao conjunto de macrofauna em climas tropicais e áridos. A principal vantagem do BLT é estimar integralmente o papel de todos os detritívoros do solo no desaparecimento de detritos (VOROBICHIK; BERGMAN, 2022). A desvantagem é a ambigüidade da interpretação, pois não está claro quais táxons são responsáveis pela atividade de alimentação geral. É essencial diferenciar a atividade de grandes e pequenos detritívoros do solo porque o tamanho do corpo está fortemente ligado a muitas outras características e impulsiona suas funções nos ecossistemas (POTAPOV, 2022). Várias classes de tamanho de animais do solo afetam os processos do ecossistema de formas diferentes, com isso, a composição do tamanho das comunidades está associada a multifuncionalidade do ecossistema (CHASSAIN et al., 2021; GONGALSKY, 2021; POTAPOV, 2022; WAGG et al., 2014).

Além disso, vários tamanhos de grupo podem responder a fatores nocivos de maneiras diferentes. Por exemplo, enquitreídeos podem persistir em condições extremas de solo (PELOSI et al., 2020), porque são muito mais tolerante que as minhocas à acidificação do solo (DIDDEN, 1993), alta salinidade (OWOJORI et al., 2009) e contaminação por metais (AMOSSÉ et al., 2018; BART et al., 2017). Por outro lado, colêmbolos são mais sensíveis a pesticidas do que minhocas e enquitreídeos (JOIMEL et al., 2022).

A ideia principal da modificação do *bait-lamina test* proposta é bastante simples. É sugerido uma série de adaptações a fim de que o método seja adequado aos objetivos da pesquisa e às condições edafoclimáticas de cada região. Suponhamos que um limite

adequadamente escolhido para o tamanho da abertura permitirá aos pesquisadores associar a isca consumo em pequenas covas apenas com mesofauna, porque o grande aparelho bucal mecanicamente impede que os macroinvertebrados os penetrem. Os resultados do BLT podem ser interpretados como taxa de consumo de isca por animais de solo (ou seja, porcentagem de perda de massa nutritiva no tempo de permanência em campo) e não apenas como um índice convencional de atividade alimentar. Assim, se assumirmos a aditividade das contribuições da macrofauna e da mesofauna ao *bait-lamina*, os valores para pequenos orifícios estimam apenas a atividade da mesofauna, enquanto os valores para orifícios grandes avaliam a atividade de ambos os grupos, e a diferença entre os valores para furos grandes e pequenos calcula a atividade de alimentação da macrofauna de forma isolada (VOROBICHIK; BERGMAN, 2021).

Fungos de solo decompositores também fazem parte das análises de triagens das *bait-lamina*, consumindo parte do material nutritivo presente nos orifícios e produzindo estruturas vegetativas que servirão de alimento para ácaros decompositores e fungívoros. Áreas de vegetação secundária, apesar de muitas vezes degradadas, são conhecidas pela grande biodiversidade de microrganismos, dentre eles, os fungos decompositores, denominados saprofiticos, que se destacam pela importância na ciclagem de nutrientes do ecossistema (RIBEIRO; OLIVEIRA; BONALDO, 2021). Segundo Hyde; Mckenzie; Koko (2011), existem cerca de 2.873 gêneros descritos de fungos conidiais, atuando como parasitas, sapróbios ou simbioses. Trabalhos de bioprospecção da diversidade fúngica na floresta Amazônica, no cerrado ou em áreas de capoeira, em conjunto com o método *bait-lamina* podem ser conduzidos na identificação de vários fungos saprofiticos decompositores da matéria orgânica. Esses fungos são obtidos a partir da matéria orgânica em decomposição, principalmente em folhas e galhos da serrapilheira, e as interações entre esses microrganismos e a mesofauna decompositora na ciclagem de nutrientes pode ser observada e descrita no *bait-lamina test* (RIBEIRO; OLIVEIRA; BONALDO, 2021).

2.3 Biomassa Microbiana do Solo e Respiração Basal

A biomassa microbiana é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo podendo ter influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (JENKINSON; LADD, 1981). Ademais, vem sendo descrita como um importante indicador de alterações na qualidade do solo (SIX et al., 2006), uma vez que está associada às

funções ecológicas do ambiente e é capaz de descrever rapidamente os impactos nas mudanças de uso do solo, pois qualquer estresse no sistema afeta a densidade, a diversidade e a atividade da microbiota (MATOSO et al., 2012). Com isso, a avaliação da biomassa microbiana pode ajudar a orientar os produtores, ecólogos e pesquisadores no manejo de solos de forma mais produtiva e sustentável (ARAUJO et al., 2019). O conhecimento do impacto do confronto entre a palmeira babaçu e a leguminosa sabiá na fase de vegetação secundária no Maranhão sobre a biomassa microbiana do solo, e sua atividade, é de grande importância. Essas informações podem contribuir para o estabelecimento de uma relação mais produtiva entre o uso do solo, o extrativismo e a sustentabilidade (BRITO et al., 2015). No entanto, pouco se sabe sobre propriedades microbiológicas do solo em áreas de confronto entre espécies distintas e contrastantes.

Dentre os atributos microbiológicos, a biomassa microbiana do solo (BMS) é um importante parâmetro de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas, pois representa a fração da matéria orgânica do solo (MOS) que é mais rapidamente decomposta (RANGEL-VASCONCELOS et al., 2015). Já a velocidade de decomposição de um resíduo orgânico no solo é indicada pela respiração basal, parâmetro igualmente importante da biomassa microbiana. Quando a atividade microbiana é alta ocorre maior decomposição e, conseqüentemente, liberação de nutrientes para as plantas, porém, também pode significar perdas de carbono do solo, em longo prazo (SOUZA et al., 2010).

No geral, informações sobre as mudanças no carbono da biomassa microbiana (C-BMS) e respiração basal (C-CO₂) podem explicar os processos ecológicos do ambiente. Compreender o comportamento e a dinâmica dos microrganismos do solo ajuda a avaliar as práticas de uso do solo que mantêm e melhoram a qualidade deste ao longo do tempo e as interações entre espécies contrastantes presentes em áreas de vegetação secundária. Isso porque as mudanças na atividade e na composição das comunidades microbianas influenciam diretamente sua fertilidade, bem como o crescimento das plantas e a ciclagem de nutrientes (CHEN et al., 2014).

Trabalhos recentes têm mostrado que alguns indicadores relacionados com a comunidade microbiana do solo são bastante sensíveis às alterações provenientes das atividades agrícolas (NAVROSKI et al., 2017; BUENO et al., 2018), assim como a comunidade de espécies vegetais dominantes, no entanto, ainda são escassos os trabalhos que objetivam avaliar o comportamento das comunidades microbianas em áreas de confronto entre espécies contrastantes (NOVAK et al., 2022).

A população de microrganismos no solo é um componente de vital importância nas modificações químicas da matéria orgânica do solo pois esses utilizam esses materiais como

fonte de energia e nutrientes para a formação e o desenvolvimento celular, fazendo assim com que ocorra a imobilização temporária de carbono, nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e micronutrientes, os quais após a morte dos microrganismos, serão disponibilizados para as plantas. A matéria orgânica do solo representa a principal fonte de energia para os microrganismos e de nutrientes para as plantas, e as suas alterações podem indicar o grau de preservação ou de desequilíbrio dos ecossistemas naturais. Neste panorama, entende-se que a sensibilidade dos indicadores químicos pode não ser suficiente para indicar as alterações ocorridas com a matéria orgânica do solo em áreas de confronto competitivo por recursos, havendo a necessidade de selecionar indicadores, como os biológicos, que sejam sensíveis a pequenas alterações no sistema solo-planta, com isso a análise da biomassa microbiana do solo e da respiração basal podem ser utilizadas como parâmetros mais confiáveis sobre a qualidade do solo. Entretanto, a BMS associada ao conteúdo de matéria orgânica pode ser utilizada como índices para comparar a qualidade do solo sob diferentes manejos. Embora, a resposta da BMS seja mais rápida, se comparado com o conteúdo de matéria orgânica (CHAVES et al., 2022). Estes autores sugerem que as mudanças no conteúdo de BMS predizem em longo tempo o conteúdo de matéria orgânica do solo.

Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (KENNEDY; DORAN, 2002). Os adubos verdes desempenham importantes ações no solo tais como: proteção do impacto das chuvas e também contra a perda da umidade; rompimento de camadas adensadas e compactadas ao longo do tempo; aumento do teor de matéria orgânica do solo; incremento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo; diminuição da toxicidade de Al e Mn devido a complexificação e elevação do pH; promoção do resgate e reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação, extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo, tais como Ca, Mg, K, P e micronutrientes; extração do fósforo fixado; fixação do N atmosférico de maneira simbiótica pelas leguminosas; inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos, seja pela simples competição por luz (SILVA et al., 2021).

REFERÊNCIAS

ALDORFOVÁ, A.; KNOBOVÁ, P.; MÜNZBERGOVÁ, Z. Plant-soil feedback contributes to predicting plant invasiveness of 68 alien plant species differing in invasive status. **Oikos** v.129, n. 8, p. 1257-1270, 2020.

ALVIM, D. de A.; NOGUEIRA, L. F. D. **Determinação da Biomassa Microbiana Como Indicador da Qualidade do Solo.** TCC (Graduação) – Curso de engenharia ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2016.

AMOSSÉ, J.; BART, S.; PÉRY, A. R. R.; PELOSI, C. Short-term effects of two fungicides on enchytraeid and earthworm communities under field conditions. **Ecotoxicology**, vol. 27, p. 300–312, 2018.

ANDRINO, A.; GUGGENBERGER, G.; SAUHEITL, L.; BURKART, S.; BOY, J. Carbon investment into mobilization of mineral and organic phosphorus by arbuscular mycorrhiza. **Biology and Fertility of Soils** v. 57, p. 47-54, 2021.

ARAUJO, T. dos S.; GALLO, A. de S.; ARAUJO, F. dos S.; SANTOS, L. C. dos; GUIMARÃES, N. de F.; SILVA, R. F. da. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 42 (2), p. 347-357, 2019.

ASHTONA, M. S.; GUNATILLEKE, C. V.; INGHAKUMARA, B. M.; GUNATILLEKE, A. U. Restoration pathways for rain forest in southwest Sri Lanka: a review of concepts and models. **Forest Ecology and Management** v. 154, n. 3, p. 409-430, 2001.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** v. 32, n. 7-8, p. 921-950, 2001.

BART, S.; LAURENT, C.; PÉRY, A. R. R.; MOUGIN, C.; PELOSI, C. Differences in sensitivity between earthworms and enchytraeids exposed to two commercial fungicides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, vol. 140, p. 177–184, 2017.

BART, S.; ROUDINE, S.; AMOSSÉ, J.; MOUGIN, C.; PÉRY, A. R. R., PELOSI, C. How to assess the feeding activity in ecotoxicological laboratory tests using enchytraeids? **Environ. Sci. Pollut. Res.**, vol. 25, p. 33844–33848, 2018.

BERESFORD, N. A.; WOOD, M. D.; GASHCHAK, S.; BARNETT, C. L. Current ionising radiation doses in the Chernobyl Exclusion Zone do not directly impact on soil biological activity. **PLOS ONE**, vol. 17, 2022.

BERGLUND, S. L.; AGREN, G. I. When will litter mixtures decompose faster or slower than individual litters? A model for two litters. **Oikos**, Hoboken, v. 121, n. 7, p. 1112-1120, 2012.

BERGMAN, I. E.; VOROBICHNIK, E. L.; ERMAKOV, A. I. The effect of megalopolis environment on the feeding activity of soil saprophages in urban forests. **Eurasian Soil Sci.**, vol. 50, p. 106–117, 2017.

BEZERRA, A. C.; BARBOSA, L. da S.; ZUZA, J. F. C.; AZEVEDO, C. F. Fisiologia e vigor de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1. 2019.

BIRKHOFER, K.; BAULECHNER, D.; DIEKÖTTER, T.; ZAITSEV, A.; WOLTERS, V. Fertilization rapidly alters the feeding activity of grassland soil mesofauna independent of management history. **Front. Ecol. Evol.**, 10, 2022.

BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; GOMES, S. da S.; SILVA, R. F.; OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M. Atributos Microbiológicos e Fauna Invertebrada Epigeica do Solo em cultivo de Milho Consorciado com leguminosas. **Agroecol** 2014, v. 9 n. 4, 2015.

BUENO, P. A. A.; OLIVEIRA, V. M. T.; GUALDI, B. L.; SILVEITA, P. H. N.; PEREIRA, R. G.; FREITAS, C. E. S.; BUENO, R. O.; SEKINE, E. S.; SCHWARCZ, K. D. Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal. **Acta Brasiliensis**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 40-44, 2018.

CHASSAIN, J.; VIEUBLÉ GONOD, L.; CHENU, C.; JOIMEL, S. Role of different size classes of organisms in cropped soils: What do litterbag experiments tell us? A meta-analysis. **Soil Biol. Biochem**, vol. 162, 2021.

CHAVES, J. da S.; SILVA, L. S. da; MATOS, S. M. de; PEREIRA, H. R.; MELO, J. J. S. de; SILVA, A. F.; SANTOS, E. de J. dos; SILVA, R. P.; BRITO, W. A. de; LEITE, J. L. Parâmetros microbiológicos do solo em sistema de produção consorciado sob manejo orgânico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, 2022.

CHEN, S.; ZOU, J.; HU, Z.; CHEN, H.; LU, Y. Global annual soil respiration in relation to climate, soil properties and vegetation characteristics: Summary of available data. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 198-199, p. 335-346, 2014.

CHEN, W. M.; FARIA, S. M. de; CHOU, J. H.; JAMES, E. K.; ELLIOTT, G. N.; SPRENT, J. I.; BONTEMPS, C.; YOUNG, J. P. W.; VANDAMME, P. *Burkholderia sabiae* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa caesalpiniiifolia*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** v. 58, n. 9, p. 2174-2179, 2008.

COÊLHO, D. de L.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; APOLINÁRIO, V. X. de O.; SANTOS, M. V. F. dos; MELLO, A. C. L. de; CUNHA, M. V. da; LIRA, M. de A. Biomassa e relação C:N de partes aéreas de leguminosas arbustivas em consórcio com *Brachiaria decumbens* Stapf. na zona da mata de Pernambuco. **XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2013** – UFRPE: Recife, 2013.

COSTA, M. G. da; GAMA-RODRIGUEZ, A. C.; ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUEZ, E. F. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. **Scientia Florestalis**, v. 42, n. 101, p. 101-112, 2014.

DIDDEN, W. A. M. Ecology of terrestrial enchytraeidae. **Pedobiologia**, vol. 37, p. 2–29, 1993.

DOVE, N. C.; KLINGEMAN, D. M.; CARRELL, A. A.; CREGGER, M. A.; SCHADT, C. W. Fire alters plant microbiome assembly patterns integrating the plant and soil microbial response to disturbance. **New Phytologist** v. 230, n. 6, p. 2433-2446, 2021.

EISENHAUER, N.; HERRMANN, S.; HINES, J.; BUSCOT, F.; SIEBERT, J.; THAKUR, M. P. The dark side of animal phenology. **Trends Ecol. Evol.**, vol. 33, p. 898–901, 2018.

FANIN, N.; LIN, D.; FRESCHET, G. T.; KEISER, A. D.; AUGUSTO, L.; WARDLE, D. A.; VEEN, G. F. Home-field advantage of litter decomposition: from the phyllosphere to the soil. **New Phytologist**, vol. 231, p. 1353–1358, 2021.

FERNANDES, M. M.; MOURA, M. R. de; LIMA, R. P.; NÓBREGA, R. S. A. Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana e do Solo de Uma Área Degradada Revegetada Com Tamboril no Sul do Piauí. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Re.C.E.F.**, v. 18, n. 1, 2011.

FERREIRA, P.; SILVA, L. C.; REYES MARTINEZ, H. A.; FERREIRA, K. A. L. Efeito da sazonalidade na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas com *Mimosa caesalpiniiifolia*. **Revista Trópica**, v. 10, n. 2, 2018.

FICANO, N.; PORDER, S.; MCCULLOCH, L. A. Three-partner symbiosis among legumes, mycorrhizae, and N-fixing bacteria changes with light and soil Nitrogen conditions. **Bulletin of the Ecological Society of America Journal**, v. 102, n. 4, p. 1-3, 2021.

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

FÖRSTER, B.; BOXALL, A.; COORS, A.; JENSEN, J.; LIEBIG, M.; POPE, L.; MOSER, T.; RÖMBKE, J. Fate and effects of ivermectin on soil invertebrates in terrestrial model ecosystems. **Ecotoxicology**, 20, 234–245, 2011.

