

Comparação da Produção da Serapilheira e Fenologia em dois Macro-habitat Florestais no Pantanal, Mato Grosso, Brasil

Cândida Pereira da Costa^{1,2,3}, Silmara Cardoso Costa² & Cátia Nunes da Cunha^{2,3}

Recebido em 08/04/2019 – Aceito em 28/06/2019

RESUMO – Estudos sobre a produção de serapilheira são considerados de grande relevância para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas, porém, informações sobre a variação substancial para áreas úmidas ainda são incipientes. Nesse sentido, a proposta deste estudo foi quantificar a produção mensal e anual da serapilheira, observar sua distribuição sazonal e, através desta, avaliar a periodicidade das fenofases ao longo de um ano, em dois macro-habitat florestados – floresta monodominante inundável de *V. divergens* (CAM) e savana arbórea densa (SAD) –, localizados na região do Pirizal (Pantanal, Mato Grosso). A coleta de dados foi realizada através de 30 coletores circulares com 62cm de diâmetro, fixados no solo. As amostras foram coletadas mensalmente e submetidas à secagem, sendo separadas em frações. Para realizar comparações entre a produção de serapilheira mensal e as duas estações do ano e avaliar a produção entre os sítios, utilizou-se a análise de variância (ANOVA). O total de serapilheira produzida em CAM (0,18 t.ha⁻¹.ano⁻¹) foi menor, em comparação aos resultados encontrados em SAD (4,09 t.ha⁻¹.ano⁻¹). Além disso, o padrão de variação temporal para a produção e as análises fenológicas evidenciaram respostas relacionadas à dinâmica sazonal: deposição maior no período da estação seca e menor na estação chuvosa; *V. divergens* e as espécies savânicas apresentaram caducifolia acentuada, floração e frutificação durante a estação seca. Assim, os resultados apresentados quanto à quantidade e qualidade da serapilheira produzida indicaram uma grande contribuição das espécies na ciclagem de nutrientes, sendo uma das fontes alóctones de nutrientes para campos inundáveis e corpos d'água no Pantanal.

Palavras-chave: Áreas úmidas; ciclagem de nutrientes; fenofases; cordilheira; cambarazal.

ABSTRACT – Comparison of Litter Production and Phenology in Two Forest Macrohabitat in the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. Studies about production litter production are considered of a great relevance for understanding ecosystems functions, but that information to Wetlands is still incipient. In this sense, the purpose of this study was to quantify the monthly and annual litter production, to observe its seasonal distribution and, through this, to evaluate the periodicity of the phenophases, over a year, in two forested macrohabitat ((Monodominante floodable forest of *V. divergens* CAM) and Tree Savanna (SAD)), located in the region of Pirizal (Pantanal, Mato Grasso). Data collection was done through 30 circular collectors with 62 cm of diameter, fixed in the soil. Samples were collected monthly and submitted to drying

Afiliação

¹ Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Laboratório de Ensaios não Destrutivos, (UNICAMP/FEAGRI/ LabEND), Campinas/SP, Brasil. CEP: 13.083-875.

² Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica e Ecologia, NEPA, Cuiabá/MT, Brasil. CEP: 78.060-900.

³ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INCT-INAU), Cuiabá/MT, Brasil. CEP: 78.068-410.

E-mail

candidapcosta@gmail.com

and separated into fractions. To compare the monthly litter production and the two seasons of the year and to evaluate the yield between the sites, the analysis of variance (ANOVA) was used. The total litter produced in CAM (0.18 t.ha⁻¹.ano⁻¹) was lower, compared to the results found in SAD (4.09 t.ha⁻¹.ano⁻¹). Besides that, temporal variation pattern, for the production and phenological analyzes evidenced responses related to the seasonal dynamics: greater deposition in the dry season period, and smaller in the rainy season; *V. divergens* and savanna species showed marked deciduousness, flowering and fruiting during the dry season. Thus, the results presented on the quantity and quality of the litter produced indicated a great species contribution in the nutrient cycling, it's being one of the allochthonous sources of nutrients for floodplains and water bodies in the Pantanal.

