

SERAPILHEIRA NO PARÁ: MÉTODOS DE COLETA, VALORES DE REFERÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NOS ÚLTIMOS 40 ANOS (1980-2019)

Julia Isabella de Matos Rodrigues^{1*}
Myriam Suelen da Silva Wanzerley²
Walmer Bruno Rocha Martins³
Francisco de Assis Oliveira⁴

RESUMO: A serapilheira desempenha funções imprescindíveis para a manutenção dos ecossistemas, por isso, seu estudo é indispensável. Entretanto, os trabalhos publicados têm apresentado variações consideráveis quanto à periodicidade de amostragem e métodos de coleta. Assim, objetivou-se quali-quantificar a produção científica e as instituições de origem das publicações sobre serapilheira no Pará nos últimos 40 anos (1980-2019). Constatou-se 34 artigos científicos, destes a maioria (38%) foi publicado no período de 2015-2019. Em 21,28% dos trabalhos houve parcerias com pesquisadores internacionais e 8,51%, interestaduais. 91,43% das publicações científicas foram oriundas de instituições públicas, com destaque para Universidade Federal Rural da Amazônia (27,66%). Na autoria, predominaram profissionais concomitantemente com estudantes de pós-graduação. Encontrou-se trabalhos em apenas 16 municípios, com destaque para Paragominas, Castanhal e Belém. A avaliação da deposição ocorreu em 82,35% dos estudos, o estoque foi representado por 17,65%. A deposição de serapilheira nos ecossistemas variou de $4,56 \pm 1,71 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $8,51 \pm 1,76 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para ecossistemas de pastagem e de floresta aluvial. No estoque, devido à insuficiência de trabalhos, só foi possível definir o padrão para floresta secundária, com média de $6,33 \pm 2,79 \text{ Mg ha}^{-1}$. A concentração de nutrientes da deposição de serapilheira nos ecossistemas deteve a seguinte ordem de magnitude: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. Nesse contexto, observou-se a necessidade da intensificação de pesquisas sobre serapilheira em diferentes ecossistemas no estado do Pará, sobretudo nos 128 municípios com ausência de publicações.

Palavras-chave: Meta-análise; bibliometria; ciclo biogeoquímico; coleta de serapilheira.

LITTER IN PARÁ: COLLECTION METHODS, REFERENCE VALUES AND DISTRIBUTION OF SCIENTIFIC PRODUCTION IN THE LAST 40 YEARS (1980-2019)

ABSTRACT: Litter plays essential functions for the maintenance of ecosystems, so its study is essential. However, the published works have shown considerable variations regarding the frequency of sampling and collection methods. Thus, the objective was to qualify and quantify the scientific production and the institutions of origin of publications on litter in Pará in the last 40 years (1980-2019). 34 scientific articles were found, of which the majority (38%) were published in the period 2015-2019. In 21.28% of the works, there were partnerships with international researchers and 8.51%, interstate. 91.43% of scientific publications came from public institutions, with emphasis on the Federal Rural University of Amazônia (27.66%). In authorship, professionals predominated concomitantly with graduate students. Works were found in only 16 municipalities, especially in Paragominas, Castanhal and Belém. The deposition evaluation took place in 82.35% of the studies, the stock was represented by 17.65%. Litter deposition in ecosystems ranged from $4.56 \pm 1.71 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ to $8.51 \pm 1.76 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for pasture and alluvial forest ecosystems. In the stock, due to insufficient work, it was only possible to define the standard for secondary forest, with an average of $6.33 \pm 2.79 \text{ Mg ha}^{-1}$. The nutrient concentration of litter deposition in ecosystems had the following order of magnitude: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. In this context, there was a need to intensify research on litter in different ecosystems in the state of Pará, especially in 128 municipalities with a lack of publications.

Keywords: Meta-analysis; bibliometrics; biogeochemical cycle; litter collection.

¹ Bolsista de iniciação científica CNPq, Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém, PA.

* Autor correspondente; email: juliaisabellarodrigues@gmail.com.

² Voluntária de iniciação científica, Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém, PA. Email: mywanzer2@gmail.com

³ Pós-doutorando em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará – Belém, PA. Email: walmerbruno@gmail.com

⁴ Professor adjunto do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém, PA. Email: fdeassis@gmail.com

INTRODUÇÃO

Dentre as principais características do Pará, destacam-se a vasta biodiversidade e a provisão de matéria-prima para o fornecimento de alimentos, madeira, minérios e outros insumos. O estado é o maior produtor de minérios do Brasil (ANM, 2019) e um dos maiores exportadores de madeira (TUPIASSU; FADEL; GROS-DÉSORMEAUX, 2019). Entretanto, essas e outras atividades econômicas desenvolvidas na região são responsáveis por grande parte dos impactos ambientais, ocasionando desequilíbrios funcionais no ecossistema. Uma das consequências é a interrupção do ciclo biogeoquímico, causada pela supressão da vegetação, que retarda o processo de decomposição da camada de detritos vegetais (i.e. folhas, galhos e frutos) e animais depositados no solo, denominada serapilheira (ALMEIDA, 2016; VIVANCO; AUSTIN, 2019).

A serapilheira é a principal via de nutrientes ao solo e desempenha funções ecológicas importantes para os ecossistemas, como o aumento da capacidade de retenção hídrica do solo e conseqüentemente minimização dos processos erosivos. Por esse motivo, é considerada um indicador eficaz de restauração florestal (MARTINS et al., 2018a), onde as avaliações estáticas e dinâmicas auxiliam no monitoramento da restauração ecológica. Além disso, estimativas de serapilheira no solo podem auxiliar na determinação da quantidade de material combustível no ecossistema florestal e por meio dessa informação, determinar as melhores técnicas de prevenção e combate a incêndios florestais (BUFACCHI et al., 2020).

Para quantificar a serapilheira, pode-se avaliar tanto a deposição quanto o estoque. Na deposição, também chamada de fluxo ou produção, a serapilheira é coletada em um período de tempo pré-estabelecido (SOUZA et al., 2019). Já no estoque (ou armazenamento), a coleta é realizada diretamente no solo em uma ou mais ocasiões (MARTINS et al., 2018b). Em ambas as maneiras, utiliza-se um coletor com dimensões conhecidas e posteriormente, pode-se fazer a triagem de todo material em frações (galhos, folhas e material reprodutivo, por exemplo). Após isso, as amostras são levadas para estufa a uma temperatura de aproximadamente 65° C durante 48 h até atingir peso constante para que a sua massa seca seja então determinada em uma balança analítica de precisão (SCORIZA et al., 2012).