FREITAS, E. C. S. de; NETO, S. N. de O.; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, vol. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

FRESCHET, G. T.; AERTS, R.; CORNELISSEN, J. H. C. Multiple mechanisms for trait effects on litter decomposition: moving beyond home-field advantage with a new hypothesis. **Journal of Ecology**, Hoboken, v. 100, p. 619–630, 2012.

FROUZ, J. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. **Geoderma** v. 332, p. 161-172, 2018.

GARTNER, T. B.; CARDON, Z. G. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. **Oikos**, Hoboken, v. 104, p. 230–246, 2004.

GE, X.; ZENG, L.; XIAO, W.; HUANG, Z.; GENG, X.; TAN, B. Effect of litter substrate quality and soil nutrients on forest litter decomposition - A review. **Acta Ecologica Sinica** v. 33, n. 2, p. 102-108, 2013.

GIEBELMANN, U. C.; MARTINS, K. G.; BRAENDLE, M.; SCHAEGLER, M.; MARQUES, R.; BRANDI, R. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 49, p. 5-10, 2011.

GONGALSKY, K. B. Soil macrofauna: Study problems and perspectives. **Soil Biol. Biochem.**, vol. 159, 2021.

GONGALSKY, K. B.; PERSSON, T.; POKARZHEVSKII, A. D. Effects of soil temperature and moisture on the feeding activity of soil animals as determined by the bait-lamina test. **Appl. Soil Ecol.**, vol. 39, p. 84–90, 2008.

GRIFFITHS, B. S.; RÖMBKE, J.; SCHMELZ, R. M.; SCHEFFCZYK, A.; FABER, J. H.; BLOEM, J.; PÉRÈS, G.; CLUZEAU, D.; CHABBI, A.; SUHADOLC, M.; SOUSA, J. P.; MARTINS da SILVA, P.; CARVALHO, F.; MENDES, S.; MORAIS, P.; FRANCISCO, R.; PEREIRA, C.; BONKOWSKI, M.; GEISEN, S.; BARDGETT, R. D.; VRIES, F. T. de; BOLGER, T.; DIRILGEN, T.; SCHMIDT, O.; WINDING, A.; HENDRIKSEN, N. B.; JOHANSEN, A.; PHILIPPOT, L.; PLASSART, P.; BRU, D.; THOMSON, B.; GRIFFITHS, R. I.; BAILEY, M. J.; KEITH, A.; RUTGERS, M.; MULDER, C.; HANNULA, S. E.; CREAMER, R.; STONE, D. Selecting cost effective and policy-relevant biological indicators for European monitoring of soil biodiversity and ecosystem function. **Ecol. Indicators**, vol. 69, p. 213–223, 2016.

GUIDETTI ZAGATTO, M. R.; ARAÚJO, A. P. de; SOUZA, A. J. de; PEREIRA, C. M.; BALDESIN, L. F.; PEREIRA, R. F.; JURANDY, E.; CARDOSO, B. N. *Acacia mangium* increases the mesofauna density and diversity in the litter layer in *Eucalyptus grandis* plantations. **European Journal of Soil Biology** v. 94, 2019.

GUNDALE, M. J.; KARDOL, P. Multi-dimensionality as a path forward in plant-soil feedback research. **Journal of Ecology** v. 109, n. 10, p. 3446-3465, 2021.

HÄTTENSCHWILER, S.; TIUNOV, A. V.; SCHEU, S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. **Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 36, p. 191–218, 2005.

HELLING, B.; PFEIFF, G.; LARINK, O. A comparison of feeding activity of collembolan and enchytraeid in laboratory studies using the bait-lamina test. **Appl. Soil Ecol.**, vol. 7, p. 207–212, 1998.

HUNT, H. W.; INGHAM, E. R.; COLEMAN, D. C.; ELLIOTT, E. T.; REID, C. P. P. Nitrogen limitation of production and decomposition in prairie, mountain meadow, and pine forest. **Ecology**, Hoboken, v. 69, p. 1009–1016, 1988.

JÄNSCH, S.; SCHEFFCZYK, A.; RÖMBKE, J. The bait-lamina earthworm test: a possible addition to the chronic earthworm toxicity test? **Euro-Mediterr. J. Environ. Integr.**, vol. 2, 2017.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Eds.) – **Soil Biology and Biochemistry**. New York, Marcel Decker, p. 415-471, 1981.

JEWELL, M. D.; SHIPLEY, B.; PAQUETTE, A.; MESSIER, C.; REICH, P. B. A traits-based test of the home-field advantage in mixed-species tree litter decomposition. **Annals of Botany**, Oxford, v. 105, p. 1-8, 2015.

JOIMEL, S.; CHASSAIN, J.; ARTRU, M.; FABURÉ, J. Collembola are among the most pesticide sensitive soil fauna groups: A Meta-analysis. **Environ. Toxicol. Chem.**, vol. 41, p. 2333-2341, 2022.

JOLY, X.; COULIS, M.; GÉRARD, A.; FROMINA, N.; HÄTTENSCHWILER, S. Litter-type specific microbial responses to the transformation of leaf litter into millipede feces. **Soil Biology and Biochemistry** v. 86, p. 17-23, 2015.

JUNIOR, F. B. dos R; MENDES, I. de C. **Biomassa Microbiana do Solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecupária EMBRAPA Cerrados Documento 205 – ISSN 1517-5111, Brasília – v.1, 2007.

KENNEDY, A.; DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms In: BITTON, G. (Org.). **Encyclopedia of environmental microbiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 3116-3126, 2002.

KRATZ, W. The bait-lamina test – general aspects applications and perspectives. **Environmental Science and Pollution Research**, 5: 94–96, 1998.

LAGINHAS, B. B.; BRADLEY, B. A. Global plant invaders a compendium of invasive plant taxa documented by the peer-reviewed literature. **Ecology**, v. 103, n. 2, 2021.

LIAO, H.; LI, D.; ZHOU, T.; HUANG, B.; ZHANG, H.; CHEN, B.; PENG, S. The role of functional strategies in global plant distribution. **Ecography** v. 44, n. 4, p. 493-503, 2021.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLETA, Q. P.; SOUZA, E. F. M. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, vol. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

MCLAUCHAM, K. K.; HIGUERA, P. E.; MIESEL, J.; ROGERS, B. M.; SCHWEITZER, J.; SHUMAN, J. K. et al. Fire as a fundamental ecological process - Research advances and frontiers. **Journal of Ecology** v. 108, n. 5, p. 2047-2069, 2020.

MUSSO, C.; MIRANDA, H. S.; SOARES, A. M. V. M.; LOUREIRO, S. Biological activity in Cerrado soils: evaluation of vegetation, fire and seasonality effects using the “bait-lamina test”. **Plant Soil**, vol. 383, p. 49–58, 2014.

NAKAZAWA, T. Species interaction Revisiting its terminology and concept. **Ecological Research** v. 35, n. 6, p. 1106-1113, 2020.

NAVROSKI, D.; MOREIRA, A.; COLOZZI-FILHO, A.; GRANGE, L. Atributos Microbiológicos do solo em diferentes sistemas de manejo no Oeste Paranaense. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 29, n. 2, p. 127-134, 2017.

NI, M.; DEANE, D. C.; LI, S.; WU, Y.; SUI, X.; XU, H.; CHU, C.; HE, F.; FANG, S. Invasion success and impacts depend on different characteristics in non-native plants. **Diversity and Distributions** v. 27, n. 7, p. 1194-1207, 2020.

NIEMEYER, J. C.; SANTO, F. B. de; GUERRA, N.; RICARDO FILHO, A. M.; PECH, T. M. Do recommended doses of glyphosate-based herbicides affect soil invertebrates? Field and laboratory screening tests to risk assessment. **Chemosphere**, 198, 154–160, 2018.

NOBRE, C. P.; COSTA, M. G.; GOTO, B. T.; GEHRING, C. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 321-329, 2018.

NOVAK, E.; CARVALHO, L. A.; SANTIAGO, E. F.; TOMAZI, M.; GOMES, A. C. C. O.; PIANA, P. A. Biomassa e atividade microbiana do solo sob diferentes coberturas vegetais em Região Cerrado - **Mata Atlântica. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA**, vol. 15, n. 3, 2022.

OWOJORI, O. J.; REINECKE, A. J.; VOUA-OTOMO, P.; REINECKE, S. A. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida*, *Enchytraeus doerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). **Pedobiologia**, vol. 52, p. 351–360, 2009.

PAGEÚ, A. B. A. **Interações subterrâneas entre a palmeira Babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) e o capim Braquiária (*Urochloa brizantha* (HOCHST.EX.A.RICH) STAPF cv. 'marandu') em sistema silvopastoril na Amazônia Maranhense.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA. 2022.

PEHLE, A.; SCHIRMEL, J. Moss invasion in a dune ecosystem influences ground-dwelling arthropod community structure and reduces soil biological activity. **Biol. Invasions**, vol. 17, p. 3467–3477, 2015.

PELOSI, C.; BOROS, G.; van OORT, F.; SCHMIDT, O. Soil Oligochaeta communities after 9 decades of continuous fertilization in a bare fallow experiment. **SOIL ORGANISMS**, vol. 92, p. 129–141, 2020.

PIVELLO, V.; VIEIRA, M.; GROMBONE-GUARATINI, M.; MATOS, D. Thinking about super-dominant populations of native species – Examples from Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation** v. 16, n. 2, p. 74-82, 2018.

PODGAISKI, L. R.; SILVA GOLDAS, C. da; FERRANDO, C. P. R.; SILVEIRA, F. S.; JONER, F.; OVERBECK, G. E.; SOUZA MENDONÇA, M. de; PILLAR, V. D. Burning effects on detritivory and litter decay in Campos grasslands. **Austral Ecol.**, vol. 39, p. 686–695, 2014.

POTAPOV, A. M. Multifunctionality of belowground food webs: resource, size and spatial energy channels. **Biological Reviews**, vol. 97, p. 1691-1711, 2022.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; ZARIN, D. J.; OLIVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, S. S.; CARVALHO, C. J. R.; SANTOS, M. M. L. S. Effect of water availability on soil microbial biomass in secondary forest in eastern Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 377-384, 2015.

REN, Y.; XUN, W.; YAN, H.; MA, A.; XIONG, W.; SHEN, Q.; ZHANG, R. Functional compensation dominates the assembly of plant rhizospheric bacterial community. **Soil Biology and Biochemistry** v. 150, 2020.

RIBEIRO, D.; OLIVEIRA, D. L. de; BONALDO, S. M. Fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional no controle *in vitro* de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. do

maracujazeiro. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, Supl. 2, Maringá (PR), 2021.

RITZ, K.; BLACK, H. I. J.; CAMPBELL, C. D.; HARRIS, J. A.; WOOD, C. Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development. **Ecol. Indicators**, vol. 9, p. 1212–1221, 2009.

RÖMBKE, J. The feeding activity of invertebrates as a functional indicator in soil. **Plant Soil**, vol. 383, p. 43–46, 2014.

ROZEN, A. Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test in monocultures of 14 tree species in the Siemianice common garden experiment, Poland. **Applied Soil Ecology**, 45: 160-167, 2010.

SHEU, S. Y.; CHOU, H. S.; BONTEMPS, C.; ELLIOTT, G. N.; GROSS, E.; REIS JUNIOR, F. B. dos; MELKONIAN, R.; MOULIN, L.; JAMES, E. K.; SPRENT, J. I.; YOUNG, P. W.; CHEN, W. M. *Burkholderia diazotrophica* sp. now isolated from root nodules of *Mimosa* spp. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 63, n. 2, p. 435-441, 2013.

SIEBERT, J.; SÜNNEMANN, M.; AUGÉ, H.; BERGER, S.; CESARZ, S.; CIOBANU, M.; GUERRERO-RAMÍREZ, N. R.; EISENHAUER, N. The effects of drought and nutrient addition on soil organisms vary across taxonomic groups, but are constant across seasons. **Sci. Rep.**, vol. 9, p. 639, 2019.

SILVA, H. S. CHAVES, J. da S.; NASCIMENTO, J. P. S. do; MATOS, S. M. de; NETO, A. F. de B.; LEITE, J. L.; PEREIRA, H. R.; BRITO, W. A. de. Atividade microbiana no solo em sistema de produção consorciado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, 2021.

SILVÉRIO, D. V.; BRANDO, P. M.; BALCH, J. K.; PUTZ, F. E.; NEPSTAD, D. C.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; BUSTAMANTE, M. M. C. Testing the Amazon savannization hypothesis - fire effects *Brachiaria* invasion in native Cerrado margins. **Philosophic Transactions of the Royal Society B**, v. 368, n. 1619, 2018.

SIMPSON, J. E.; SLADE, E.; RIUTTA, T.; TAYLOR, M. E. Factors affecting soil fauna feeding activity in a fragmented lowland temperate deciduous woodland. **Plos One**, vol. 7, 2012.

- SIX, J.; FREY, S. D.; THIES, R. K.; BATTEN, K. M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, vol. 70, n. 2, p. 555-569, 2006.
- SOUSA, J. T. R.; MORAES, F. H. R.; GEHRING, C. Root biomass in a shifting cultivation system in the eastern periphery of Amazonia, and contribution of the babassu palm. **Agroforestry Systems**, v. 90, p. 351-360, 2016.
- SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S. de; CARVALHO, P. C. de F.; MARTINS, A. P. Biomassa Microbiana do Solo em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Plantio Direto, Submetido a Intensidades de Pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.
- THAKUR, M. P.; REICH, P. B.; HOBBIE, S. E.; STEFANSKI, A.; RICH, R.; RICE, K. E.; EDDY, W. C.; EISENHAUER, N. Reduced feeding activity of soil detritivores under warmer and drier conditions. **Nat. Clim. Change**, vol. 8, p. 75–78, 2018.
- VILLA, E. B.; PEREIRA, M. G.; ALONSO, J. M.; BEUTLER, S. J.; LELES, P. S. dos S. Aporte de Serapilheira e Nutrientes em Área de Restauração Florestal com Diferentes Espaçamentos de Plantio. **Floresta e Ambiente**, vol. 23, p. 90-99, 2016.
- VON TÖRNE, E. Assessing feeding activities of soil living animals, I Bait-lamina Test. **Pedobiologia**, 34, 89-101, 1990.
- VOROBICHNIK, E. L.; BERGMAN, I. E. Bait-lamina test in the assessment of polluted soils: Choice of exposure duration. **Rus. J. Ecol.**, 51, 430–439, 2020.
- VOROBICHNIK, E. L.; BERGMAN, I. E. Bait-lamina test for assessment of polluted soils: Rough vs. Precise scales. **Ecol. Indicators**, vol. 122, 2021.
- VOROBICHNIK, E. L.; BERGMAN, I. E. Newton's Cat Doors: A Novel Bait-Lamina Test for Differentiating Soil Macrofauna and Mesofauna Feeding Activity. **Institute of Plant and Animal Ecology**, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022.
- WAGG, C.; BENDER, S. F.; WIDMER, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 111, 5266–5270, 2014.

WENTSEL, R. S.; BEYER, W. N.; EDWARDS, C. A.; KAPUSTKA, L. A.; KUPERMAN, R. G. Chapter 4: Effects of Contaminants on Soil Ecosystem Structure and Function, in Lanno P.R. (Eds), Contaminated Soils: From Soil-chemical Interactions to Ecosystem Management. **SETAC**, p. 427, 2003.

WILSON, J. B. The twelve theories of co-existence in plant communities - the doubtful, the important and the unexplored. **Journal of Vegetation Science** v. 22, n. 1, p. 184-195, 2011.

ZAYNAB, M.; FATIM, M.; ABBAS, S.; SHARIF, Y.; UMAIR, M.; ZAFAR, H.; BAHADAR, K. Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. **Microbial Pathogenesis** v. 124, p. 198-202, 2018.

ZWETSLOOT, M. J.; UCROS, J. M.; WICKINGS, K.; WILHELM, R. C.; SPARKS, J.; BUCKLEY, D. H.; BAUERLE, T. L. Prevalent root-derived phenolics drive shifts in microbial community composition and decomposition in forest soil. **Soil Biology and Biochemistry** v. 145, 2020.