Keywords: Wetlands; nutrient cycling; phenophases; cordilheira; cambarazal.

RESUMEN – Comparación de la producción de basura y la fenología en dos bosques de macro-habitat en el Pantanal, Mato Grosso, Brasil.

Estudios sobre la producción de arpillera se consideran de gran relevancia para comprensión del funcionamiento de los ecosistemas, pero la información sobre variación sustancial de ésta a las zonas húmedas sigue incipiente. En este sentido, la propuesta de este estudio fue cuantificar la producción mensual y anual de la arpillera, observar su distribución estacional, a través de ésta, evaluar periodicidad de las fenofases a lo largo de un año, en dos macro-habitat florestados (Bosque monodominante inundable de *V. divergens* CAM) y Sabana Arbórea Densa (SAD), Pirizal (Pantanal, Mato Grosso). Recolección de datos fue realizada a través de 30 colectores circulares de 62 cm de diámetro, fijados en el suelo. Muestras fueron recolectadas mensualmente y sometidas al secado y separadas en fracciones. Para realizar comparaciones entre la producción de arpillera mensual y las dos estaciones del año y, evaluar la producción entre los sitios se utilizó el análisis de varianza (ANOVA). El total de arpillera producida en CAM (0,18 t.ha⁻¹.ano⁻¹) fue menor, en comparación con SAD (4,09 t.ha⁻¹.ano⁻¹), además, el estándar de variación temporal, para la producción y análisis fenológicos evidenciaron respuestas relacionadas a la dinámica estacional. Así, los resultados presentados, en cuanto a la cantidad y la calidad, de la arpillera producida indicaron una gran contribución de las especies en el ciclo de nutrientes, siendo una de las fuentes alóctonas de nutrientes para campos inundables y cuerpos de agua en el Pantanal.

Palabras clave: Áreas húmedas; ciclo de nutrientes; henofases; cordilheira; cambarazal.

Introdução

As áreas úmidas (AUs) são reconhecidas pela presença de água, tipo de solo e plantas adaptadas a essa condição hídrica, sendo a hidrologia o principal fator que determina as suas condições ecológicas (Junk *et al.* 2014). “Áreas úmidas” é o nome geral e mais atual para o que chamamos de veredas, varjões, várzeas, brejos e também o Pantanal (Junk *et al.* 2014).

O Pantanal é uma área alagável caracterizada pela diversidade de unidades de paisagens que estão associadas ao tipo de alagamento, topografia, diversidade edáfica, e vegetacional, denominada macro-habitat (Nunes da Cunha *et al.* 2014). Dois macro-habitat se contrapõem nas unidades funcionais: áreas periodicamente aquáticas, onde predomina a fase aquática, e áreas periodicamente terrestres, com predominância da fase terrestre.

Os macro-habitat sazonalmente inundados podem ser cobertos por florestas monodominantes que ocupam áreas baixas na planície, como as florestas de *Vochysia divergens* Pohl (cambarazal), inundadas por até oito meses (Arieira & Nunes da Cunha 2006, Nunes da Cunha *et al.* 2014). Já os macro-habitat tipicamente terrestres são cobertos por formações classificadas como savanas florestais densas não inundáveis (SAD), constituídas geralmente pelas seguintes espécies: *Curatella americana* L., *Magonia pubescens* A.St.-Hil., *Hymenaea stigonocarpa* A.St.-Hil., *Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich., *Lafoensia pacari* A.St.-Hil., *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk., *Astronium fraxinifolium* Schott ex Spreng, *Caryocar brasiliense* Camb., *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Costa *et al.* 2010). Essas SADs estão distribuídas sobre áreas mais elevadas, denominadas regionalmente como cordilheiras, cordões arenosos livres da inundação (Costa *et al.* 2010, Nunes da Cunha *et al.* 2014).