Entretanto, a escolha entre avaliar deposição ou estoque da serapilheira dependerá do objetivo da pesquisa, sendo que no Pará, um dos principais impasses é a comparação entre ecossistemas, tendo em vista a ausência de padronização metodológica, como o tempo de experimento e número de frações da serapilheira durante a triagem (RODRIGUES et al., 2021). Somado a isso, torna-se indispensável o conhecimento sobre a origem das publicações, com o intuito de fomentar a pesquisa científica no estado.

Para isso, faz-se necessário sintetizar informações existentes sobre os estudos de serapilheira no estado. Isso pode ser realizado por meio da bibliometria, que é utilizada no mundo todo para estabelecer padrões e tendências na produção científica sobre um determinado tema. A técnica possibilita avanços nas produções científicas através de análises que auxiliam o desenvolvimento de futuras pesquisas (MERIGÓ et al., 2018). Sendo assim, esta pesquisa partiu das seguintes questões científicas: a) Como distribui-se a produção científica sobre serapilheira ao longo dos anos entre os municípios e as instituições do estado?; b) As universidades públicas colaboram com a pesquisa científica do estado?; c) É possível definir um padrão na metodologia utilizada nas pesquisas sobre o tema? e d) Quais ecossistemas apresentam maior aporte e/ou estoque de serapilheira e nutrientes? Nesse contexto, o objetivo desta revisão foi avaliar quali-quantitativamente a produção científica e as instituições de origem das publicações sobre serapilheira no Pará nos últimos 40 anos (1980-2019).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma busca quali-quantitativa de artigos científicos publicados nos últimos 40 anos (janeiro de 1980 a dezembro de 2019), utilizando as palavras-chave “litter” ou “litterfall” e “Pará” (Fig. 1) nos idiomas inglês, português, contidas no título, resumo e/ou palavras-chave. As pesquisas foram feitas nas bases de dados: 1) “Wiley Online Library (<https://onlinelibrary.wiley.com/>)”; 2) “Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>)”; 3) “Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>)”; 4) “Springer Link (<https://link.springer.com/>)”; 5) “SciELO (<https://scielo.org/>)” e 6) “JSTOR (<https://www.jstor.org/>)” (Fig. 1). Filtrou-se apenas artigos de pesquisa realizados no estado do Pará sobre deposição e/ou estoque de serapilheira, excluindo trabalhos de revisão de literatura. Após a seleção dos artigos, as seguintes informações foram quali-quantificadas: a) Ano de publicação do artigo; b) Instituição dos autores; c) Ocupação profissional dos autores; d) Município onde a pesquisa foi realizada; e) Frequência de coleta de serapilheira; f) Duração do estudo; g) Quantidade de frações em que a serapilheira foi triada; h) Meta-análise do estoque e deposição de serapilheira e dos macronutrientes Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Nitrogênio (N) e Fósforo (P). Quando necessário, com o intuito de padronizar as variáveis, os valores do estoque foram convertidos para Mg ha^{-1} (Megagrama por hectare), da deposição para $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e do conteúdo de nutrientes para kg ha^{-1} .

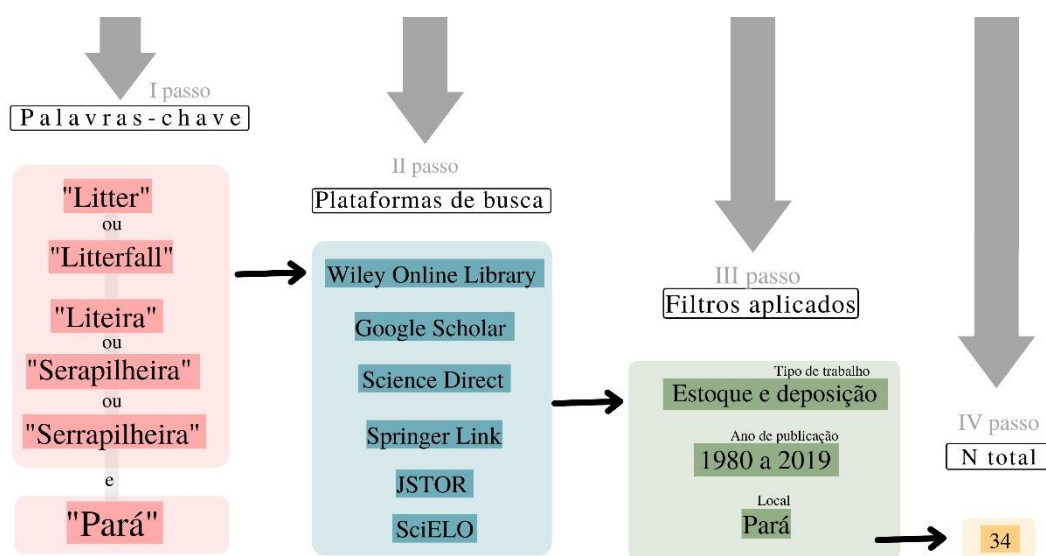


Figura 1 - Procedimentos estabelecidos para realizar a bibliometria de artigos científicos sobre serapilheira no Pará, publicados entre janeiro de 1980 e dezembro de 2019. N= número total.

Os artigos foram agrupados em intervalos de 5 anos (1980-1984, 1985-1989, ..., 2015-2019). Posteriormente, verificou-se o vínculo institucional e o cargo exercido pelos autores e coautores de acordo com a seção de metadados inserida no artigo. Quando estas informações não foram suficientes, realizamos a busca do currículo na Plataforma Lattes (<http://lattes.cnpq.br/>) e/ou ORCID (<https://orcid.org/>). Os cargos encontrados foram agrupados em três categorias: estudantes de graduação, estudantes de pós-graduação (especialização, mestrado ou doutorado) e profissionais (docentes, pesquisadores, funcionários de órgãos e instituições). Além disso, contabilizamos as instituições de acordo com vínculo de cada autor e coautor.

Para facilitar a quantificação de serapilheira e nutrientes nos ecossistemas, buscou-se agrupar ecossistemas semelhantes (Fig. 2). Os sistemas de consórcio que não eram classificados como SAF's, foram inseridos como Plantio misto – PMI (Fig. 2). Para elaboração gráfica, foram utilizadas as ferramentas do Microsoft Excel e do software estatístico R versão 4.0.2.