CAPÍTULO II

BAIT-LAMINA APLICADA EM ÁREAS DE DUAS ESPÉCIES CONTRASTANTES, A PALMEIRA BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) E A LEGUMINOSA ARBÓREA SABIÁ (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), EM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA DO MARANHÃO

BAIT-LAMINA APLICADA EM ÁREAS DE DUAS ESPÉCIES CONTRASTANTES, A PALMEIRA BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) E A LEGUMINOSA ARBÓREA SABIÁ (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), EM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA DO MARANHÃO

Odenilson de Deus Ribeiro LIMA¹, Dayane Valessa Barros FROZ², Christoph GEHRING³

¹ Universidade Estadual do Maranhão, Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil. denis_rlima@hotmail.com

² Universidade Estadual do Maranhão, Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA, Cidade Universitária Campus Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil. dayanefroz@gmail.com

³ Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil. christophgehring@yahoo.com.br

***Bait-lamina* applied in areas of two contrasting species, the babassu palm tree (*Attalea speciosa* Mart.) and the tree legume sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), in secondary vegetation in Maranhão**

ABSTRACT:

This study evaluates the consumption of five substrates in a bait-lamina test in areas dominated by two species, the babassu palm (*Attalea speciosa* Mart.) and sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), in four pairs of secondary vegetation in the municipalities of Matões do Norte and Pirapemas. Seventy two plates containing 3 replicas of five different materials at three depths (1 cm, 5 cm and 10 cm) were used. The plates were removed after three periods of permanence (1, 3 and 5 weeks) and the 36 holes per plate were analyzed, resulting in a total of 2,592 test holes. Kruskal-Wallis non-parametric ANOVA was used to compare the different parameters, followed by Dunn's *post hoc* test. Fungi *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* spp., and *Aspergillus flavus*, and oribatid mites and the suborder Acaridida were visualized. All orifices were inspected and food consumption of the nutritional mass was quantified using three categories: (1) not consumed, (2) partially consumed and (3) completely consumed. In the first and third week, consumption in the orifices remained in category 1, however, in the fifth week consumption in category 3 was observed, and infestation in category 3 was also observed. There was a difference between the consumption of the standard material, green babassu leaflets, green and yellow sabiá leaflets and the yellow babassu leaflet. The Bait-lamina test was satisfactory in describing the performance of microorganisms and invertebrates as more efficient decomposers within the scope of nutrients available in the location, as opposed to the scope of nutrients available in a single plant residue.

Key words: Decomposer Fungi, Microorganisms, Invertebrates, Mesofauna, Litter.

***Bait-lamina* aplicada em áreas de duas espécies chaves e contrastantes, a palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) e a leguminosa arbórea sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), em vegetação secundária do Maranhão**

RESUMO:

Este trabalho avalia o consumo de cinco substratos nutritivos em ensaio *bait-lamina* em áreas dominadas por duas espécies, babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) em quatro pares de vegetação secundária nos municípios de Matões do Norte e Pirapemas. Foram inseridos em 24 pontos amostrais 72 placas contendo três réplicas em três profundidades (1 cm, 5 cm e 10 cm) contendo os cinco diferentes substratos. As placas foram retiradas após três tempos de permanência (1, 3 e 5 semanas) e foram analisados os 36 orifícios por placa, em um total de 2.592 orifícios do ensaio. A ANOVA não paramétrica de Kruskal-Wallis foi utilizada para comparar os diferentes parâmetros, seguida do teste *post hoc* de Dunn. Foram visualizados os fungos *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* spp., e *Aspergillus flavus*, ácaros oribatídeos e da subordem Acaridida. Foram vistoriados todos os orifícios e quantificado o consumo alimentar da massa nutritiva utilizando-se três categorias: (1) não consumida, (2) parcialmente consumida e (3) totalmente consumida. Na primeira e terceira semana, o consumo nos orifícios se manteve na categoria 1, entretanto, na quinta semana foi observado consumo na categoria 3. Houve diferença entre o consumo do material padrão, folíolos verdes de babaçu, folíolos verdes e amarelos de sabiá e o folíolo amarelo de babaçu. A técnica *Bait-lamina* foi satisfatória em descrever a atuação de microrganismos e invertebrados como decompositores mais eficientes no âmbito dos nutrientes disponíveis no local, contrapondo-se ao âmbito dos nutrientes disponíveis em um único resíduo vegetal.

Palavras-chave: Fungos Decompositores, Microrganismos, Invertebrados, Mesofauna, Serrapilheira.

1 INTRODUÇÃO

Plantas interagem com seus arredores de diferentes formas: concorrência intra e interespecífica com a vegetação adjacente por luz, e recursos do solo (WILSON, 2011; NAKAZAWA, 2020), deposição de matéria orgânica e nutrientes na serrapilheira (GE et al., 2013; JOLY et al., 2015). Além disso, a exsudação radicular (ZWETSLOOT et al., 2020), seleção ('species assembly') de bactérias e fungos (REN et al., 2020; DOVE et al., 2021) e macro e mesofauna decompositora associada (FROUZ, 2018; GUIDETTI ZAGATTO et al., 2019).

Espécies de plantas diferem entre si na partição do crescimento aéreo e radicular (LIAO et al., 2021), nos seus investimentos em defesa via barreiras físicas e substâncias fitotóxicas (ZAYNAB et al., 2018), nas estratégias por aquisição e uso eficiente de nutrientes (BALIGAR; FAGERIA; HE, 2001), nas raízes finas ou nos seus microrganismos associados (especialmente os fungos micorrízicos arbusculares – FMA) (ANDRINO et al., 2021). Espécies exóticas invasoras (NI et al., 2020; LAGINHAS; BRADLEY, 2021) e também nativas superdominantes (PIVELLO et al., 2018) devem seu sucesso excessivo tanto pela boa adaptação ambiental e resiliência contra perturbações antrópicas (especialmente o fogo) (SILVÉRIO et al., 2018; MCLAUCHAM et al., 2020), como também por 'feedbacks positivos planta-solo' (ou *Positive Plant: Soil Feedback* – PSF) (ALDORFOVÁ; KNOBOVÁ; MÜNZBERGOVÁ, 2020; GUNDALE; KARDOL, 2021).

A ciclagem de nutrientes nos solos de ecossistemas naturais e manejados é um processo essencial para o aumento da fertilidade, contribuindo com a manutenção de sua produtividade, propriedades químicas e físicas e do equilíbrio da microbiota e fauna do solo. Os processos de ciclagem de nutrientes são regidos por uma série de fatores, entre eles, destacam-se a diversidade e composição dos organismos da biota do solo, em seus diferentes grupos funcionais, as características edafoclimáticas da área, a diversidade relacionada à flora do local, entre outros (HÄTTENSCHWILER; TIUNOV; SCHEU, 2005).

As práticas relacionadas à agricultura convencional interferem diretamente nesses fatores, alterando e diminuindo esses processos. Com isso, várias hipóteses tem sido estudadas para explicar como as interações entre matéria orgânica do solo, serrapilheira e a fauna decompositora influenciam o processo dinâmico da decomposição em ecossistemas terrestres, sendo uma delas a hipótese da *Home Field Advantage* (HFA), a qual afirma que, em função de maior especialização da fauna decompositora, a decomposição da matéria orgânica ou de resíduos vegetais de uma determinada planta ocorrerá de forma mais rápida no local onde

detritos da espécie ocorrem comumente, quando comparado a locais onde estes são ausentes (FANIN et al., 2021).

O método *bait-lamina* é bastante eficiente para fornecer informações sobre as condições do solo e decomposição de nutrientes, tanto para ecossistemas naturais, quanto para ambientes antropizados (ZHANG et al., 2008; PODGAISKI; RODRIGUES, 2010).

Esse método foi desenvolvido originalmente por Von Törne (1990) com o objetivo de avaliar e quantificar a atividade alimentar dos organismos do solo *in situ*. Dentre os invertebrados de solo pertencentes a diferentes grupos funcionais, encontram-se os transformadores da serrapilheira, que estão ligados de maneira direta a decomposição, como cupins, ácaros, minhocas, entre outros. Com isso, estima-se que a quantificação do consumo alimentar da biota do solo é indicadora de taxas de decomposição e do equilíbrio funcional do solo (REINECKE et al., 2008; FILZEK et al., 2004).

Diversos ensaios utilizando o método *bait-lamina* em diferentes regiões do mundo e em condições de laboratório vêm comprovando os impactos danosos no solo provenientes da agricultura convencional, como o uso de defensivos e adubos químicos, e os diferentes sistemas de manejo da terra (ANDRÉ et al., 2009; HAMEL et al., 2007; DIEKÖTTER et al., 2010; ROZEN, 2010). No Brasil, os estudos referentes a essa técnica ainda são escassos e geralmente restritos a determinados biomas, como a floresta Amazônica e o Cerrado (RÖMBKE et al., 2006).

O método *bait-lamina* se baseia em acondicionar lâminas no solo, de preferência feitas com material inerte como o plástico ou madeira que apresentam pequenos orifícios contendo substrato natural ou artificial feitos com materiais orgânicos. A quantificação do material nutritivo no solo após determinados períodos de tempo é diretamente relacionado ao consumo pelos invertebrados do solo e microrganismos decompositores, principalmente fungos. No entanto, há uma série de divergências na literatura sobre a classificação desse consumo (PODGAISKI; SILVEIRA; MENDONÇA JR., 2011).

Kratz (1998) descreve na metodologia que os orifícios das *bait-lamina* devem ser classificados em consumidos ou não, e sugere que este exame seja feito contra a luz, sendo a alimentação registrada quando esta atravessar a *bait*. Porém, pode-se observar em alguns trabalhos a análise dos orifícios das lâminas de uma maneira refinada e detalhada, contabilizando mínimos indícios de alimentação (REINECKE et al., 2002) – análise em estereomicroscópio; (REINECKE et al., 2008) – análise em *scanner*, enquanto outros o fazem de forma superficial e prática, distinguindo somente orifícios vazios (VAN GESTEL; KRUIDENIER; BERG, 2003; RÖMBKE et al., 2006).

Geralmente, as *bait-lamina* são mantidas em campo entre 10-20 dias em regiões temperadas (KRATZ, 1998), ou até que 10-40% da massa nutritiva seja consumida, sendo o período mais apropriado dependente de cada região. Hamel et al. (2007) em área de campo no Canadá, verificaram que após 65 dias o consumo médio de *bait* foi de 2,7%; já no Brasil, na região de floresta tropical (Amazônia), em dois dias de exposição o consumo variou de 27 a 70%. Dessa forma, é de fundamental importância a realização de ensaios piloto que forneçam subsídios para pesquisas em cada região (RÖMBKE et al., 2006).

Este trabalho tem como objetivo testar o método *bait-lamina* em áreas de duas espécies contrastantes, a palmeira babaçu e a leguminosa arbórea sabiá na região centro norte do Maranhão, nos municípios de Matões do Norte e Pirapemas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos meses de janeiro e fevereiro de 2023, período chuvoso na região centro-norte do Maranhão. Cada par de área constitui-se de uma área monoespecífica de babaçu e outra de sabiá, com aproximadamente a mesma idade, em média nove anos, e com textura e formação de solo semelhantes, sendo todas as áreas planas. A área experimental foi constituída por 4 pares de áreas agrícolas localizadas nos municípios de Pirapemas e Matões do Norte, com três placas por ponto amostral e cada área com três pontos, totalizando 72 placas *bait-lamina*, distribuídas em 24 pontos amostrais (três pontos por área).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical subúmido (*Aw*) com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que compreende de dezembro a maio, e o outro seco, que vai de junho a novembro. No período chuvoso registrou-se médias mensais de 290,4 mm com maior índice de precipitação no mês de março, contudo, as precipitações anuais apresentam média de 114,2 mm (INMET, 2022).

Os solos da área experimental são classificados como Plintossolos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, e correspondem aos Ultisols e Alfisols na *Soil Taxonomy*, se diferenciando pelos teores de bases trocáveis (USDA, 2010).

A textura do solo é composta por areia fina, os solos são ácidos, com baixa disponibilidade de cátions, forte fixação de P e problemas com toxicidade de Al. Devido aos frequentes ciclos de corte e queima e à redução dos períodos de pousio, a vegetação secundária é baixa em biodiversidade vegetal e dominada por espécies ruderais agressivas, notadamente o babaçu (CASTRO; SILVA, 2020).

As *bait-lamina* consistiram em placas de madeira com 11 cm de comprimento e 6 cm de largura, com 39 orifícios divididos em três profundidades (1 cm, 5 cm e 10 cm). Cada placa apresentou 13 orifícios por fileira e cada orifício com 3 mm de diâmetro, 3 mm de profundidade e espaçados em 5 mm entre si. A massa nutritiva (*bait*) a ser consumida pela fauna e biota do solo foi constituída por cinco diferentes substratos: (1) mistura padrão de uma massa homogênea de celulose em pó (70%), amido de trigo (27%) e carvão vegetal (3%) (PODGAISKI; SILVEIRA; MENDONÇA JR., 2011); (2) folíolo verde de babaçu; (3) folíolo amarelo de babaçu; (4) folíolo verde de sabiá; (5) folíolo amarelo de sabiá.

Os substratos foram triturados e moídos até se obter uma massa homogênea. Os orifícios das *bait-laminas* foram preenchidos com a massa nutritiva de cada um dos substratos manualmente, com faca ou espátula, e as lâminas foram limpas com pano úmido ou papel absorvente.

Após secagem em temperatura ambiente, a massa nutritiva tende a reduzir o volume dentro dos orifícios das lâminas, e por isso, foi repetido o procedimento anterior por mais uma ou duas vezes, até que as perfurações ficassem completamente preenchidas após secas. Por fim, as placas foram embaladas em papel filme PVC para evitar possíveis espaços vazios nos orifícios, contaminação e também uma interpretação errônea dos resultados (falso consumo).

As placas foram distribuídas na vertical em três pontos equidistantes em um formato triangular nas unidades amostrais. O ajuste das *bait-lamina* verticais no solo se deram com a inserção prévia de um instrumento com espessura semelhante à da lâmina para evitar que a mesma raspasse no solo, ou até mesmo quebrasse, se o solo estivesse muito compactado.

As amostragens foram realizadas em três períodos: 1, 3 e 5 semanas após a instalação das *bait-laminas*. Em cada período amostral, foram selecionados aleatoriamente três pontos em cada área, dos quais foram coletadas 24 *bait-lamina*. Estas foram embaladas em papel filme PVC e levadas ao laboratório, onde ficaram armazenadas sob refrigeração até a realização de triagem.

Na triagem foram vistoriados todos os orifícios das *bait-lamina* com auxílio de estereomicroscópio com aumento de 40x (Stemis 305, Zeiss, Germany) e quantificado o consumo alimentar da massa nutritiva em cada orifício utilizaram-se três categorias: (1) não consumida, (2) parcialmente consumida e (3) totalmente consumida (PODGAISKI; SILVEIRA; MENDONÇA JR., 2011).

Em caso de contaminação do solo, este foi retirado cuidadosamente com todo o conteúdo de dentro do orifício da *bait-lamina*, e observado a presença ou não da massa nutritiva

no estereomicroscópio. Presença de massa foi inserida na categoria número 2; a ausência de massa, foi considerado como categoria 3.

Além disso, as *bait-lamina* foram avaliadas quanto a profundidade do consumo dentro do solo (1 cm, 5 cm e 10 cm) e ao tipo de substrato nutritivo consumido. As triagens ocorreram em três tempos de permanência no período chuvoso, 1, 3 e 5 semanas, definidos por um ensaio prévio e com auxílio da literatura.

Análises de laboratório foram feitas para identificação de invertebrados e microrganismos. Para a mesofauna, foi avaliada a presença e ausência de invertebrados de solo, seguidas de sua identificação em nível de ordem e família. Para os microrganismos a identificação se baseou em técnicas de isolamento e caracterização morfológica. A avaliação para infestação fúngica segue a seguinte classificação: (1) sem infestação, (2) infestação leve e (3) infestação completa (PODGAISKI; SILVEIRA; MENDONÇA JR., 2011).

Para comparar os diferentes parâmetros foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, indicado para comparar três ou mais amostras independentes, seguido pelo teste *post hoc* de Dunn, para comparações múltiplas. As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 4.2.0 (R Core Team, 2022).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

O consumo da massa nutritiva ao longo dos períodos de permanência das lâminas verticais no solo ilustrou dados assimétricos como indicado pelas medianas (Fig. 1). Não houve diferença no consumo alimentar da massa nutritiva em *bait-lamina* na primeira e terceira semana (Fig. 1). No entanto, a massa nutritiva foi completamente consumida na terceira semana, categoria 3 (Fig. 1).