Frente às características citadas, os macro-habitat com vegetações florestadas são de extrema relevância para a dinâmica de nutrientes dos campos inundáveis, pois funcionam como reservatório em sua biomassa viva, liberando-os gradativamente através da fitomassa decídua e sua decomposição, contribuindo com a sustentabilidade do sistema. Mitsch & Gosselink (2000) demonstram o importante papel desses sistemas quando consideram que a exportação de carbono e outros nutrientes é acentuada em bacias hidrográficas com florestas inundáveis. Sendo, esta característica atribuída, ao fato de que há uma extensa área coberta por serapilheira que fica exposta a água durante o período de inundação, ocorrendo rápida lavagem (“*passive leaching*”).

Além dos nutrientes trazidos pela água da inundação, as florestas inundáveis dispõem também de uma fonte constante de nutrientes, que estão contidos principalmente na serapilheira. Essa biomassa imobiliza temporariamente energia, carbono e elementos minerais. Ao passar pelo processo de decomposição, a serapilheira transfere os elementos incorporados para os compartimentos abióticos, como solo e água (Charley & Richards 1983).

Sendo assim, além da serapilheira ser o principal caminho de ciclagem de nutrientes, é também muito importante para quantificar a produtividade, estimar a produção primária e fornecer informações sobre fenologia das espécies (Proctor 1983, Delitti 1984, Vitousek 1984).

Os estudos de ciclagem de nutrientes, principalmente através da produção de serapilheira, têm sido considerados como de grande relevância para o entendimento do funcionamento de ecossistemas (Proctor 1983). Porém, a variação substancial da produção da serapilheira entre as florestas tropicais úmidas permanece com poucos estudos (Lonsdale 1988), sobretudo para o Pantanal, podendo ser citados estudos desenvolvidos por Ribeiro (1998 e 2001), Costa (1999 e 2002) e David (2001). Pouco também se conhece sobre a fenologia das espécies (Junk *et al.* 1989, Araujo 2001, Reys *et al.* 2005). Entretanto, com o conhecimento fenológico das comunidades vegetais, é possível esclarecer o seu nas cadeias alimentares (Ribeiro & Castro 1986), bem como obter informações de sua dinâmica, o que permite compreender a atuação das características climáticas e edáficas no ambiente (Fournier 1969).

Os macro-habitat florestados desempenham inúmeros serviços ou funções ecossistêmicas; dentre eles, a estocagem e a ciclagem da matéria orgânica (Everard 2016). Dos serviços ecossistêmicos, estes talvez sejam os mais negligenciados por não apresentarem utilidade direta para os organismos. Embora que, mesmo não diretamente consumidas esses serviços são fundamentais para a resiliência dos ecossistemas (Everard 2016). A matéria orgânica não decomposta é estocada na forma de carbono, ao passo que as outras frações da serapilheira decompostas são liberadas em forma de nutrientes para o solo e ambientes aquáticos (Santos *et al.* 2001, Constanza 2012, Elias & Marinicova 2017).

Somando-se a isso, as inundações nos macro-habitat aceleram a velocidade da decomposição, favorecendo a retenção da abundante matéria orgânica na superfície do solo e para os diversos sistemas (Santos *et al.* 2001, Elias & Marinicova 2017). Visto que, no período chuvoso, os nutrientes inorgânicos (por exemplo, nitrogênio e fósforo) são removidos, depositado nas planícies de inundação e, posteriormente, estocados e assimilados na produtividade dos sistemas biológicos, principalmente no crescimento dos vegetais (e.g. fitoplâncton, macrófitas aquáticas, florestas ripárias), influenciando diretamente na produtividade da biota, e conseqüentemente, na manutenção da biodiversidade (Santos *et al.* 2001, Elias & Marinicova 2017).

Dessa forma, visando contribuir para o conhecimento das funções ecológicas dos macro-habitat em AUs, este trabalho tem como proposta quantificar a produção mensal e anual da serapilheira, e observar a sua distribuição sazonal. Além disso, propõe-se investigar, por meio da serapilheira, a periodicidade das fenofases, ao longo de um ano nos macro-habitat florestados (floresta monodominante inundável de *V. divergens* e savana arbórea).