Figura 2 - Conversão de diferentes termos utilizados para um mesmo ecossistema e seus respectivos códigos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da publicação científica

No total, 34 artigos foram publicados sobre serapilheira no estado do Pará entre 1980 e 2019. O período de 2015-2019 foi onde ocorreu o maior percentual de artigos publicados (38%), enquanto que, de 1985 a 1994 houve a menor contribuição (5,88%). Uma redução de 50% foi observada de 2005-2009 para 2010-2014. Em contrapartida, deste último período para 2015-2019 a produção mais do que quadruplicou (Fig. 3).

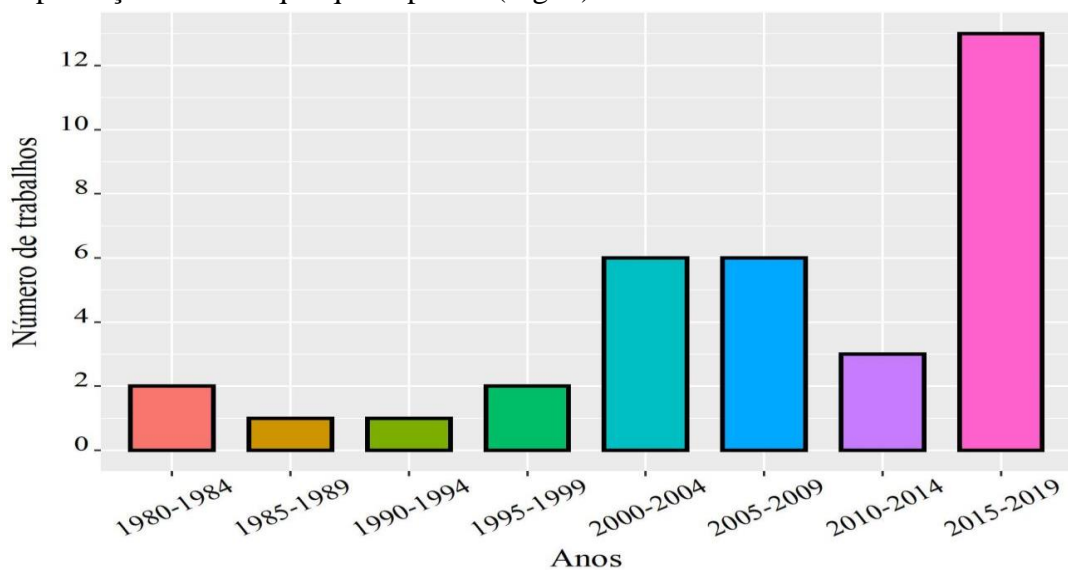


Figura 3 - Distribuição da produção científica do estado do Pará sobre deposição e estoque de serapilheira ao longo dos últimos 40 anos (1980-2019).

O baixo número de publicações ao longo de 40 anos pode ser reflexo das condições precárias da educação no estado, associado ao baixo investimento e incentivo a pesquisa científica para o tema. De um modo geral, percebeu-se que os elevados investimentos na pesquisa brasileira em 2014 (DUDZIAK, 2018) resultaram no aumento do número de artigos no período de 2010-2014 a 2015-2019 no Pará. Somado a isso, os resultados observados neste estudo demonstram que as parcerias com centros de pesquisas internacionais e interestaduais são indispensáveis para manter a produção científica no estado.

Constatou-se que em 10 trabalhos (21,28%) houve parcerias com pesquisadores internacionais e em 4 (8,51%), interestaduais com universidades e instituto, como Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Universidade do Vale do Tucuruí (UNIVATES) e Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). As parcerias interestaduais também são importantes, pois amenizam os efeitos do sucateamento dos órgãos públicos, já que 32 publicações científicas (91,43%) foram oriundas de instituições deste setor, com destaque para Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) que apresentou 13 (27,66%) estudos desenvolvidos (Tabela 1), o que é explicado em função de ser a única instituição rural da região.

Do total de publicações, 13 (38,24%) foram lideradas apenas por profissionais, como docentes e funcionários de órgãos públicos e privados, além de empresas (Fig. 4A), sendo que destes, a categoria de docentes representou 40,62% (Fig. 4B). Uma explicação é o pré-requisito de publicação científica para diplomação do pós-graduando e, também a necessidade de um orientador ligado ao programa de pós-graduação. Isso também justifica a grande quantidade de trabalhos envolvendo estudantes de pós-graduação e profissionais (Fig. 4A). Por outro lado, no Pará, apenas 9 programas relacionados ao tema foram avaliados e reconhecidos pelo Ministério de Educação (MEC) até 2020, sendo um em Ciências Florestais, dois em Ciências Biológicas e seis em Ciências (CAPES, 2020).

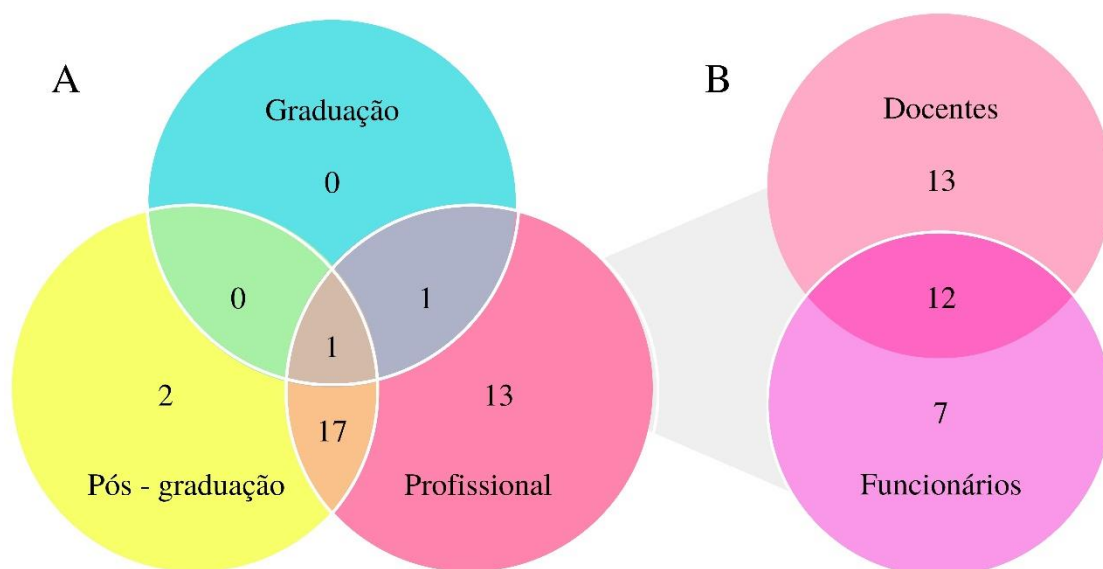


Figura 4 - Número de artigos científicos publicados nos últimos 40 anos (1980-2019) sobre serapilheira no Pará que envolveram diferentes categorias de autoria e coautoria (A) e profissionais que publicaram sobre o tema (B). Onde: Profissional = docentes, funcionários de empresas e institutos de pesquisa público e privados; Pós-graduação = estudantes de mestrado, doutorado e especialização.