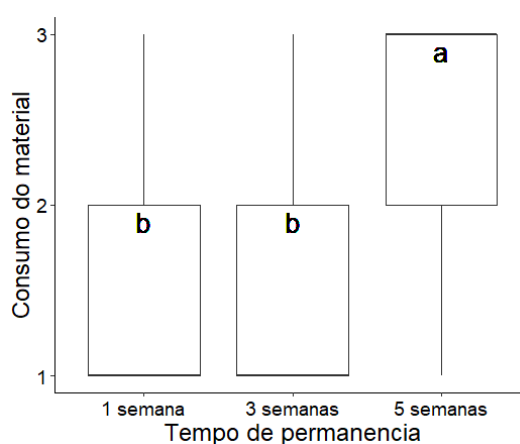


Figura 1. Consumo alimentar da massa nutritiva: (1) não-consumida; (2) parcialmente consumida; (3) totalmente consumida. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Nas categorias de evolução da infestação fúngica (Fig. 2), foi observado um comportamento similar ao do consumo do substrato nutritivo. Nos tempos de permanência de 1 e 3 semanas não houve infestação fúngica aparente ou que pudesse ser observada a presença de hifas ou micélio em estereoscópio, indicado pela mediana na categoria 1 (sem infestação). Contudo, na quinta semana foi possível observar infestação fúngica na categoria 3 (infestação completa) na maioria das *bait-laminas*.

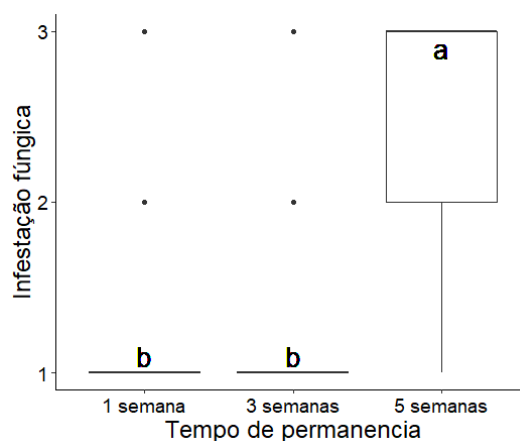


Figura 2. Infestação fúngica de acordo com o tempo de permanência: (1) sem infestação; (2) infestação leve; (3) infestação completa. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Com relação ao consumo alimentar médio para cada tipo de substrato nutritivo (Fig. 3), houve diferença entre o consumo do material padrão, folíolos verdes de babaçu, folíolos verdes e amarelos de sabiá e o folíolo amarelo de babaçu, sendo este último o menos consumido, categoria 1 (não consumido). O substrato nutritivo padrão foi o mais consumido, indicado pela mediana na categoria 3 (totalmente consumido). Entre os substratos compostos pelos folíolos verdes de babaçu, folíolos verde e amarelo de sabiá não houveram diferenças significativas no consumo, os três substratos foram parcialmente consumidos (Fig. 3). Entretanto, o teste de comparação de amostras indica que não houve diferença significativa entre os substratos 2, 3, 4, e 5.

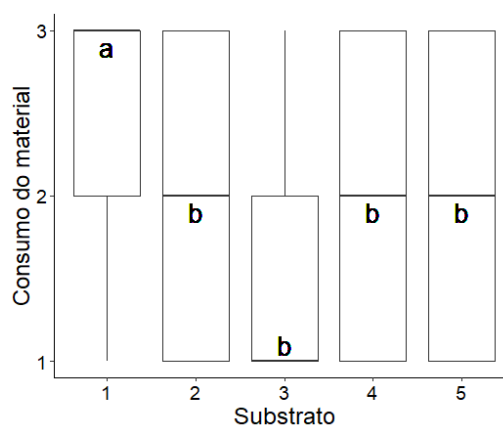


Figura 3. Tipo de substrato: Substrato 1 (Padrão); Substrato 2 (Folículo Verde de Babaçu); Substrato 3 (Folículo Amarelo de Babaçu); Substrato 4 (Folículo Verde de Sabiá); Substrato 5 (Folículo Amarelo de Sabiá). Categorias de consumo: (1) não-consumida; (2) parcialmente consumida; (3) totalmente consumida. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Na mesofauna foi observado os ácaros oribatídeos e da subordem Acaridida e entre os microrganismos, notou-se os fungos saprofitos, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium spp.*, e *Aspergillus flavus*, que desempenham importante papel no processo de decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, ácaros oribatídeos e da subordem Acaridida - este último, conhecido por ser fungívoro e atuar no controle biológico, pois se alimenta de fungos presentes na *bait-lamina*.

Os fungos são considerados os principais microrganismos decompositores nos diferentes ecossistemas. Por serem heterotróficos, precisam obter carbono e energia através da absorção de nutrientes do meio. Muitos fungos no solo são considerados saprófitas e principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, como a serrapilheira do solo (MARQUETE, 2010).

Esses fungos promovem a decomposição das macromoléculas através da produção de enzimas extracelulares, como celulasas, peroxidases, proteases, amilases, entre outras, o que explica o consumo dos substratos nutritivos ricos em proteína, como os folíolos verdes de sabiá, e os mais lignificados, como folíolos amarelos do babaçu (PATRÍCIO et al., 2021). Contudo, o substrato padrão, composto por amido, foi rapidamente consumido, inclusive nas primeiras semanas de instalação das *bait-laminas* em campo, o que indica uma maior concentração de microrganismos especializados, com maior produção da enzima amilase. Por ser um composto facilmente degradado, o amido presente no substrato padrão é fonte rápida de carboidratos menores, como a glicose, e energia, isso explica o consumo total desse material na quinta semana de permanência em todas as *bait-laminas*. Após a hidrólise enzimática, os fungos absorvem as moléculas (glicose, sacarose, peptídeos, etc.) através das hifas fúngicas. Parte desses nutrientes absorvidos são liberados no solo e disponibilizados para as plantas (MARQUETE, 2010).

Os ácaros oribatídeos e acaridídeos encontrados nas *bait-laminas* são importantes no processo de decomposição da matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes e no controle biológico. Os ácaros da subordem Oribatida (Acari: Sarcoptiformes), estão entre os mais abundantes e diversos representantes da mesofauna em quase todo tipo de solo. Estes ácaros se alimentam principalmente de fungos decompositores, mas também de matéria vegetal morta e até mesmo de outros invertebrados do solo, como nematódeos (MINEIRO; FILHO, 2019).

A atividade alimentar e predatória dos ácaros da subordem Oribatida facilita a mineralização da matéria orgânica, realizada diretamente por microrganismos do solo, o que explica sua associação com os fungos filamentosos encontrados nas *bait-laminas*, em uma relação ecológica de predação. Diferenças no tipo de cobertura vegetal entre capoeiras e fragmentos de floresta semidecídua amazônicas também influenciam tanto a riqueza de espécies quanto a composição da fauna de ácaros oribatídeos. Na região amazônica, o tipo e a quantidade de serrapilheira também têm influência na abundância e distribuição destes ácaros. Com isso, a formação de serrapilheira em diferentes tipos de vegetação pode evidenciar comportamentos alimentares e a distribuição populacional diferente (MORAES et al., 2011; CARUSO et al., 2019).

Os ácaros da subordem Acaridida são fungívoros e estão bastante associados a presença de fungos decompositores e contaminantes de ambiente, como fungos de armazenamento, tais como *Aspergillus favus* e *Penicillium* spp. Essa associação está diretamente ligada aos hábitos alimentares desses ácaros, destacando a espécie *Tyrophagos* sp. (MINEIRO; MORAES, 2002; PRICE, 1973; HUGHES, 1976; KRANTZ, 1978). Em vegetações secundárias, como capoeiras, e em florestas tropicais, também são observadas baixo número desses ácaros, o que se assemelha com os resultados obtidos neste estudo. Segundo Philips (1990), os gêneros mais comumente encontrados em solo e folheto de regiões temperadas são *Tyrophagus* sp., *Rhizoglyphus* sp. e *Histiostoma* sp., embora apenas o primeiro tenha sido encontrado neste estudo. Por outro lado, tanto *T. putrescentiae* quanto *R. echinopus* têm sido também relatadas como predadoras de insetos e nematoides no solo. A importância destes ácaros como inimigos naturais destes fungos precisa ser melhor avaliada com maior tempo de permanência em campo e em diferentes estações do ano, não somente em condições chuvosas, haja vista que no período chuvoso e com alta umidade a população desses ácaros tende a diminuir (MINEIRO; FILHO, 2019).

Os resultados apresentados neste estudo não corroboram com as hipóteses relacionadas ao mecanismo de HFA, que consiste em elucidar como as interações entre detritos vegetais e fauna decompositora influenciam na dinâmica da decomposição nos diversos ecossistemas (OLIVA; VEEN; TANAKA, 2023). Nas condições descritas por essa teoria, fatores como a composição química da matéria orgânica do solo, determinadas pelas concentrações e proporções entre nutrientes e compostos estruturais, e a comunidade decompositora do solo, são considerados mais relevantes no controle do processo de decomposição realizado por microrganismos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

O mecanismo de HFA afirma que, mantidas as demais condições constantes, a decomposição da matéria orgânica de um determinado tipo de vegetação ocorrerá de forma mais rápida em locais onde a espécie é presente em comparação a locais onde a espécie é ausente (VEEN; SUNDQVIST; WARDLE, 2015). O mecanismo de HFA sugere, portanto, uma possível adaptação da fauna decompositora ao material orgânico existente no local, o que resulta em uma maior eficiência na decomposição do material vegetal (PEREZ et al., 2013), pois a comunidade local de decompositores se torna adaptada, ao longo do tempo, para decompor a matéria orgânica de muitas espécies presentes neste ecossistema, independentemente de sua qualidade (FRESCHET; AERTS; CORNELISSEN, 2012).

Com as *bait-laminas* instaladas em um curto período de tempo e na estação chuvosa não foi possível comprovar a teoria do HFA na pesquisa como demonstrado nos resultados de consumo do material vs. tipos de substrato. A ocorrência do mecanismo de HFA em ecossistemas florestais tem sido constantemente questionada em estudos que buscam entender como, ao longo do tempo, as interações entre plantas e organismos decompositores são estabelecidas durante a decomposição (FRESCHET; AERTS; CORNELISSEN, 2012).

Esta dependência consiste que a maioria dos estudos que constata a ocorrência deste mecanismo são realizados em ecossistemas temperados, onde há baixa diversidade de espécies e comparam ambientes e qualidade da matéria orgânica altamente contrastantes com relação a sua composição, o que leva ao questionamento de como este processo poderia atuar em ecossistemas tropicais, nos quais há alta biodiversidade e temperaturas constantemente elevadas ao longo do ano. Estudos que avaliam a ocorrência do mecanismo de HFA, o fazem manipulando apenas a presença e ausência do material nutritivo em relação a presença e ausência da planta que o origina. Pouco se sabe por exemplo, se o mecanismo de HFA sobre a decomposição de um determinado material varia ao longo de um gradiente em relação a quantidade absoluta e relativa desse material no solo (HÄTTENSCHWILLER; TIUNOV; SCHEU, 2005; GIEBELMANN et al., 2011; BERGLUND; ÅGREN, 2012; FRESCHET; AERTS; CORNELISSEN, 2012; JEWELL et al., 2015).

Na literatura há vários estudos que não corroboram com a ocorrência de HFA na decomposição foliar, inclusive os estudos que fazem parte da minoria realizados em ecossistemas tropicais em cenários no qual foram utilizados também uma única espécie alvo. Apesar de não termos analisado as *bait-laminas* em um maior período de tempo e em outras sazonalidades a fauna e microrganismos que decompueram os resíduos foliares, a literatura nos permite inferir que a sua especificidade em decomposição pode ter sido moldada através dos insumos dos recursos que eram disponíveis no passado, ou seja, a fauna pode ter se

especializado em decompor detritos de espécies mais antigas, havendo a necessidade da realização de estudos com maior tempo de permanência e em diferentes estações do ano (GIEBELMANN et al., 2011).

Outro ponto que pode explicar este resultado é o fato do clima tropical na área de estudo ser provavelmente adequado para a manutenção de diversas e grandes quantidades de decompositores atuam na matéria orgânica de qualidade diversificada com rapidez, dificultando a atuação do mecanismo do *Home Field Advantage* (GIEBELMANN et al., 2011). A decomposição de N dos resíduos foliares ou da serrapilheira como um todo, através de sua influência no HFA, foi analisado em estudos recentes (VIVANCO; AUSTIN, 2011; ALLISON et al., 2013). Mais estudos sobre como o N afeta a ocorrência, direção e magnitude do HFA na decomposição vegetal em diversos ecossistemas de diversas regiões são necessários.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método *Bait-lamina* foi satisfatório em descrever a atuação de microrganismos e ácaros como decompositores mais eficientes no âmbito dos nutrientes disponíveis no local, contrapondo-se aos nutrientes disponíveis em um único resíduo vegetal. Porém, este estudo não foi eficiente para testar a teoria da HFA em ecossistemas tropicais nas condições de intensas chuvas e em um curto período de tempo, necessitando ser implementado com maior tempo de permanência em campo e em diversas condições climáticas, para que possa preencher parte das lacunas existentes sobre esse tema, abrindo espaço para que trabalhos futuros possam fazer uma investigação minuciosa, fornecendo informações de um panorama mais completo deste cenário de atuação do mecanismo HFA sobre a vida das espécies vegetais.

No entanto, o método *bait-lamina* apresenta muitas potencialidades de uso no Brasil, para fins de relatar atividades de invertebrados e microrganismos de solo, os quais são essenciais na descrição e indicação das taxas de decomposição da matéria orgânica em áreas de vegetação secundária, haja vista a crescente demanda pelo uso racional e sustentável da terra.

REFERÊNCIAS

ALDORFOVÁ, A.; KNOBOVÁ, P.; MÜNZBERGOVÁ, Z. Plant-soil feedback contributes to predicting plant invasiveness of 68 alien plant species differing in invasive status. **Oikos** v.129, n. 8, p. 1257-1270, 2020.

ALLISON, S. D.; LU, Y.; WEIHE, C.; GOULDEN, M. L.; MARTINY, A. C.; TRESEDER, K. K.; MARTINY, J. B. H. Microbial abundance and composition influence litter decomposition response to environmental changes. **Ecologia**, v. 94, p. 714-725, 2013.

ANDRÉ, A.; ANTUNES, S. C.; GONÇALVES, F.; PEREIRA, R. Bait-lamina assay as a tool to assess the effects of metal contamination in the feeding activity of soil invertebrates within a uranium mine area. **Environmental Pollution**, 157: 2368-2377, 2009.

ANDRINO, A.; GUGGENBERGER, G.; SAUHEITL, L.; BURKART, S.; BOY, J. Carbon investment into mobilization of mineral and organic phosphorus by arbuscular mycorrhiza. **Biology and Fertility of Soils** v. 57, p. 47-54, 2021.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** v. 32, n. 7-8, p. 921-950, 2001.

BERGLUND, S. L.; ÅGREN, G. I. When will litter mixtures decompose faster or slower than individual litters? A model for two litters. **Oikos**, Hoboken, v. 121, n. 7, p. 1112-1120, 2012.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo**. Piracicaba, São Paulo: ESALQ, 2^a. ed., 2016.

CARUSO, T.; SCHAEFER, I.; MONSON, F.; KEITH, A. M. Oribatid mites show how climate and latitudinal gradients in organic matter can drive large - scale biodiversity patterns of soil communities. **Journal of Biogeography**: 1-10, 2019.

CASTRO, B. L. G.; SILVA, J. S. Análise de Índices de Vegetação Para Classificação de Áreas Potenciais de Ocorrência de *Attalea Speciosa* Mart. Ex Spreng. Barra do Garças – MT, **Revista Georaguaia**, v. 10, n. 2, p. 86-101, 2020.

DIEKÖTTER, T.; WAMSER, S.; WOLTERS, V.; BIRKHOFFER, K. Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 137: 108-112, 2010.

DOVE, N. C.; KLINGEMAN, D. M.; CARRELL, A. A.; CREGGER, M. A.; SCHADT, C. W. Fire alters plant microbiome assembly patterns integrating the plant and soil microbial response to disturbance. **New Phytologist** v. 230, n. 6, p. 2433-2446, 2021.

FANIN, N.; LIN, D.; FRESCHET, G. T.; KEISER, A. D.; AUGUSTO, L.; WARDLE, D. A.; VEEN, G. F. Home-field advantage of litter decomposition: from the phyllosphere to the soil. **New Phytologist**, vol. 231, p. 1353–1358, 2021.

FILZEK, P. D.; SPURGEON, D. J.; SVENDSEN, G. B. C.; HANKARD, P. K. Metal Effects on soil invertebrate feeding: measurements using the bait-lamina method. **Ecotoxicology**, 13: 807–816, 2004.

FRESCHET, G. T.; AERTS, R.; CORNELISSEN, J. H. C. Multiple mechanisms for trait effects on litter decomposition: moving beyond home-field advantage with a new hypothesis. **Journal of Ecology**, Hoboken, v. 100, p. 619–630, 2012.

FROUZ, J. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. **Geoderma** v. 332, p. 161-172, 2018.

GE, X.; ZENG, L.; XIAO, W.; HUANG, Z.; GENG, X.; TAN, B. Effect of litter substrate quality and soil nutrients on forest litter decomposition - A review. **Acta Ecologica Sinica** v. 33, n. 2, p. 102-108, 2013.

GIEBELMANN, U. C.; MARTINS, K. G.; BRAENDLE, M.; SCHAEGLER, M.; MARQUES, R.; BRANDI, R. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 49, p. 5-10, 2011.

GUIDETTI ZAGATTO, M. R.; ARAÚJO, A. P. de; SOUZA, A. J. de; PEREIRA, C. M.; BALDESIN, L. F.; PEREIRA, R. F.; JURANDY, E.; CARDOSO, B. N. *Acacia mangium* increases the mesofauna density and diversity in the litter layer in *Eucalyptus grandis* plantations. **European Journal of Soil Biology** v. 94, 2019.

GUNDALE, M. J.; KARDOL, P. Multi-dimensionality as a path forward in plant-soil feedback research. **Journal of Ecology** v. 109, n. 10, p. 3446-3465, 2021.

HAMEL, C.; SCHELLENBERG, M. P.; HANSON, K. G.; WANG, H. Evaluation of the ‘‘bait-lamina test’’ to assess soil microfauna feeding activity in mixed grassland. **Applied soil ecology**, 36: 199–204, 2007.

HÄTTENSCHWILER, S.; TIUNOV, A. V.; SCHEU, A. S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 36: 191–218, 2005.

HUGHES, A. M. The mites of stored food and houses. **Technical Bulletin 9**. 2nd edition. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, 400p. 1976.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. <https://portal.inmet.gov.br/>. 2022.

JEWELL, M. D.; SHIPLEY, B.; PAQUETTE, A.; MESSIER, C.; REICH, P. B. A traits-based test of the home-field advantage in mixed-species tree litter decomposition. **Annals of Botany**, Oxford, v. 105, p. 1-8, 2015.

JOLY, X.; COULIS, M.; GÉRARD, A.; FROMINA, N.; HÄTTENSCHWILER, S. Litter-type specific microbial responses to the transformation of leaf litter into millipede feces. **Soil Biology and Biochemistry** v. 86, p. 17-23, 2015.

KRANTZ, G. W. **A Manual of Acarology**. 2nd edition. Oregon State University Book Stores, Inc. Corvallis, 509p. 1978.

KRATZ, W. The bait-lamina test – general aspects applications and perspectives. **Environmental Science and Pollution Research**, 5: 94–96, 1998.

LAGINHAS, B. B.; BRADLEY, B. A. Global plant invaders a compendium of invasive plant taxa documented by the peer-reviewed literature. **Ecology**, v. 103, n. 2, 2021.

LIAO, H.; LI, D.; ZHOU, T.; HUANG, B.; ZHANG, H.; CHEN, B.; PENG, S. The role of functional strategies in global plant distribution. **Ecography** v. 44, n. 4, p. 493-503, 2021.

MARQUETE, I. C. A. **A importância dos fungos decompositores para a natureza e para o ser humano**. Secretaria de Estado da Educação do Paraná /Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE. Londrina, 2010.

MCLAUCHAM, K. K.; HIGUERA, P. E.; MIESEL, J.; ROGERS, B. M.; SCHWEITZER, J.; SHUMAN, J. K. et al. Fire as a fundamental ecological process - Research advances and frontiers. **Journal of Ecology** v. 108, n. 5, p. 2047-2069, 2020.

MINEIRO, J. L. de C.; FILHO, M. F. de S. Acarofauna Edáfica em Duas Áreas de Mata Ciliar, em Cosmópolis e Iracemópolis, Estado de São Paulo, Brasil. **Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 1, p. 1-30, 2019.

MINEIRO, J. L. de C.; MORAES, G. J. de. Actinedida e Acaridida (Arachnida: Acari) Edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, 31 (1), 2002.

MORAES, J.; FRANKLIN, E.; MORAIS, J. W.; SOUZA, J. L. P. Species diversity of edaphic mites (Acari: Oribatida) and effects of topography, soil properties and litter gradients on their qualitative and quantitative composition in 64 km² of forest in Amazonia. **Experimental and Applied Acarology**, 55: 39-63, 2011.

NAKAZAWA, T. Species interaction Revisiting its terminology and concept. **Ecological Research** v. 35, n. 6, p. 1106-1113, 2020.

NI, M.; DEANE, D. C.; LI, S.; WU, Y.; SUI, X.; XU, H.; CHU, C.; HE, F.; FANG, S. Invasion success and impacts depend on different characteristics in non-native plants. **Diversity and Distributions** v. 27, n. 7, p. 1194-1207, 2020.

OLIVA, R. L.; VEEN, G. F.; TANAKA, M. O. Soil nutrient dissimilarity and litter nutrient limitation as major drivers of home field advantage in riparian tropical forests. **Biotropica**, vol. 55, Issue 3, p. 628-638, 2023.

PATRÍCIO, A. da S.; MENDOZA, A. Y. G.; CAVALCANTE, F. S. A.; SANTOS, V. S. dos; LIMA, R. A. Levantamento de Macrofungos na Reserva Natural de Palmari, Atalaia do Norte, Amazonas, Brasil. **Revista Biodiversidade**, v. 20, n. 3, p. 91-99, 2021.

PEREZ, G.; AUBERT, M.; DECAENS, T.; TRAP, J.; CHAUVAT, M. Home-field advantage: a matter of interaction between litter biochemistry and decomposer biota. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 67, p. 245–254, 2013.

PHILIPS, J. R. Acarina: Astigmata (Acaridida), p.757- 778. In D.L. Dindal. (ed.) **Soil Biology Guide**. A Wiley - Interscience Publication, John Wiley & Sons, U.S.A., 1990.

PIVELLO, V.; VIEIRA, M.; GROMBONE-GUARATINI, M.; MATOS, D. Thinking about super-dominant populations of native species – Examples from Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation** v. 16, n. 2, p. 74-82, 2018.

PODGAISKI, L. R.; RODRIGUES, G. G. Leaf-litter decomposition of pioneer plants and detritivore macrofaunal assemblages on coal ash disposals in Southern Brazil. **European Journal of Soil Biology**, 46: 394-400, 2010.

PODGAISKI, L. R.; SILVEIRA, F. S.; MENDONÇA JR., M. de S. Avaliação da Atividade Alimentar dos Invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil – *Bait-Lamina Test*. **EntomoBrasilis** 4 (3): 108-113, 2011.

PRICE, D. W. Abundance and vertical distribution of microarthropods in the surface layers of a California pine forest soil. **Hilgardia** 42: 121-47. 1973.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2022. URL <https://www.R-project.org/>.

REINECKE, A. J.; ALBERTUS, R. M. C.; REINECKE, S. A.; LARINK, O. The effects of organic and conventional management practices on feeding activity of soil organisms in vineyards. **African Zoology**, 43: 66-74, 2008.

REINECKE, A. J.; HELLING, B.; LOUW, K.; FOURIE, J.; REINECKE, S. A. The impact of different herbicides and cover crops on soil biological activity in vineyards in the Western Cape, South Africa. **Pedobiologia**, 46: 475–484, 2002.

REN, Y.; XUN, W.; YAN, H.; MA, A.; XIONG, W.; SHEN, Q.; ZHANG, R. Functional compensation dominates the assembly of plant rhizospheric bacterial community. **Soil Biology and Biochemistry** v. 150, 2020.

RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P.; SCHOUTEN, T.; RIEPERT, F. Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S61-S64, 2006.

ROZEN, A. Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test in monocultures of 14 tree species in the Siemianice common garden experiment, Poland. **Applied Soil Ecology**, 45: 160-167, 2010.

SILVÉRIO, D. V.; BRANDO, P. M.; BALCH, J. K.; PUTZ, F. E.; NEPSTAD, D. C.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; BUSTAMANTE, M. M. C. Testing the Amazon savannization hypothesis - fire effects *Brachiaria* invasion in native Cerrado margins. **Philosophic Transactions of the Royal Society B** v. 368, n. 1619, 2018.

USDA. **Keys to soil taxonomy**. US Department of Agriculture and Natural Resources Conservation, Washington, DC, 338p. 2010.

VAN GESTEL, C. A. M.; KRUIDENIER, M.; BERG, M. P. Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. **Biology and Fertility of Soils**, 37, 115-123, 2003.

VEEN, G. F.; SUNDQVIST, M. K.; WARDLE, D. A. Environmental factors and traits that drive plant litter decomposition do not determine home-field advantage effects, **Functional Ecology**, v. 29, p. 981–991, 2015.

VIVANCO, L.; AUSTIN, A. T. A adição de nitrogênio estimula a decomposição da serapilheira e atrapalha a interação de espécies na Patagônia, Argentina. **Mudança Global Biologia**, 17 edition, p. 1963 - 1974, 2011.

VON TÖRNE, E. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. **Pedobiologia**, 34: 89–101, 1990.

WILSON, J. B. The twelve theories of co-existence in plant communities - the doubtful, the important and the unexplored. **Journal of Vegetation Science** v. 22, n. 1, p. 184-195, 2011.

ZHANG, D.; HUI, D.; LUO, Y.; ZHOU, G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. **Journal of Plant Ecology**, 1: 1–9, 2008.

ZAYNAB, M.; FATIM, M.; ABBAS, S.; SHARIF, Y.; UMAIR, M.; ZAFAR, H.; BAHADAR, K. Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. **Microbial Pathogenesis** v. 124, p. 198-202, 2018.

ZWETSLOOT, M. J.; UCROS, J. M.; WICKINGS, K.; WILHELM, R. C.; SPARKS, J.; BUCKLEY, D. H.; BAUERLE, T. L. Prevalent root-derived phenolics drive shifts in microbial community composition and decomposition in forest soil. **Soil Biology and Biochemistry** v. 145, 2020.

CAPÍTULO III

**BIOMASSA MICROBIANA EM QUATRO PARES DE ÁREAS MONOESPECÍFICAS
DA PALMEIRA BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) E DA LEGUMINOSA ARBÓREA
SABIÁ (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.)**

**BIOMASSA MICROBIANA EM QUATRO PARES DE ÁREAS MONOESPECÍFICAS
DA PALMEIRA BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) E DA LEGUMINOSA ARBÓREA
SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.)**

Odenilson de Deus Ribeiro LIMA¹, Eduarda de Sousa CARVALHO², Maria Elisabeth DETERT³, Christoph GEHRING⁴

¹ Universidade Estadual do Maranhão, Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil. denis_rlima@hotmail.com

² Universidade Estadual do Maranhão, Graduação em Engenharia Agrônoma da UEMA, Cidade Universitária Campus Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil. dudacarvalho09082002@gmail.com

³ Associação Educação e Meio Ambiente, Engenheira Agrônoma, Pirapemas, Maranhão. me.detert@hotmail.com

⁴ Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil. christophgehring@yahoo.com.br

BIOMASSA MICROBIANA EM QUATRO PARES DE ÁREAS MONOESPECÍFICAS DA PALMEIRA BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart.) E DA LEGUMINOSA ARBÓREA SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.)

RESUMO:

A biomassa microbiana do solo é a parte viva da matéria orgânica responsável por processos bioquímicos e biológicos e é significativamente modificada por condições ambientais como clima, aeração, disponibilidade de nutrientes minerais e também carbono orgânico. O objetivo deste estudo foi determinar os teores de nitrogênio e carbono da biomassa microbiana do solo (BMS), bem como a respiração basal do solo (RBS) em áreas mono específicas de babaçu e da leguminosa sabiá. A amostragem foi realizada nas áreas de vegetação secundária e capoeira espontânea, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm e retiradas de 24 pontos amostrais, guardadas sob refrigeração em caixas de isopor no campo e depois em geladeira a +4 °C e processados em aproximadamente sete semanas após as coletas. A determinação do nitrogênio e do carbono da biomassa microbiana foi realizada através dos processos de digestão, destilação e titulação das amostras. A Respiração Basal foi determinada pela incubação e titulação das amostras. Os teores de N da Biomassa Microbiana do Solo diferiram entre as vegetações, sendo superiores nas áreas de sabiazal; com relação aos valores de carbono, não houve diferença entre babaçual e sabiazal. O CO₂ liberado na respiração também apresentou valores maiores nas áreas de sabiazal, não apresentando diferenças entre os pontos amostrais dentro da vegetação. Podemos concluir que as áreas de sabiazal apresentam uma dinâmica de decomposição de resíduos orgânicos mais intensa, fornecendo as condições ideais para a formação de substrato para a microbiota do solo e liberação de CO₂.

Palavras-chave: Nitrogênio, Carbono, Nutrientes, Pousio, Respiração Basal.

MICROBIAL BIOMASS IN FOUR PAIRS OF MONOSPECIFIC AREAS OF THE BABASSU PALM (*Attalea speciosa* Mart.) AND THE TREE LEGUMINOUS SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.)

ABSTRACT:

Soil microbial biomass is the living part of organic matter responsible for biochemical and biological processes and is significantly modified by environmental conditions such as climate, aeration, availability of mineral nutrients and also organic carbon. The objective of this study was to determine the nitrogen and carbon contents of soil microbial biomass (BMS), as well as soil basal respiration (RBS) in monospecific areas of babassu and the leguminous sabiá. Sampling was carried out in areas of secondary vegetation and spontaneous vegetation, soil samples were collected at depths of 0-10 cm and taken from 24 sampling points, stored under refrigeration in styrofoam boxes in the field and then in a refrigerator at +4 °C and processed approximately seven weeks after collection. The determination of nitrogen and carbon in microbial biomass was carried out through the processes of digestion, distillation and sample titration. Basal Respiration was determined by incubation and titration of samples. The N contents of the Soil Microbial Biomass differed between the vegetation, being higher in the sabiá areas, in relation to the carbon values, there was no difference between babassu and sabiá. The CO₂ released in respiration also presented higher values in the sabiá areas, with no differences between the sampling points within the vegetation. We can conclude that sabiá areas present a more intense organic residue decomposition dynamic, providing ideal conditions for the formation of substrate for the soil microbiota and release of CO₂.

Keywords: Nitrogen, Carbon, Nutrients, Fallow, Basal Respiration.

1 INTRODUÇÃO

A biomassa microbiana do solo (BMS) é a parte viva da matéria orgânica responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e é significativamente modificada por condições ambientais como clima, aeração, disponibilidade de nutrientes minerais e também carbono orgânico. Assim, em situações onde mais resíduos orgânicos são depositados no solo e onde há muitas raízes, a biomassa microbiana é estimulada, levando a um aumento da população e atividade microbiana (ARAÚJO et al., 2019). Por sua vez, a biomassa microbiana é primordial a variados processos ocorridos no solo como: a decomposição de resíduos orgânicos; degradação de poluentes; ciclagem e solubilização de nutrientes, estruturação do solo e o controle biológico de patógenos (SIMON et al., 2017). Portanto, a biomassa é considerada um indicador da qualidade do solo, a partir da observação de microrganismos, e em último estágio, responsável pela recuperação de energia e nutrientes que outros processos não conseguem (OLIVEIRA et al., 2021). Essa biomassa é composta por fungos, bactérias, mas também actinomicetos que ocorrem nos processos de formação do solo, como intemperismo de rochas e decomposição de resíduos orgânicos, além de conter 2% e 5% de carbono orgânico, 1% a 5% de nitrogênio total do solo (FERNANDES et al., 2011).

A palmeira babaçu é uma árvore típica das regiões norte e nordeste, é uma palmeira de tronco simples, robusto, imponente, com até 20 m de altura que se distribui isoladamente na floresta ou em áreas abertas, sendo mais frequente em áreas degradadas, onde a espécie é pioneira e dominante. Ocorre em maior quantidade no estado do Maranhão, sendo o maior produtor do fruto, com 90% do total das amêndoas desta oleaginosa produzidas e comercializadas no país (PORRO, 2022). É importante ressaltar que a palmeira babaçu apresenta maior importância ecológica, social e política como produto extrativo (LUZ et al., 2020).

Juntamente com a palmeira babaçu outra espécie que ocorre naturalmente na região nordeste é o sabiá, uma leguminosa forrageira tolerante a solos ácidos. Na estação seca, o sabiá perde as folhas, como estratégia para evitar a perda de água. Enquanto a queda das folhas, e também dos ramos, forma uma camada de serrapilheira, a qual se acumula sobre o solo, formando uma cobertura vegetal morta (HERCULANO et al., 2022). Se caracteriza por sua habilidade de crescimento em áreas degradadas e frequentemente queimadas (NASCIMENTO et al., 2020). A quantidade de biomassa fornecida de forma significativa formando serrapilheira, é importante fonte de nutrientes e matéria orgânica ao solo, podendo proporcionar melhoria na

sua estrutura e servir como cobertura vegetal. Por essas características e principalmente por ser uma espécie com potencial para reflorestamento em áreas degradadas, torna-se uma espécie de interesse para agricultores, indústrias e comunidade científica (MENDES et al., 2013).