Tabela 1 - Número de trabalhos por instituições dos autores e coautores que publicaram sobre deposição e estoque de serapilheira no Pará nos últimos 40 anos (1980-2019) e seus respectivos setores (público ou privado). Onde: N= número de trabalhos em que a instituição foi representada por um dos autores.

Instituição	Sigla	Setor	N
Universidade Federal Rural da Amazônia	UFRA	Público	13
Internacional	-	Público e privado	10
Universidade Federal do Pará	UFPA	Público	8
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	EMBRAPA	Público	5
Museu Paraense Emílio Goeldi	MPEG	Público	4
Instituto de Pesquisa da Amazônia	IPAM	Público	2
Universidade Federal de Viçosa	UFV	Público	1
Tramontina	Tramontina	Privado	1
Instituto Federal da Paraíba	IFPB	Público	1
Universidade do Vale do Taquari	UNIVATES	Público	1
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz	ESALQ	Público	1

Em relação à produção científica nos municípios, encontrou-se artigos sobre serapilheira em apenas 16, dos 144 municípios do Pará. Destes, Paragominas (14,71%), Castanhal (11,76%) e Belém (11,76%) foram os mais representativos e 7 municípios foram representados por apenas um estudo de caso (Fig. 5).

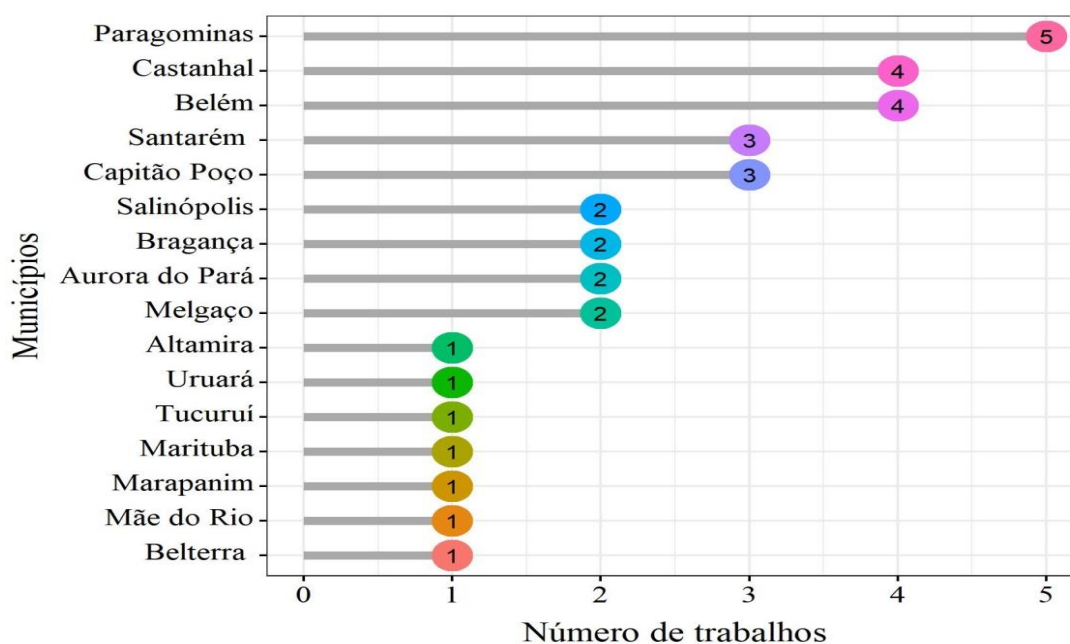


Figura 5 - Distribuição da produção científica sobre deposição e estoque de serapilheira nos municípios do estado do Pará, nos últimos 40 anos (1980-2019).

Em Paragominas, a grande quantidade de áreas degradadas e alteradas em decorrência da presença de atividades minerais e agropecuárias contribuiu para a execução de pesquisas que avaliaram a influência desses impactos na deposição e dinâmica da serapilheira e nutrientes (MARTINS et al., 2018a). A restauração de áreas degradadas no Brasil é obrigatória (BRASIL, 1989), e isso impulsiona investimentos econômicos do setor privado em parcerias com instituições de pesquisa para execução da atividade de forma legal, e concomitante atendimento às condicionantes do mercado consumidor, sobretudo internacional. Neste sentido, o retorno da serapilheira e nutrientes para o solo é um indicativo de que a restauração florestal está tendo êxito (MARTINS et al., 2018a, 2018b).

Em Castanhal, a elevada quantidade de trabalhos em relação aos demais municípios deve-se aos resultados do projeto de Manipulação de Água e Nutrientes em Ecossistema de Floresta Secundária na Amazônia Oriental (MANFLORA), desenvolvido na estação experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, onde foram amostrados todos os estudos. Neste município, as pesquisas avaliaram principalmente os efeitos da remoção da serapilheira e a irrigação periódica para ciclagem de nutrientes e atributos edáficos (ALMEIDA et al., 2019; PEREIRA et al., 2017; VASCONCELOS et al., 2008, 2012).

Ao contrário de Castanhal e Paragominas, os estudos desenvolvidos em Belém aparentemente não fazem parte de projetos de pesquisas em que a coleta de dados é contínua. Isso porque cada estudo ocorreu em uma área diferente. Por outro lado, as pesquisas enriqueceram as informações sobre estoque e deposição de serapilheira em ecossistemas de florestas aluviais no estado (CATTANIO et al., 2004). Além disso, avaliaram os efeitos da conversão da floresta no padrão de estoque de serapilheira e fluxo de nutrientes (MACKENSEN et al., 2000) e a dinâmica de serapilheira da espécie *Virola surinamensis* (COSTA et al., 2017).