A inter-relação do solo com as duas espécies de destaque na região nordeste é um aspecto a ser analisado diante da vasta dimensão de ocupação das terras pela palmeira babaçu, sua significativa importância regional, sua adaptabilidade e resistência, como também a leguminosa sábia que viabiliza a fixação de nitrogênio, resistência às secas e crescimento em áreas degradadas.

Dentro do exposto, sendo a biomassa microbiana uma fração lábil da matéria orgânica do solo, a determinação do nitrogênio e do carbono da biomassa microbiana pode refletir mudanças na matéria orgânica e no desenvolvimento do solo, já que os microrganismos do solo mediam vários processos que afetam o ecossistema e estão associados com a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, mudanças nos estoques de C e na dinâmica da matéria orgânica. Com isso, o objetivo deste estudo foi determinar os teores de nitrogênio e carbono da biomassa microbiana do solo (BMS), bem como a respiração basal do solo (RBS) em áreas monoespecíficas de babaçu e da leguminosa sabiá.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ESQUEMA EXPERIMENTAL

A amostragem foi realizada em quatro pares de áreas de vegetação secundária espontânea (dois pares de capoeira inicial de 6-7 anos e dois pares de capoeira avançada de 15-25 anos de idade), distribuídos nos municípios de Cantanhede, Matões do Norte e Pirapemas localizados na região Centro-Norte do Maranhão. Cada par de área constitui de uma área monoespecífica de babaçu e outra monoespecífica de sabiá como tratamentos principais, as duas áreas com aproximadamente a mesma idade, e com textura e formação de solo semelhantes, sendo todas as áreas planas.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical subúmido (*Aw*) com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que compreende de dezembro a maio, e o outro seco, que vai de junho a novembro. No período chuvoso registrou-se médias mensais de 290,4 mm com maior índice de precipitação no mês de março, contudo, as precipitações anuais apresentam média de 114,2 mm (INMET, 2022).

Os solos da área experimental são classificados como Plintossolos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, e correspondem aos Ultisols e Alfisols na *Soil Taxonomy*, se diferenciando pelos teores de bases trocáveis (USDA, 2010).

A textura do solo é composta por areia fina, os solos são ácidos, com baixa disponibilidade de cátions, forte fixação de P e problemas com toxicidade de Al. Devido aos frequentes ciclos de corte e queima e à redução dos períodos de pousio, a vegetação secundária é baixa em biodiversidade vegetal e dominada por espécies ruderais agressivas, notadamente o babaçu (CASTRO; SILVA, 2020).

2.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm e retiradas de 24 pontos amostrais, guardadas sob refrigeração em caixas de isopor no campo e depois em geladeira a +4 °C e processados em aproximadamente 7 semanas após as coletas.

2.3 PROCEDIMENTO LABORATORIAL

O nitrogênio da biomassa microbiana foi determinado segundo Mendonça; Matos (2005). O processamento das amostras foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia – LANAB da Universidade Estadual do Maranhão.

2.3.1 Determinação do Nitrogênio da Biomassa Microbiana

Preparo de Soluções:

A solução extratora de K_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ teve pH ajustado entre 6,5 - 6,8. Foi dissolvido 87 g de K_2SO_4 em 500 mL água deionizada, transferido para balão volumétrico e o volume ajustado para 1 L. Para a solução de hidróxido de sódio ($NaOH$ 10 mol L^{-1}) foi pesado 400 g de $NaOH$ e dissolvido em 800 mL de água destilada em Becker de 1 L. Após o esfriamento, foi transferida para um balão volumétrico de 1000 mL. Para a mistura de digestão, foi moído em almofariz separadamente 100 g de Na_2SO_4 , 10 g de sulfato de cobre e 1 g de selênio (metálico). Foi misturado e moído novamente a mistura. Para a solução indicadora de Ácido Bórico, foi dissolvido 40 g de ácido bórico em 1.400 mL de água quente, 0,660 g de verde de bromocresol e 0,330 g de vermelho de metila em 1.000 mL de etanol 95%. Em seguida, transferida a solução de ácido bórico para um balão volumétrico de 2 L e adicionado 40 mL da solução de verde de

bromocresol mais vermelho de metila em etanol. Logo depois, misturado as soluções no balão volumétrico e ajustado o volume para 2 L com água destilada. Na solução de HCl 0,005 mol L⁻¹, foi dissolvido 0,85 mL de HCl concentrado em 2 L de água destilada. Para a solução padrão de TRIS a 0,05 mol L⁻¹, foi pesado 0,6057 g de Tris-(hidroximetil) amino metano (previamente seco à 102 °C por 2 horas). Sendo dissolvido o reagente em 50 mL de água e transferido para balão volumétrico de 100 mL, completando o volume.

Na padronização do HCl, foi pipetado 2 mL da solução TRIS 0,050 mol L⁻¹ em Erlenmeyer de 125 mL (em duplicata). Sendo adicionado 10 mL de água destilada e 5 mL do indicador de ácido bórico. A solução (TRIS + ácido bórico) foi titulada com a solução de HCl 0,005 mol L⁻¹. No ponto de viragem o indicador passou da cor verde-claro à rosa-claro permanente. Calculou-se a concentração real do ácido através da fórmula:

$$\mathbf{H^+ \text{ (mol L}^{-1}\text{)} = 10.00 \times 0,050 / \text{mL H}^+}$$

Extração:

Foi pesado 20 g de amostra de solo em placa de Petri para irradiação e outras 20 g em Erlenmeyer que não foi irradiada. As amostras foram submetidas a irradiação em micro-ondas de acordo com o tempo previamente calculado. Após a irradiação as amostras foram transferidas, com ajuda de um funil, para outro Erlenmeyer, identificando as amostras irradiadas e não irradiadas. Em seguida, utilizou-se a mesma placa de cada amostra para pesar 10 g de solo que foi levado a estufa a 105 °C por 24 horas para determinação da umidade.

Depois das amostras irradiadas e não irradiadas estarem em Erlenmeyer, foi adicionado 80 mL da solução extratora com auxílio de uma proveta de 100 mL. As amostras foram agitadas por 30 minutos em agitador horizontal, em seguida, ficando em repouso por mais 30 minutos. O sobrenadante foi filtrado em recipiente de vidro, com auxílio de papel de filtro quantitativo lento.

Determinação da N-Biomassa:

Pipetado 20 mL do extrato em tubos de digestão de 100 mL, foi adicionado 1 mL de H₂O₂ 30% mais 2 mL de H₂SO₄, sendo deixado para esfriar entre 10-15 minutos. Foi acrescentado 0,7 g da mistura de digestão e colocado no bloco digestor com a temperatura a 110 °C, sendo mantida esta temperatura até que o volume abaixasse para aproximadamente 5 mL (para evitar extravasamento), elevando em seguida a temperatura a 250 °C. Após clareamento da solução (cor amarelo-esverdeado), a temperatura foi mantida por 2 horas. As

amostras esfriaram em placa de amianto, em seguida adicionando 5 mL de água destilada com agitação. Com as amostras digeridas, foi iniciado o processo de destilação com a coleta de 35 a 40 mL do destilado, sendo titulado com HCl 0,005 mol L⁻¹.

2.3.2 Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana

Preparo de Soluções:

A solução extratora de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ teve pH ajustado entre 6,5 - 6,8. Foi dissolvido 87 g de K₂SO₄ em 500 mL de água deionizada, e transferido para balão volumétrico com volume para 1 L. O pH foi ajustado com NaOH (1 mol L⁻¹). Para a solução de dicromato de potássio, foi dissolvido 19,4 g de dicromato de potássio (seco em estufa a 140 °C por 1 hora) em 800 mL de água deionizada, sendo transferida para balão volumétrico de 1000 mL. Para a solução de sulfato ferroso amoniacal, esse reagente foi dissolvido em 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, diluído a 800 mL com água destilada e, após esfriado, foi completado o volume até 1 L com água destilada. Para a solução indicadora de Ferroin, foi dissolvido 1,485 g de o-fenantrolina e 0,695 g de FeSO₄ em 100 mL de água destilada.

Extração:

20 g da amostra de solo foram pesadas em placas de Petri para irradiação e outras 20 g em Erlenmeyer que não foram irradiadas, submetendo-as a irradiação em micro-ondas de acordo com o tempo previamente calculado. Após a irradiação as amostras foram transferidas, com ajuda de um funil, para outro Erlenmeyer, identificando irradiadas e não irradiadas. Em seguida, foi utilizada a mesma placa de cada amostra para pesar 10 g de solo que foi levado a estufa á 105 °C por 24 horas para determinação da umidade.

Depois das amostras irradiadas e não irradiadas estarem em Erlenmeyer, foi acrescentado 80 mL da solução extratora com auxílio de uma proveta de 100 mL, sendo agitada por 30 minutos em agitador horizontal, com repouso de mais 30 minutos, em seguida, filtrando o sobrenadante em recipiente de vidro, com auxílio de papel de filtro quantitativo lento.

Determinação da C-Biomassa:

A determinação do carbono presente nos extratos foi feita de acordo com Tedesco et al. (1995). Foi pipetado 10 mL do extrato filtrado para um Erlenmeyer de 125 mL, adicionado 2 mL da solução de dicromato de potássio com ajuda de pipeta volumétrica e acrescentado 10 mL de H₂SO₄ com proveta ou dosador, aguardando esfriar em seguida. Logo após, foi

adicionado 50 mL de água destilada para esfriar. Foram adicionadas três gotas de Ferroin (indicador), iniciando o processo de titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal. Foram realizadas 6 provas em branco, sendo 3 contendo a solução extratora e todos os outros reagentes, e as outras 3 sem a solução extratora.

2.3.3 Determinação da Respiração Basal do Solo

A respiração basal do solo foi determinada com a incubação de amostras de 50 g de solo úmido com 10 mL de água e 10 mL de NaOH 0,5 M em frascos de 1.000 mL, hermeticamente fechados e incubados por 7 dias a 30 °C no escuro. O CO₂ liberado foi determinado pela titulação da solução restante de NaOH dos frascos com HCl 1 M, usando fenolftaleína como indicador (SIMON et al., 2017).

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Devido aos dados não atenderem aos pressupostos de normalidade, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis que representa com maior precisão o centro de distribuição dos dados. As análises visuais dos conjuntos de dados foram realizadas através do programa Statistica.v 10.0. Enterprise (StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, EUA).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os teores de N da Biomassa Microbiana do Solo (Figura 1) diferiram entre as vegetações. Observou-se que as áreas monoespecíficas da leguminosa sabiá apresentaram maiores percentuais de nitrogênio da biomassa microbiana, comparadas com as áreas monoespecíficas da palmeira babaçu. Em contraponto, com relação aos valores de carbono da biomassa microbiana do solo, não houve diferença significativa entre babaçual e sabiazal (Figura 2).

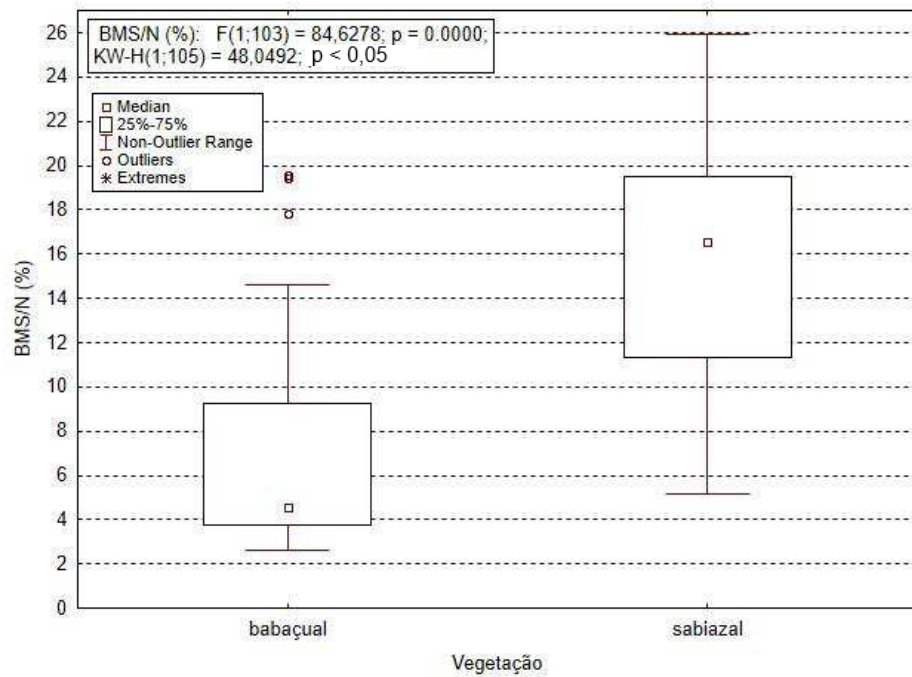


Figura 1. Teor de nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo entre babaçal e sabiazal.

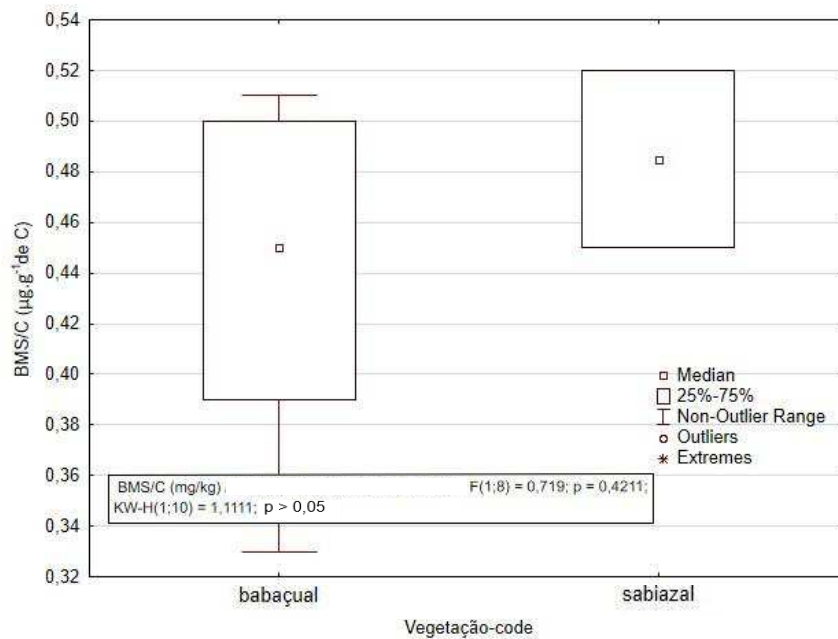


Figura 2. Carbono da Biomassa Microbiana do Solo entre babaçal e sabiazal.

O CO₂ liberado na respiração também apresentou valores maiores nas áreas de sabiazal, não apresentando diferenças significativas entre os pontos amostrais dentro da vegetação (Figura 3).

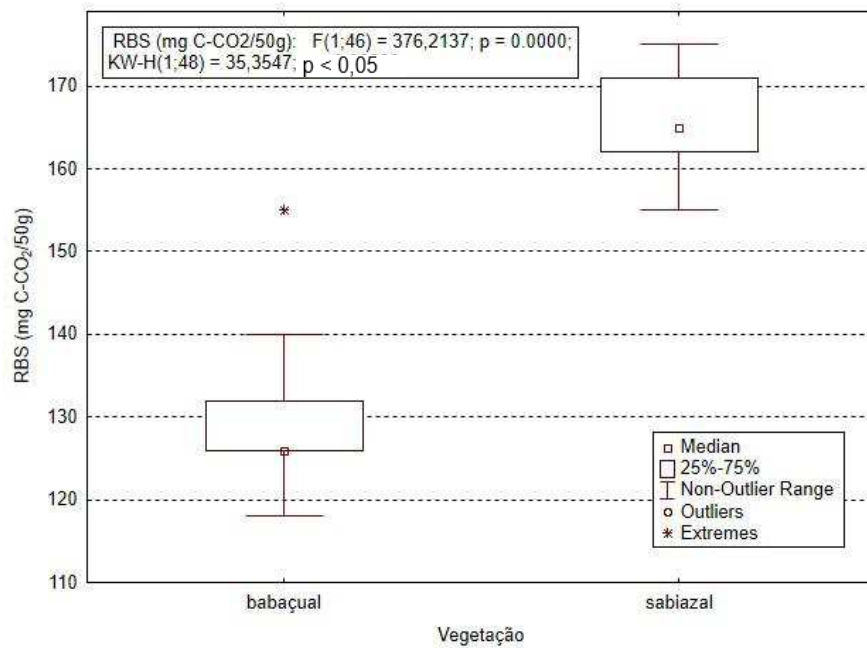


Figura 3. Respiração Basal do Solo entre babaçal e sabiazal.