De maneira geral, observou-se que a maioria (82,35%) dos trabalhos avaliou a deposição de serapilheira, e o restante, estoque. Em situações em que há os valores de estoque e deposição, torna-se possível estimar a taxa de decomposição por meio da relação anual da deposição pelo estoque, conforme descrito por Scoriza et al. (2012). Por isso, pesquisas científicas que quantificam as duas variáveis são importantes, principalmente para o Pará, haja vista a intensa degradação ambiental e a necessidade de recompor as características estruturais da vegetação, que pode ser monitorada por meio da serapilheira (CASTELO; ALMEIDA, 2015). Contudo, não foram encontrados trabalhos que aplicam os dois métodos simultaneamente, provavelmente pelo aumento dos custos para execução da pesquisa. Por outro lado, o predomínio das publicações que quantificaram a deposição é justificado pela maior precisão dos dados obtidos, devido à coleta da serapilheira em tempo pré-estabelecido.

Frequência de coleta e tempo de experimento

Devido à baixa quantidade de estudos sobre estoque de serapilheira, não foi possível definir padrões sobre a frequência de coleta e tempo de experimento, porém observamos que a maioria (40%) dos trabalhos que abordam esse tema realizou apenas uma coleta durante todo o estudo. Para deposição, constatamos que geralmente as coletas foram realizadas a cada 15 (30,77%) ou 30 dias (42,31%) (Fig. 6), com duração de experimento variando de 1 a 3 anos (Tabela 2).

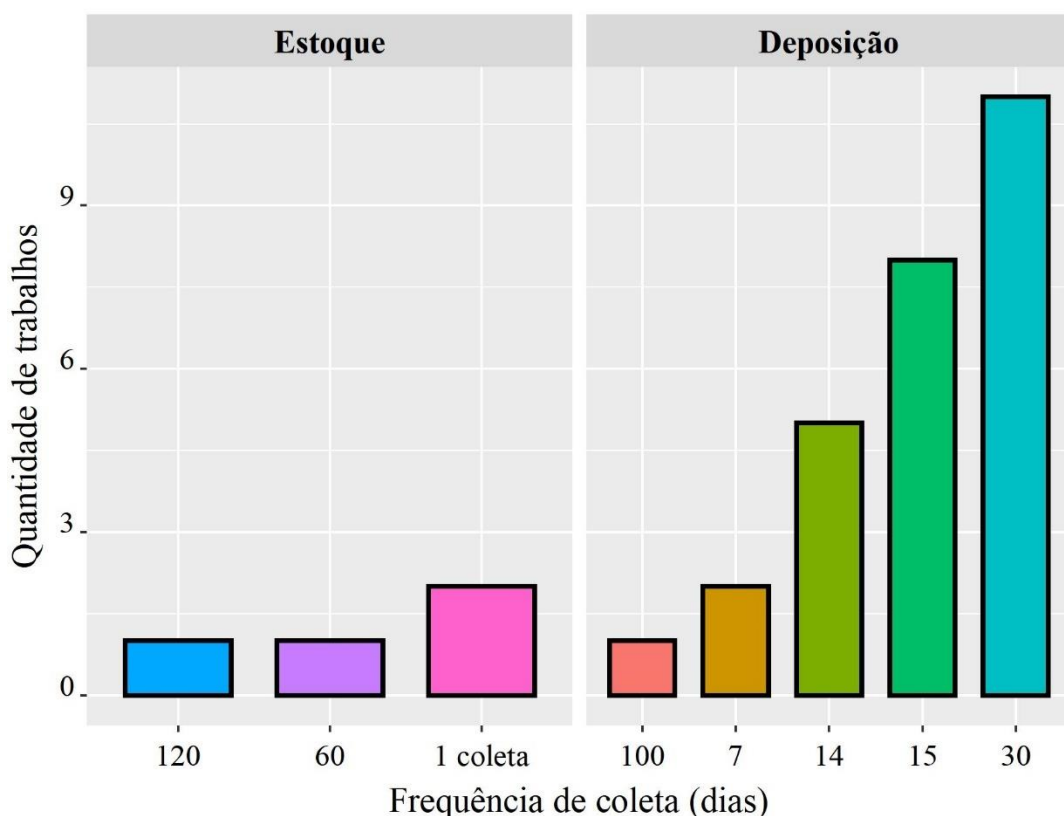


Figura 6 - Frequência, em dias, de coleta de serapilheira nos trabalhos publicados em periódicos, realizados no Pará, nos últimos 40 anos (1980-2019).

Tabela 2 - Tempo de experimento e a respectiva quantidade de trabalhos para cada método de avaliação da serapilheira no Pará, nos últimos 40 anos (1980-2019).

Método de avaliação	Tempo (anos)	Quantidade de trabalhos (%)
Deposição	1 a 2	78,58
	3 a 5	10,71
	> 6	10,71
Estoque	< 1	33,33
	1	33,33
	2	33,34

O tempo de experimento geralmente é influenciado pela disponibilidade de recurso financeiro para execução da pesquisa, pois em alguns casos, é necessário o deslocamento de uma cidade para outra, além dos gastos com os materiais utilizados durante a coleta. Além disso, o tempo do experimento varia de acordo com as necessidades do pesquisador, já que na maioria das vezes, o estudo é oriundo de atividades acadêmicas como programas de iniciação científica, mestrado e doutorado, por exemplo, os quais possuem um prazo limitado para entrega de resultados, o que explica a variação no tempo de duração dos trabalhos.

Meta-análise da deposição e estoque de serapilheira

Apenas 2 ecossistemas foram representados nos estudos de estoque de serapilheira, sendo eles, floresta secundária (FSC) e sistema agroflorestal (SAF), porém não foi possível definir um padrão de estoque de serapilheira para o ecossistema SAF devido à existência de apenas um trabalho. No ecossistema FSC, o valor médio do estoque e deposição foi de $6,33 \pm 2,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $6,63 \pm 2,32 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Para deposição, 7 ecossistemas foram estudados e os valores médios variam de $4,56 \pm 1,71$ a $8,51 \pm 1,76 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ entre os ecossistemas de pastagem (PAS) e floresta aluvial (FAL), respectivamente (Fig. 7).

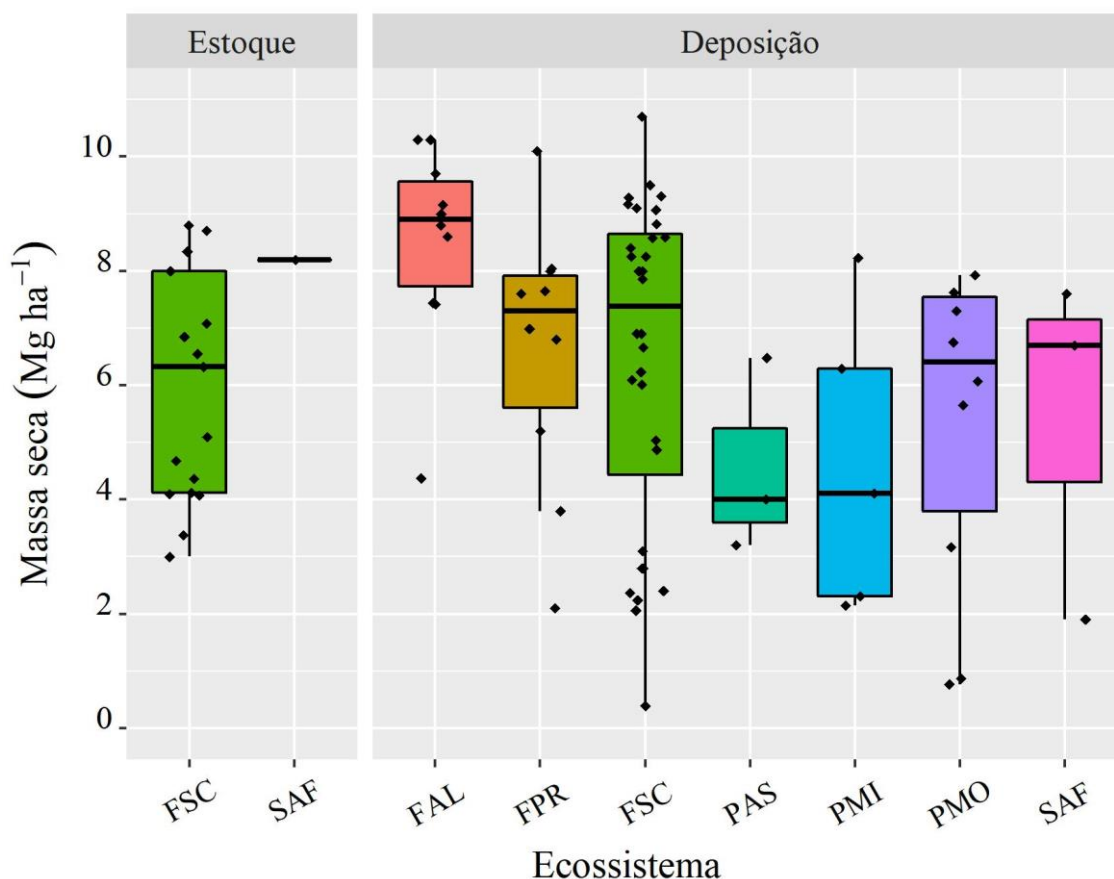


Figura 7 - Meta-análise da deposição e estoque de serapilheira no estado do Pará, e seus respectivos ecossistemas, nos últimos 40 anos (1980-2019).

A baixa deposição de serapilheira no ecossistema de pastagem (PAS) deve-se a pouca densidade de indivíduos arbóreos e conseqüentemente, baixas taxas de renovação foliar (SOUZA et al., 2018). No ecossistema de floresta aluvial, a elevada deposição de serapilheira é uma estratégia de adaptação das plantas aos estresses causados pelo excesso de água nos solos, como a diminuição de O_2 (MARTINEZ; MOURÃO; BRIENZA JUNIOR, 2011) e de dispersão de sementes (HAWES; PERES, 2016). De maneira geral, a variabilidade na deposição de serapilheira deve-se à função exercida em cada ecossistema, além das condições edáficas (LOPES et al., 2009). No ecossistema de pastagem, por exemplo, apesar de baixos valores de deposição de serapilheira, geralmente o estoque é mais elevado, pois a serapilheira atua principalmente na proteção do solo contra o intemperismo, já que sua decomposição é mais lenta.

Para o ecossistema de floresta secundária (FSC), observou-se elevados valores médios para deposição e baixo de estoque, o que pode ter sido proporcionado pelas altas taxas de decomposição (TAPIA-CORAL *et al.*, 2014). Entretanto, a pouca variação dos valores médios dessas variáveis justifica-se pela grande quantidade de estudos em florestas secundárias em estágios iniciais de sucessão, as quais não dispõem de condições necessárias para o estabelecimento de microrganismos decompositores, e por isso, apresentam elevado estoque (Tapia-Coral *et al.*, 2014). Para os plantios monoespecífico e misto, e no Sistema Agroflorestal, a deposição de serapilheira depende diretamente das espécies escolhidas, sendo necessária uma busca prévia na literatura sobre a fenologia destas (MENEZES; MOREAU; MARIANO, 2015).

Deposição e estoque de nutrientes

Foram encontrados estudos com estoque de nutrientes apenas nos ecossistemas FSC e PMO, sendo que, para este último foi relatado apenas um estudo de caso, o qual quantificou apenas o N. Os nutrientes com maior e menor conteúdo no estoque de serapilheira do ecossistema FSC foram N ($101,86 \pm 63,03 \text{ kg ha}^{-1}$) e P ($4,35 \pm 2,30 \text{ kg ha}^{-1}$), respectivamente. Na deposição, não foi possível definir padrões no PAS, e em alguns casos, para PMO e SAF. Nos ecossistemas florestais, os valores médios da deposição de nutrientes para Ca nos ecossistemas do Pará variam de $48,45 \pm 36,69 \text{ kg ha}^{-1}$ a $70,35 \pm 30,61$. Para K, as médias variam entre $21,88 \pm 11,69$ a $29,98 \pm 32,55 \text{ kg ha}^{-1}$. O conteúdo médio de Mg variou de $12,3 \pm 2,90$ a $58,55 \pm 57,85 \text{ kg ha}^{-1}$. Já para N, os valores médios oscilaram de $89,44 \pm 43,63$ a $103,34 \pm 51,02 \text{ kg ha}^{-1}$. A média dos conteúdos de P foram os menores, variando de $2,57 \pm 1,70$ a $6,86 \pm 4,61 \text{ kg ha}^{-1}$ (Fig. 8).