As áreas de vegetação de sabiazal, por apresentarem uma leguminosa com conhecido potencial de fixação biológica de N₂, os teores de nitrogênio se mostraram maiores quando comparados com a vegetação dominada por babaçal, assim como demonstrados por Araújo et al. (2019).

Nas áreas de vegetação secundária de domínio da leguminosa sabiá ocorre a formação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes diferenciados pela origem do material vegetal encontrado, que no caso de leguminosas apresentam baixa relação C/N, ou seja, apresentam uma rápida decomposição, e esta alta mineralização se torna fonte de nutrientes para o solo. Todos esses parâmetros citados apresentam capacidade de modificar relações físico-químicas do solo, alterando a disponibilidade de micronutrientes, aumentando relações entre microrganismos do solo e sua fauna edáfica (DHALIWAL et al., 2019).

A matéria orgânica do solo é proveniente, em sua maior parte, da vegetação e seus resíduos que, em grandes quantidades e manejados adequadamente, exercem ação protetora contra a desagregação do solo pela chuva por aumentarem a formação e a estabilidade dos agregados (VELOSO; CECAGNO; BAYER, 2019). Considerando que plantas se diferenciam entre si sobre a agregação do solo, Ros et al. (1997), Amado et al. (2001) e Aita et al. (2001) constataram que a fitomassa de leguminosas têm potencial para suprir, não só o carbono orgânico, mas também contribuir para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Nóbrega (1999) acrescenta que grandes quantidades de resíduos vegetais com relação C/N moderadas podem ajudar a estabilizar a estrutura do solo por períodos maiores, atribuindo-se esse efeito ao reforço interno dos agregados originado das secreções bacterianas. Esse fato foi constatado por Campos et al. (1995), os quais relataram que os compostos orgânicos e a ação microbiana têm atuação na estabilidade de agregados, pela alta correlação apresentada entre o conteúdo de carbono orgânico e a atividade microbiana com o diâmetro médio geométrico dos agregados.

O uso de leguminosas é uma prática conservacionista que utiliza a própria vegetação para proteger o solo da erosão. Outro grande benefício do seu uso é a produção de matéria orgânica que, através de sua incorporação, estimula diversos processos químicos e biológicos melhorando sua fertilidade (BERGO et al., 2006).

As áreas monoespecíficas da palmeira babaçu apresentaram menores teores de nitrogênio na biomassa microbiana por causa da decomposição lenta das folhas, com os resíduos permanecendo por mais tempo no solo, formando uma base para o acúmulo de matéria orgânica, caracterizando uma alta relação C/N (LUZ et al., 2020).

De acordo com Ramos et al. (2016), o carbono e o nitrogênio além de outros nutrientes, são utilizados por microrganismos presentes no solo para a realização de atividades metabólicas, tais nutrientes são considerados limitantes, já que sua concentração e disponibilidade podem afetar o processo de decomposição. Para Martins (2021), a relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é um dos indicadores mais reconhecidos que exerce influência na decomposição e liberação de nutrientes, tendo em vista que o aumento na disponibilidade de nutrientes na serrapilheira é influenciado por baixas relações carbono e nitrogênio (C/N), enquanto a mitigação da erosão do solo por serrapilheira é impulsionada por alta relação carbono e nitrogênio (C/N).

Imbana et al. (2021), empregaram plantas leguminosas como plantas de cobertura na janela de plantio e observaram que as plantas leguminosas são capazes de aumentar o estoque de carbono do solo mesmo em curto prazo. Tendo em vista que cultivar essas plantas constitui uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produção agrícola sustentável. Para Maia (2019), a disponibilidade de carbono (C) e nitrogênio (N) dos resíduos orgânicos no solo interfere no tamanho da biomassa microbiana, e conseqüentemente, nas taxas de decomposição. As transformações do nitrogênio (N) pela biomassa microbiana do solo (BMS), e o tempo em que vão ocorrer, dependem da qualidade e da disponibilidade do resíduo adicionado no solo, e também, basicamente, da relação carbono e nitrogênio (C/N) do material.

A relação carbono e nitrogênio (C/N) vai determinar a velocidade com que vai ocorrer a decomposição dos resíduos orgânicos pelos microrganismos do solo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo podemos observar que o uso da leguminosa sabiá em áreas de pousio aumentaram o estoque de nitrogênio total do solo pelo acúmulo de serrapilheira, no entanto, outros processos de degradação do solo podem ser mitigados em áreas de babaçual devido a sua alta relação C/N. Dentro do exposto, podemos concluir que as áreas de sabiazal apresentam uma dinâmica de decomposição de resíduos orgânicos mais intensa, fornecendo as condições ideais para a formação de substrato para a microbiota do solo e liberação de CO₂.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. da. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 157-165, 2001.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.
- ARAUJO, T. dos S.; GALLO, A. de S.; ARAUJO, F. dos S.; SANTOS, L. C. dos; GUIMARÃES, N. de F.; SILVA, R. F. da. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 42 (2), p. 347-357, 2019.
- BERGO, C. L.; PACHECO, E. P.; MENDONÇA, H. A. D.; MARINHO, J. T. D. S. Avaliação de Espécies Leguminosas na Formação de Cafezais no Segmento da Agricultura Familiar no Acre. **Acta Amaz.**, v. 36, n. 1, p. 19-24, 2006.
- CAMPOS, B. D.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 121- 125, 1995.
- CASTRO, B. L. G. e; SILVA, J. S. Análise de Índices de Vegetação Para Classificação de Áreas Potenciais de Ocorrência de *Attalea Speciosa* Mart. Ex Spreng. Barra do Garças – MT, **Revista Georaguaia**, v. 10, n. 2, p. 86-101, 2020.
- DHALIWAL, S. S.; NARESH, R. K.; MANDAL, A.; SINGH, R.; DHALIWAL, M. K. Dinâmica e transformações de micronutrientes em solos agrícolas influenciados pelo acúmulo

de matéria orgânica: uma revisão. **Indicadores Ambientais e de Sustentabilidade**, v. 1-2, p. 2-14, 2019.

FERNANDES, M. M.; MOURA, M. R. D.; LIMA, R. P.; NÓBREGA, R. S. A. Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana e do Solo de Uma Área Degradada Revegetada Com Tamboril no Sul do Piauí. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Re.C.E.F**, Garça, SP, v. 18, n. 1, p. 13-21, 2011.

FERREIRA, A. M. N. **O total aproveitamento do coco babaçu (*Orbignya oleifera*)**. Monografia (Graduação em Biologia) – Faculdade de Ciências Biológicas, universidade de Brasília, Brasília, 2011.

HERCULANO, E. V. A.; SILVA, V. F.; RIBEIRO, I. R.; MEDEIROS, L. F. M.; FARIAS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, W. A. Crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 02, p. 913-925, 2022.

IMBANA, R.; BLUM, S. C.; AGUIAR, M. I. de; SOUSA, G. G. de; NDAMI, M.; DABÓ, I. Leguminosas como plantas de cobertura para melhoria da qualidade do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 4, p. 351-357, 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. <https://portal.inmet.gov.br/>. 2022.

LIMA, F. L. dos S.; SAMPAIO, R. M. B. C.; SOUSA, E. P. de; SANTOS, C. E. de R. S e. Desenvolvimento de mudas de sabiá com diferentes isolados de rizóbio no Sertão de Pernambuco. In: **I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade e III Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, Campina Grande, 2019.

LUZ, R. L.; LEITE, M. F. A.; ZELARAYÁN, M. C.; BODDEY, R. M.; GEHRING, C. Litter decomposition and nutrient release dynamics of leaves and roots of the babassu palm in eastern Amazonia. **Acta Amazonica**, vol. 50, p. 213-222, 2020.

MAIA, J. N. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária**. Dissertação – Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2019.

MARTINS, F. M. **Efeitos da estrutura funcional de Sistemas Agroflorestais sobre as relações C/N nos tecidos vegetais e serapilheira**. Dissertação (Programa de Agroecossistema) – Agroecossistema, a Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2021.

MENDES, M. M. C.; CHAVES, L. de F. de C.; NETO, T. P. P.; SILVA, J. A. A. da; FIGUEIREDO, M. do V. B. Crescimento e sobrevivência de mudas de Sabiá (*Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth.) inoculadas com micro-organismos simbiotes em condições de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 309-320, 2013.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 107, 2005.

NASCIMENTO, C. A. de J.; MORAES, K. da S.; DINIZ, D. C.; GEHRING, C. Efeito do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) na atividade microbiana do solo em diferentes estágios de sucessão vegetal. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe, v. 15, n. 2, 2020.

NÓBREGA, J. C. A. **Adição de fosfato e de micorriza, e estabilidade de agregados em amostras de Latossolos cultivados e não cultivados**. 1999. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Lavras Lavras, 1999.

OLIVEIRA, J. B. de; MEDEIROS, E. V. de; SANTOS, M. D. C. H. dos; SILVA, J. S. A.; COSTA, D. P. da; FRANÇA, R. F. da; DUDA, G. P. Efeito da Aplicação de Biochar Sobre o Carbono da biomassa Microbiana em Solo Cultivado com Melão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 368-377, 2021.

PORRO, R. Dimensões diferenciadas do engajamento camponês no extrativismo do babaçu. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Belém, v. 30, n. 2, p. 1-27, 2022.

RAMOS, N. P.; YAMAGUCHI, C. S.; PIRES, A. M. M.; ROSSETTO, R.; POSSENTI, R. A.; PACKER, A. P.; CABRAL, O. M. R.; ANDRADE, C. A. Decomposição de palha de cana-de-açúcar recolhida em diferentes níveis após a colheita mecânica. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1492-1500, 2016.

ROS, C. O. da; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do Solo a Partir de Campo Nativo: Efeito Sobre a Forma e Estabilidade da Eestrutura ao Final de Cinco Anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 241- 247, 1997.

SIMON, C. A.; CORDEIRO, M. S.; LIMA, S. F.; BRASIL, M. S.; DE DAVID, C. H.; SECCO, V. A. Microbial Activity in a Soil With Cover Crops in Succession With Maize in a No-Tillage System. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 92, n. 2, p. 198 – 207, 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, 2.ed. UFRGS, p. 174, 1995.

USDA. **Keys to soil taxonomy**. US Department of Agriculture and Natural Resources Conservation, Washington, DC, 338p. 2010.

VELOSO, M. G.; CECAGNO, D.; BAYER, C. Legume cover crops under no-tillage favor organomineral association in microaggregates and soil C accumulation. **Soil and Tillage Research**, vol. 190, p. 139-146, 2019.

ANEXO

ANEXO A – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA EM AGRONEGÓCIO E MEIO AMBIENTE – RAMA

Orientações Gerais:

A Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA publica somente artigos inéditos e originais, e que não estejam em avaliação simultânea em outro periódico.

AUTORIA - A quantidade de autores aceitos na elaboração do artigo é, no máximo, de seis (06) autores;

IDIOMA - Serão aceitas contribuições em: Português, Inglês ou Espanhol desde que estejam no formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (não ultrapassar 2MB);

PROCESSO EDITORIAL - Todos os processos são executados eletronicamente. Os manuscritos só iniciarão o processo de tramitação se estiverem de acordo com as "Condições para submissão e Normas gráficas".

1 - POLÍTICA DE ACESSO ABERTO

1.1 - A RAMA, editada pela Universidade Cesumar - UniCesumar, possui acesso em formato de Acesso Aberto permitindo a leitura e download, bem como a cópia e disseminação de seu conteúdo de acordo com as políticas de *copyright Creative Commons Attribution 4.0*.

1.2 - TAXAS DE PROCESSAMENTO DE ARTIGO (ARTICLE PROCESSING CHARGE - APC) E SUBMISSÃO

1.2.1 - A RAMA cobra dos autores a taxa de processamento de artigos e/ou taxa de publicação (APC).

1.2.2 - Valor cobrado é de R\$ 250,00 para artigos no formato: artigo original, artigo de revisão, relatos de caso ou técnicas.

1.2.2 - A taxa será cobrada dos artigos **aprovados** pelo Conselho Editorial, após as revisões por pares, conforme o item 2.1.2 - O procedimento adotado para aceitação definitiva ver “Segunda etapa”.

1.2.3 - A RAMA fornecerá aos autores, mediante a solicitação via e-mail, documentos necessários para confirmar o pagamento da taxa, perante a programas de pós-graduação, instituições empregadoras ou órgãos de fomento à pesquisa.

1.2.4 - Após a **aprovação do artigo**, os autores receberão instruções via e-mail de como proceder quanto às formas de efetuar o pagamento da taxa.

1.2.4.1 - Os artigos aprovados nos idiomas inglês e espanhol obrigatoriamente deverão passar por revisores certificados na língua estrangeira, indicados pela revista RAMA no item 2.2.2, e este serviço deverá ser custeado pelos autores. Após a revisão do artigo, os autores deverão enviar o arquivo final aprovado via sistema. Os autores receberão instruções via e-mail de como proceder com a transferência.

1.2.5 - **Taxas de submissão** - A RAMA não cobra taxas de submissão.

1.3 - POLÍTICA CONTRA PLÁGIO E MÁS CONDUTAS EM PESQUISA

1.3.1 - A RAMA em respeito a política de proteção e propriedade intelectual enfatiza aos futuros autores que desejam enviar suas pesquisas ao periódico que visitem o website da COPE (*Committee on Publication Ethics*) (<https://publicationethics.org/>) e leiam mais sobre as informações para autores quanto à ética em pesquisa, bem como plágio, más práticas, fraudes, possíveis violações de ética etc.

1.3.2 – Todas as novas submissões enviadas para a RAMA são verificadas quanto a: submissões duplicadas e/ou manuscritos já publicados. Caso identificado, os autores serão comunicados e a submissão retirada de fila para designação da avaliação.

1.3.3 - A RAMA informa que os artigos serão avaliados pelo sistema *Cross Check* logo após o recebimento da carta de aprovação, para verificação de plágio. Os artigos que atingirem um alto nível de similaridade de plágio serão encaminhados aos editores e ao conselho para emissão do deferimento de rejeição do artigo.

2 - TIPOS DE ARTIGOS ACEITOS

- **Artigos Originais:** divulgam os resultados de pesquisas inéditas e permitem a reprodução destes resultados dentro das condições citadas no trabalho. Para os artigos originais recomenda-se seguir a estrutura convencional, conforme as seguintes seções: Resumo; Abstract; Introdução; Metodologia; Resultados; Discussão; e Conclusão. A seção Agradecimentos é opcional. Desejável utilizar referências dos últimos 5 anos (pelo menos 50%);

- **Artigos de Revisão:** analisam e discutem trabalhos de outros autores, revisões bibliográficas etc. (ESTA "SEÇÃO" ESTÁ TEMPORARIAMENTE SUSPensa, DEVIDO À GRANDE QUANTIDADE DE SUBMISSÕES EM AVALIAÇÃO - 2021);

- **Relatos de Caso ou Técnicas:** apresentação da experiência profissional, baseada em estudo de casos peculiares e/ou de novas técnicas. Os relatos deverão basear-se nas técnicas mais avançadas e apropriadas à pesquisa. Quando apropriado, deverá ser atestado que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição.

Observação: O Conselho Editorial informa que a partir de 2016 "Não serão aceitos trabalhos apresentados e/ou publicados em sua totalidade ou parciais em Eventos Científicos, Congressos, Encontros, Jornadas, Conferências, Simpósios e eventos similares".

2.1 - Somente serão aceitos para publicação na RAMA 02 (dois) trabalhos de cada autor por ano.

2.2.1 - A revista enfatiza ao (s) autor (es) que busque (m) assessoria linguística profissional (revisores certificados no idioma português, inglês e espanhol) antes de submeter (em) originais que possam conter incorreções e/ou inadequações morfológicas, sintáticas, idiomáticas ou de estilo.

2.3 - PROCEDIMENTOS PARA ACEITAÇÃO DOS ARTIGOS:

2.3.1 - O artigo deve ser original, isto é, não ter sido publicado em qualquer outro periódico no país;

2.3.2 - O procedimento adotado para aceitação definitiva será:

- **Primeira Etapa:** A Equipe Editorial e o Conselho Editorial analisam se o manuscrito encontra-se dentro das áreas definidas no link **Foco e Escopo** da revista, bem como se o artigo está dentro das normas de publicação.

- **Segunda Etapa:** Os artigos serão avaliados por no mínimo dois consultores da área de conhecimento da pesquisa, de instituições de ensino e/ou pesquisa nacionais e estrangeiras, de comprovada produção científica. Após as devidas correções e possíveis sugestões, o artigo será aceito se tiver dois pareceres favoráveis.