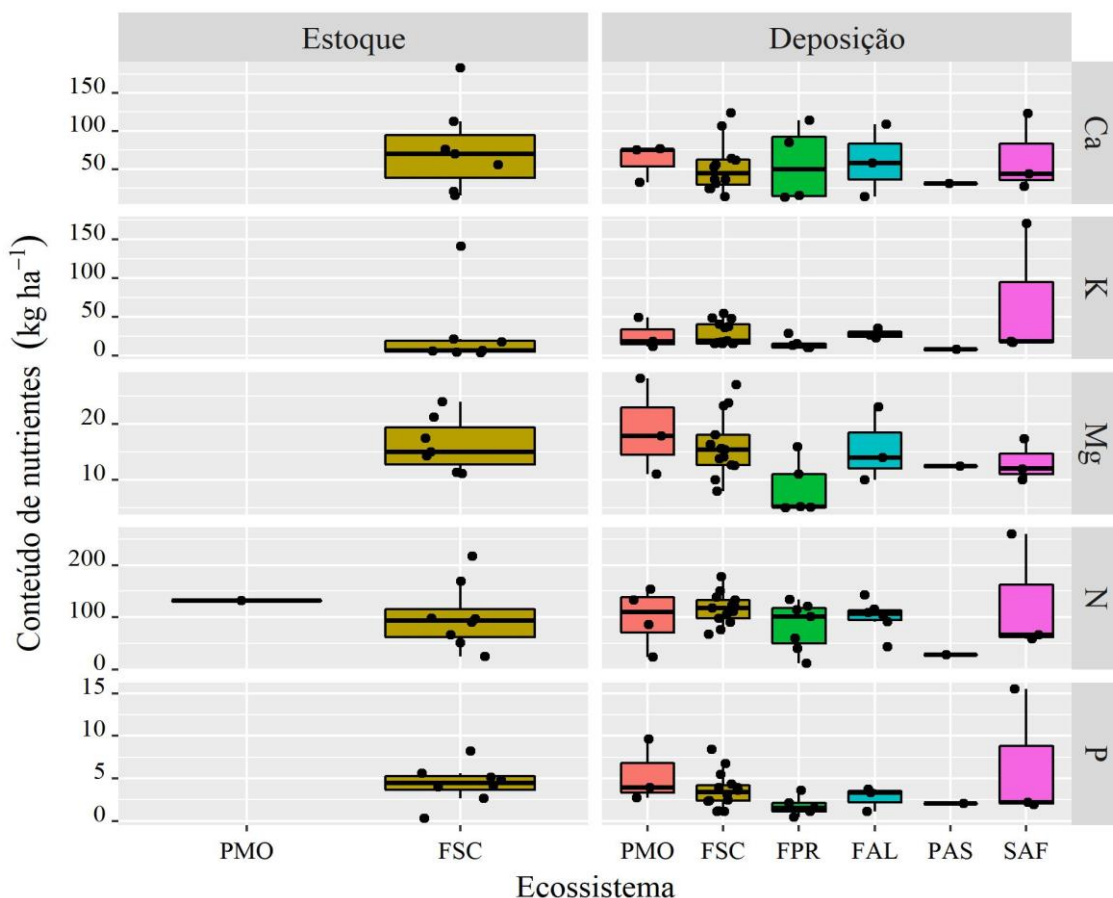


Figura 8 - Meta-análise da deposição e estoque de nutrientes no estado do Pará, e seus respectivos ecossistemas, nos últimos 40 anos (1980-2019).

As maiores concentrações de nutrientes ocorrem em plantios monoespecíficos, o que é justificado pelas adubações de pré-plantio e preparo do solo, pois são atividades essenciais para o cultivo. Constatou-se elevadas concentrações de N na serapilheira, o que ocorre em função das exigências nutricionais, onde a sua ausência retarda o crescimento das espécies florestais (SUN et al., 2016). Em florestas secundárias, o elevado conteúdo de N ocorre em virtude da presença de espécies pioneiras, as quais apresentam maiores concentrações quando comparadas aos demais grupos ecológicos (MACHADO et al., 2016).

Para o Ca, as altas concentrações ocorrem devido à baixa mobilidade e à função estrutural desempenhada por este nutriente na célula vegetal, o qual é um dos principais componentes da estrutura celular (VILLA et al., 2016). Em plantios, a adubação de cobertura com calcário dolomítico aumenta a disponibilidade do nutriente para as plantas, aumentando também sua contribuição no ciclo de nutrientes (MARTINS et al., 2018a).

Assim como o Ca, o Mg também atua como elemento estrutural, porém é muito móvel na planta, por esse motivo, é facilmente retranslocado antes da abscisão foliar e a deposição desse nutriente na serapilheira é menor (BAROCCO NETA; NISHIWAKI, 2018). De modo similar, o P é um nutriente muito exigido pela planta, porém é pouco encontrado na forma disponível nos solos Amazônicos. Sendo assim, a rápida distribuição do nutriente antes da senescência contribui para a diminuição das perdas por lixiviação (SOUZA et al., 2018). No caso do K, apesar de ser móvel na planta, é facilmente liberado por lavagem, por isso possui um baixo estoque (GODINHO et al., 2014).

CONCLUSÃO

A avaliação quali-quantitativa demonstrou a insuficiência no número de artigos desenvolvidos no estado do Pará em 40 anos e ausência de padronizações metodológicas, principalmente em relação à coleta de serapilheira. Apesar disso, foi possível estabelecer padrões para frequência de coleta, período de duração de pesquisa e dinâmica dos nutrientes em diferentes ecossistemas. Identificou-se um considerável aumento na produção de trabalhos durante os últimos anos, em sua maioria oriunda de instituições públicas. Observou-se também a necessidade da intensificação de pesquisas sobre serapilheira em diferentes ecossistemas no estado do Pará, sobretudo nos 128 municípios com ausência de publicações.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pelo apoio à pesquisa científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. M. DE S. D.; OLIVEIRA, F. DE A.; VASCONCELOS, S. S.; GUIMARÃES, J. R. DA S.; TOSTES, L. DE C. L.; COSTA, J. V. T. A. Litter flux in a successional forest ecosystem under nutrient manipulation in Eastern Amazon. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 30623–30641, 2019.

ALMEIDA, D. S. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3 ed. revisada e ampliada. Ilhéus, BA: Editus. p. 200p, 2016.

ANM. Agência Nacional de Mineração. Planejamento e estratégias para 2019: Novas perspectivas. p. 83p., 2019.

BAROCCO NETA, E. DA F.; NISHIWAKI, E. Variações sazonais na ciclagem de nutrientes em uma floresta da Amazônia central. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 5, p. 1747–1759, 2018.

BRASIL. Decreto N° 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2°, inciso VIII, da lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, p.5-5. 1989.