2.4 - Em sendo aprovado nessas duas etapas, o artigo será publicado no primeiro número da revista com espaço disponível.

2.5 - O periódico não tem como critério exclusivo de publicação a ordem cronológica na qual recebe os textos, e sim sua aceitação nas etapas descritas acima.

2.6 - O Conselho Editorial não se compromete a devolver os originais enviados.

2.7 - Os direitos autorais pertencem exclusivamente aos autores. Os direitos de licenciamento utilizados pelo periódico é a licença *Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)*.

3 - INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS

3.1 – A RAMA, E-ISSN 2176-9168 (on-line), é uma publicação trimestral da Universidade Cesumar - UniCesumar.

3.1.1 - Publica artigos originais que estejam vinculados às áreas: Meio ambiente, Agronegócio e Tecnologias Limpas e seus subtemas correlacionados descritos em Foco e Espoco.

3.1.2 - Artigos com temas fora dos informados no Foco e Escopo serão convidados a submeterem em outro periódico em que seu tema se enquadre melhor.

3.2 - Os autores serão convidados a declarar que o manuscrito é uma pesquisa original, e que não está sendo submetido, em parte ou no seu todo, à análise para publicação em outro periódico científico, bem como se possui Conflito de Interesses.

3.2.1 - Os conflitos de interesses podem surgir quando autores, revisores ou editores possuem interesses que, aparentes ou não, podem influenciar a elaboração ou avaliação de manuscritos. O conflito de interesses pode ser de natureza pessoal, comercial, política, acadêmica ou financeira. A confiabilidade pública no processo de revisão por pares e a credibilidade de artigos publicados dependem em parte de como os conflitos de interesses são administrados durante a redação, revisão por pares e tomada de decisões pelos editores.

Observação: É obrigatório que a autoria do manuscrito declare a existência ou não de conflitos de interesse. Mesmo julgando não haver conflitos de interesse, o (s) autor (es) deve (m) declarar essa informação no ato de submissão do artigo, no **Passo 2: Transferência do manuscrito**, e transferir o Modelo de declaração de conflito de interesse, assinada por todos os autores, para legitimar a idoneidade dos resultados do estudo submetido em formato de arquivo "**PDF**" como Documentos suplementares.

3.2.2 - Os dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos nos artigos, bem como a exatidão das referências, são de inteira responsabilidade do (s) autor (es). A eventual citação de produtos e marcas comerciais não significa recomendação de seu uso por parte do Conselho Editorial da revista.

3.3 - Para as submissões de artigos no idioma Inglês ou Espanhol, após a carta de aceite do arquivo final, deverão encaminhar o artigo para revisão do idioma, aos revisores credenciados pela revista (ver item 3.3.1), é de responsabilidade dos autores o custo das revisões. Os autores receberão instruções via e-mail de como proceder com a transferência no sistema do arquivo revisado.

3.3.1 - Revisores e/ou Tradutores Indicados

LD TRADUÇÕES - www.ldtraducoes.com.br; *e-mail*: contato@ldtraducoes.com.br

American Journal Experts (AJE) São Paulo (SP) www.aje.com/pt/services

Benchmark Software e Traduções - ERICA M. TAKAHASHI DE ALENCAR

E-mail: erica.tradutora@gmail.com e/ou Whatsapp: (41) 99679-4654

THOMAS BONNICI

E-mail: bonnici@wnet.com.br

e Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2253237526673836>

Observação: Os pesquisadores deverão assumir os custos da tradução, bem como solicitar uma declaração/certificado da tradução e encaminhar quando solicitado pela revista.

3.4 - NORMAS GRÁFICAS PARA ELABORAR O ARTIGO:

3.4.1 - São adotadas, neste periódico, as normas de documentação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Recomenda-se a consulta às normas:

- NBR 10.520/2002 - Citações em documentos - Apresentação;
- NBR 6024/2012 - Numeração progressiva das seções de um documento;
- NBR 6023/2018 - Referências - Elaboração;
- NBR 6028/2003 - Resumos;
- NBR 6022/2018 - Artigo em publicação periódica científica impressa - Apresentação;
- Normas de Apresentação Tabular IBGE, 1993 para tabelas e quadros;

3.4.2 - Formatação do artigo: O artigo científico deverá conter entre o mínimo de 10 e o máximo de 20 páginas, incluindo referências bibliográficas;

3.4.3 – Layout

- **Papel:** A4 (tamanho 21 cm X 29,70 cm);
- **Margem:** Margem Superior e Esquerda de 3 cm;

- **Margem:** Margem Inferior e Direita de 2 cm;
- **Parágrafo:** Justificado com recuo de 1,25 cm na primeira linha;
- **Espaçamento para o texto:** Entre linhas 1,5 cm em todo o artigo, com exceção do resumo, referências, citações diretas, depoimentos, tabelas e quadros que deverão ter espaçamento simples;
- **Fonte:** *Times New Roman*, tamanho 12 no texto, com exceção das citações diretas acima de 3 linhas que a fonte deverá ser 10;
- **Formato do arquivo:** *Word* (.doc ou .docx), *OpenOffice* ou RTF (não ultrapassar 2MB);
- Serão desclassificados sumariamente os artigos apresentados em formato PDF.

3.4.4 Estrutura do artigo deve ser a seguinte:

TEXTO PRINCIPAL:

Deve ser subdividido, em: INTRODUÇÃO, 2 MATERIAL E MÉTODOS, 3 RESULTADO E DISCUSSÃO, 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS, 5 AGRADECIMENTO (opcional) e REFERÊNCIAS.

- O texto deve ser escrito usando fonte tamanho 12;
- O espaçamento entre as linhas deve ser 1,5;
- O alinhamento do texto deve ser justificado e a primeira linha do parágrafo deve ter recuo de 1,25 cm;
- Se, porventura, o trabalho utilizar termos em língua estrangeira, estes deverão ser escritos usando o modo itálico, exceto a palavra *apud* e *et al*;

Exemplos: *workaholic*, *gestalt*, *copenhagenerzimmtzöts*.

TÍTULOS DAS SEÇÕES:

Devem ter numeração progressiva, conforme NBR6024/2012, e alinhamento à margem esquerda, sem utilizar ponto, hífen, travessão ou qualquer outro sinal após o indicativo da seção ou de seu título.

Exemplo de formatação das seções/títulos:

- SEÇÃO PRIMÁRIA: **LETRA MAIÚSCULA e negrito;**
- SEÇÃO SECUNDÁRIA: LETRA MAIÚSCULA e sem negrito;
- Seção Terciária: Em **Negrito** e Somente o Início das Palavras em maiúsculo.

TÍTULO E SUBTÍTULO:

- Deve conter título em português e em idioma estrangeiro (Inglês);
- Deve estar figurado no topo da página e centralizado, em letras maiúsculas em negrito, fonte *Times New Roman*, tamanho 14;

- Deverá conter **obrigatoriamente 100 caracteres ou 14 palavras**, ser claro, conciso e refletir a essência do artigo.

AUTORIA DO ARTIGO:

Para assegurar a integridade do anonimato dos autores e garantir o processo de avaliação por pares às cegas, todas as informações sobre autoria **NÃO** devem constar no arquivo do artigo ou qualquer outra informação oculta que possa identificar os mesmos.

- As informações relativas aos **AUTORES** deverão ser preenchidas no momento da submissão do artigo no **3º passo - Dados da submissão - Lista de coautores**;

- Preencher: nome completo, o número identificador (**ID**) do **ORCID e ID Lattes**, e-mail, filiação institucional e informar no campo "Biografia": última titulação acadêmica, curso/departamento/instituição ao qual pertence (m), cidade, estado e país;

- Não será aceita posteriormente à submissão a inclusão de nomes de autores que não foram preenchidos no passo Metadados, por isso sugerimos a máxima atenção para esse passo descrito no item acima.

RESUMO:

- Após o título deve-se escrever a palavra Resumo em fonte tamanho 12, negrito, alinhado à esquerda, seguido de dois pontos. Deve-se ainda iniciar seu conteúdo logo em seguida da palavra RESUMO: que deve estar em um único parágrafo de, no máximo, 15 linhas ou 250 palavras, sem recuo na primeira linha. Deve ser usado espaçamento simples entre linhas, justificado, em fonte tamanho 12, sem citação de autoria.

PALAVRAS-CHAVE:

- Estas **NÃO** devem estar presentes no título. Deve-se pular uma linha de 1,5 de espaçamento após o texto do resumo. Conter no mínimo 3 (três) e no máximo 5 (cinco) palavras-chave que identificam a área do artigo e sintetizam sua temática para indexação, com alinhamento justificado, separadas entre si por ponto e vírgula, seguido de inicial maiúscula.

ABSTRACT:

- Em Inglês, com formatação igual à do Resumo.

KEYWORDS:

- Em Inglês, com formatação igual à das Palavras-chave.

CITAÇÕES:

- As citações deverão seguir o sistema de chamada **AUTOR/DATA (NBR 10520/2002)**. Quando a obra possuir até três (3) autores, indicam-se todos, na mesma ordem em que aparecem na obra, emprega-se (;) entre os autores. Quando a obra possuir mais de três (3) autores, menciona-se o primeiro, seguido da expressão et al.;

- **As citações longas** (que ultrapassam a três linhas) devem ser digitadas sem aspas, em tamanho 10, com recuo de 4 cm da margem esquerda, sem recursos tipográficos itálico ou negrito e com espaçamento entre linhas simples (1 cm);

- **As citações curtas** (com até três linhas) devem estar inseridas normalmente no texto, com uso de aspas duplas, sem recurso tipográfico itálico ou negrito e sem alteração do tamanho da letra. Em ambos os casos, não esquecer de citar o autor, ano e página de onde o texto foi retirado (NBR 10520/2002);

- Todas as citações devem aparecer na lista de referências e vice-versa.

ILUSTRAÇÕES:

- As ilustrações desempenham o papel de auxiliar, ou seja, complementam ou apoiam a expressão de ideias do texto e pode-se utilizar como recursos ilustrativos: figura, fotos, quadros, fluxograma ou tabela etc;

- **Será permitido por artigo o conjunto de 7 (sete) elemento gráficos, entre:** figuras, tabelas, gráficos e quadros. Solicitamos que estas não ultrapassem uma página e, sejam inseridas no texto, logo após citadas;

- **As Tabelas e Quadros** devem ser elaborados no Word, caso necessite de correções;

- **Para figuras e gráficos** estas devem ser digitalizadas, deverão ter 300 dpi de resolução e preferencialmente gravadas no formato jpg ou png. Ilustrações em cores serão aceitas para publicação.

AGRADECIMENTOS: (opcional)

- Podem ser mencionadas colaborações de pessoas, instituições ou agradecimento por apoio financeiro, auxílios técnicos, que mereçam reconhecimento, mas não justificam a sua inclusão entre os autores.

REFERÊNCIAS:

- As referências bibliográficas devem ser redigidas segundo a norma NBR 6023/2018 da ABNT e deverão ser listadas em ordem alfabética no final do artigo somente aquelas citadas no texto. Devem ser atualizadas contendo, preferencialmente, os trabalhos mais relevantes publicados nos últimos 5 (cinco) anos, sobre o tema.

4 - INSTRUÇÕES SOBRE AS REFERÊNCIAS

Deve-se seguir a Norma ABNT NBR 6023/2018. Nas referências deverão constar apenas autores e obras mencionados no texto. Devem ser elaboradas em espaço simples, alinhadas à margem esquerda do texto e separadas entre si por uma linha em branco de espaço simples.

4.1 - ORIENTAÇÕES GERAIS

4.1.1. Indicação de Responsabilidade

- Sobrenome e prenomes: O sobrenome deve estar em caixa alta, e os prenomes abreviados conforme exemplo: SANTOS, A. L.;

- De um a três autores (deve-se indicar todos os autores separados por ponto e vírgula);

- De quatro ou mais autores, quando houver, convém indicar todos. A revista RAMA orienta que todos sejam informados, porém, permite-se que identifique apenas o primeiro, seguido da expressão et al.;
- Os títulos dos periódicos deverão ser abreviados conforme o Catálogo Coletivo Nacional do IBICT, em negrito, com o local de publicação;
- Nas novas diretrizes da revista as referências **deverão conter o DOI**, mesmo que na norma NBR 6023/2018, informe ser item complementar.

4.1.2 Exemplos

ARTIGO EM PERIÓDICOS E/OU MATÉRIA DE JORNAL

SIMONS, R. Qual é o nível de risco de sua empresa? **HSM Management**, São Paulo, v. 3, n. 16, p. 122-130, set./out. 1999.

DANTAS, José Alves et al. Regulação da auditoria em sistemas bancários: análise do cenário internacional e fatores determinantes. **Rev. contab. finanç**, São Paulo, v. 25, n. 64, p. 7-18, jan./abr. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-70772014000100002>.

OTTA, L. A. Parcela do tesouro nos empréstimos do BNDES cresce 566% em oito anos. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, ano 131, n. 42656, 1 ago. 2010. Economia & Negócios, p. B1.

VERÍSSIMO, L. F. Um gosto pela ironia. **Zero Hora**, Porto Alegre, ano 47, n. 16.414, p. 2, 12 ago. 2010. Disponível em: <http://www.clicrbs.com.br/zerohora/jsp/default.jsp?uf=1&action=flip>. Acesso em: 12 ago. 2010.

LIVRO

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez, 2002.

CAPÍTULO DE LIVRO

FRIGOTTO, G. Os delírios da razão: crise do capital e metamorfose conceitual no campo educacional. In: GENTILI, A. H. **Pedagogia da exclusão: crítica ao neoliberalismo em educação**. Petrópolis: Vozes, 1995. p. 77-108.

CONGRESSO

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L.; REZENDE, J. Influência da correção e do preparo do solo sobre algumas propriedades químicas do solo cultivado com bananeiras. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais [...]** Petrolina: Embrapa, CPATSA, 1994. p. 3-4.

CONGRESSO INTERNACIONAL DO INES, 8.; SEMINÁRIO NACIONAL DO INES, 14., 2009, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Educação de Surdos, 2009. 160 p. Tema: Múltiplos atores e saberes na educação de surdos.

LEGISLAÇÃO

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, ano 139, n. 8, p. 1-74, 11 jan. 2002. PL 634/1975.

JURISPRUDÊNCIA

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (2. Turma). **Recurso Extraordinário 313060/SP**. Leis 10.927/91 e 11.262 do município de São Paulo. Seguro obrigatório contra furto e roubo de automóveis. Shopping centers, lojas de departamento, supermercados e empresas com estacionamento para mais de cinquenta veículos. Inconstitucionalidade. Recorrente: Banco do Estado de São Paulo S/A - BANESPA. Recorrido: Município de São Paulo. Relatora: Min. Ellen Gracie, 29 de novembro de 2005. Lex: jurisprudência do Supremo Tribunal Federal, São Paulo, v. 28, n. 327, p. 226-230, 2006.

Para mais exemplos consulte a NBR 6023/2018.

Seções aceitas para submissão na revista:

Agronegócio

Na seção Agronegócio

serão avaliados artigos que se enquadrem nas áreas: Economia Agrária e dos Recursos Naturais; Economia Internacional (relacionado ao Agronegócio); Política Internacional (relacionada ao Agronegócio); Políticas Públicas (relacionadas ao Agronegócio); Agroecologia e Produção Familiar.

Meio Ambiente

Na seção Meio Ambiente

serão avaliados artigos que se enquadrem nas áreas: Química Ambiental; Qualidade do Ar, das Águas e do Solo; Conservação de Solo e Água; Conservação de Bacias Hidrográficas; Arborização de Vias Públicas; Adequação Ambiental; Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos; Aspectos Físico-Ambientais do Planejamento Urbano e Regional.

Tecnologias Limpas

Na seção Tecnologias Limpas

serão avaliados artigos que se enquadrem nas áreas: Resíduos Sólidos, Domésticos e Industriais; Controle da Poluição; Estudos e Caracterização de Efluentes Industriais; Aproveitamento de Energia; Energia de Biomassa; Recuperação de Áreas Degradadas.

Declaração de Direito Autoral

A Revista se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com o intuito de manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores. As opiniões emitidas pelos autores são de sua exclusiva responsabilidade.

Os direitos autorais pertencem exclusivamente aos autores. Os direitos de licenciamento utilizado pelo periódico é a licença Creative Commons Attribution Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. São permitidos o compartilhamento (cópia e distribuição do material em qualquer meio ou formato) e adaptação (remixar, transformar, e criar a partir do

trabalho, mesmo para fins comerciais), desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta Revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.