BUFACCHI, P.; BIZZO, W. A.; BUCKERIDGE, M. S.; FRANCO-JACOME, D. L.; GRANDIS, A.; CAMBLER, A. B.; KRIEGER FILHO, G. C. Thermal degradation of leaves from the Amazon rainforest litter considering non-structural, structural carbohydrates and lignin composition. **Bioresource Technology Reports**, v. 11, n. May, p. 100490, 2020.

CAPES, P. S. **Instituição de Ensino**. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativoIes.jsf?areaAvaliacao=42&areaConhecimento=50200003>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

CASTELO, T. B.; ALMEIDA, O. T. DE. Desmatamento e uso da terra no Pará. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, p. 99–111, 2015.

CATTANIO, J. H.; ANDERSON, A. B.; ROMBOLD, J. S.; NEPSTAD, D. C. Phenology, litterfall, growth, and root biomass in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 703–712, 2004.

COSTA, B. C.; SUZUKI, P. M.; MARTINS, W. B. R.; ANDRADE, V. M. S.; OLIVEIRA, F. A. Dinâmica da massa seca e propriedades químicas da liteira em *Virola surinamensis* e floresta sucessional na Amazônia oriental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 23–28, 22 maio 2017.

DUDZIAK, E. A. **Quem financia a pesquisa brasileira? Um estudo InCites sobre o Brasil e a USP**. Disponível em: <<https://www.aguia.usp.br/noticias/quem-financia-a-pesquisa-brasileira-um-estudo-incites-sobre-o-brasil-e-a-usp/>>. Acesso em: 6 fev. 2020.

GODINHO, T. DE O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11–20, 2014.

HAWES, J. E.; PERES, C. A. Patterns of plant phenology in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. **Biotropica**, v. 48, n. 4, p. 465–475, 2016.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M. DE; LOBATO, F. A. DE O.; PALÁCIO, H. DE A. DE Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agroambiente**, v. 3, n. 2, p. 72–79, 2009.

MACHADO, M. R.; SAMPAIO, P. D. T. B.; FERRAZ, J.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G. Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 1, p. 93–101, 1 jan. 2016.

MACKENSEN, J.; TILLERY-STEVENSON, M.; KLINGE, R.; FÖLSTER, H. Site parameters, species composition, phytomass structure and element stores of a terra-firme forest in east-amazonia, brazil. **Plant Ecology**, v. 151, n. 2, p. 101–119, 2000.

MARTINEZ, G. B.; MOURÃO, M.; BRIENZA JUNIOR, S. Respostas morfofisiológicas de plantas de açacu (*Hura crepitans* L.) provenientes de várzea do rio Amazonas: efeito de anoxia do solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1155–1164, 2011.

MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONÍSIO, L. F. S.; OLIVEIRA, F. DE A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 37–38, 2018a.

MARTINS, W. B. R.; VALE, R. L.; FERREIRA, G. C.; ANDRADE, V. M. S.; DIONÍSIO, L. F. S.; RODRIGUES, R. P.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, G. M. P. Litterfall, litter stock and water holding capacity in post-mining forest restoration ecosystems, Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 3, p. 1–9, 30 set. 2018b.

MENEZES, A. A.; MOREAU, A. M. S. DOS S.; MARIANO, D. M. Deposição e estoque de serapilheira e nutrientes em plantios de cacauzeiros na região sudeste da Bahia. **Agrotropica (Itabuna)**, v. 27, n. 2, p. 141–148, 2015.

MERIGÓ, J. M.; PEDRYCZ, W.; WEBER, R.; DE LA SOTTA, C. Fifty years of Information Sciences: A bibliometric overview. **Information Sciences**, v. 432, p. 245–268, 2018.

PEREIRA, D. N.; MARTINS, W. B. R.; ANDRADE, V. M. S.; OLIVEIRA, F. A. Influência da remoção de serapilheira no teor de fósforo e potássio na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 3, p. 380–385, 27 set. 2017.

RODRIGUES, J. I. DE M.; AMARAL, L. F. F. DO; MARTINS, W. B. R.; SANTOS JUNIOR, H. B. DOS; AMORIM, L. S. V.-B.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. Aporte e estoque de serapilheira no Brasil: uma análise bibliométrica da produção científica de 2008 a 2019. **Scientia Plena**, v. 17, n. 6, p. 1–19, 22 jul. 2021.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 01–18, 2012.

SOUZA, M. DE S.; JARDIM, A. M. DA R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. DO N.; SILVA, J. R.

I.; LEITE, M. L. DE M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. DA. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**, v. 12, n. 5, p. 1–9, 2018.

SOUZA, S. R.; VELOSO, M. D. M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SILVA, J. O.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, A.; SOUZA E BRITO, B. G.; FERNANDES, G. W. Litterfall dynamics along a successional gradient in a Brazilian tropical dry forest. **Forest Ecosystems**, v. 6, n. 1, 2019.

SUN, Z.; LIU, L.; PENG, S.; PEÑUELAS, J.; ZENG, H.; PIAO, S. Age-Related Modulation of the Nitrogen Resorption Efficiency Response to Growth Requirements and Soil Nitrogen Availability in a Temperate Pine Plantation. **Ecosystems**, v. 19, n. 4, p. 698–709, 2016.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F.; PASHANASI, B.; CASTILLO, D. DEL; LAVELLE, P. Influencia Da Massa E Nutrientes Da Littera Sobre a Composição Dos Macro-Invertebrados Em Plantíos Florestais Na Amazônia Peruana. **Folia Amazónica**, v. 23, n. 2, p. 171, 2014.

TUPIASSU, L.; FADEL, L. P. DE S. L.; GROS-DÉSORMEAUX, J.-R. ICMS Ecológico e desmatamento nos municípios prioritários do estado do Pará. **Revista Direito GV**, v. 15, n. 3, 2019.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAÚJO, M. M.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; DE CARVALHO, C. J. R.; STAUDHAMMER, C. L.; OLIVEIRA, F. D. A. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, n. 1, p. 27–38, 2008.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAÚJO, M. M.; MIRANDA, I. DE S. Aboveground net primary productivity in tropical forest regrowth increases following wetter dry-seasons. **Forest Ecology and Management**, v. 276, p. 82–87, 2012.

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**, v. 23, n. 1, p. 90–99, 2016.

VIVANCO, L.; AUSTIN, A. T. The importance of macro- and micro-nutrients over climate for leaf litter decomposition and nutrient release in Patagonian temperate forests. **Forest Ecology and Management**, v. 441, p. 144–154, jun. 2019.