Material e métodos

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na região denominada Pirizal (S16° 15' 12'' e W 56° 22' 12''). O clima é do tipo AW, de acordo com classificação de Köppen com duas estações bem definidas: a estação seca, de maio a setembro, e a estação chuvosa, de outubro a abril (Nunes da Cunha & Junk 2004). A precipitação máxima é 1384mm no mês de janeiro, com precipitação mínima no mês de julho (Figura 1). A temperatura média anual é de 25,8°C, sendo outubro o mês mais quente, enquanto julho é o mais frio (Almeida 1998).

O processo de inundação sazonal é dividido em quatro fases: enchente, cheia, vazante e seca (Rebellato & Nunes da Cunha 2005). Na área de estudo, a profundidade da inundação é de 20 a 40cm, com duração de 65 a 130 dias (Fantin-Cruz *et al.* 2010a, 2010b).

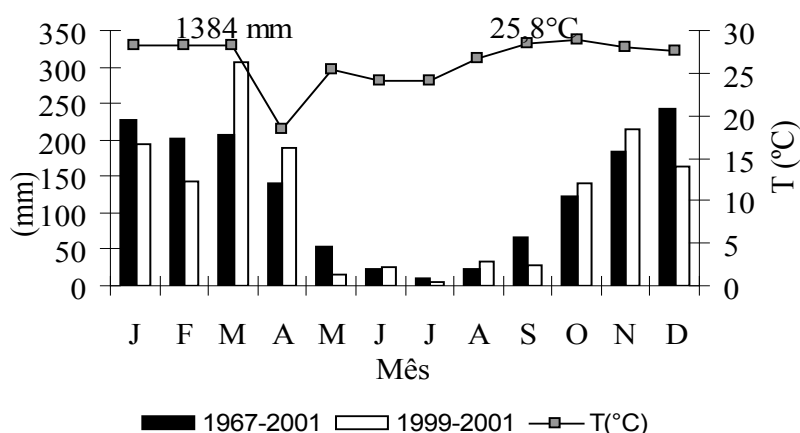


Figura 1 – Balanço hídrico da região de estudo para o período de 1967-2001. Precipitação de 1384mm e déficit hídrico de 2,45mm. Dados meteorológicos INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) – Mato Grosso, latitude 15°33'5"S, longitude 56°07'W e altitude 152,34m.

Caracterização dos macro-habitat

- Floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* ou Cambarazal (CAM): este sítio foi caracterizado pela monodominância da espécie *Vochysia divergens* Polh., que pertence à família Vochysiaceae, habitando áreas sujeitas a alagamento. *V. divergens* é reconhecida por avançar ou “invadir” as áreas campestres, formando macro-habitat monodominantes (Cambarazal), expansão reconhecida mundialmente como um fenômeno denominado “*encroachment*”.
- Savana arbórea densa em cordilheira (SAD): a fitofisionomia deste sítio foi classificada no estudo de Costa *et al.* (2010) como savana florestada, com denso sub-bosque (58% de indivíduos com 1 a 5m) e estrato arbóreo (37%, 5, 1 a 10m). A vegetação estudada localizava-se na parte central do cordão arenoso ou *paleo levee* (cordilheira).

Coleta de dados

O acompanhamento da produção de serapilheira nos sítios do macro-habitat CAM compreendeu o período de janeiro de 1999 a janeiro de 2000. A coleta dos dados foi realizada através de 30 coletores circulares compostos de um aro de tubo de polietileno com 62cm de

diâmetro ($0,31\text{m}^2$), fixados no solo através de três hastes de madeira amarradas ao aro com arame galvanizado. No aro prendeu-se uma tela de nylon (malha 2mm). Os coletores ficaram suspensos cerca de 90cm do solo sobre as hastes numa área de 1ha^{-1} , sendo distribuídos cinco grupos de seis coletores, abrangendo uma área amostral de coletor de $9,3\text{m}^2$.

No macro-habitat SAD, foram estabelecidos três estandes para a distribuição dos coletores, compreendendo borda do campo, centro da cordilheira e borda do lago. Foram instalados 30 coletores, sendo 10 para cada estande da vegetação. Os coletores foram confeccionados conforme acima descrito para o sítio CAM, entretanto, com uma abertura circular de 63cm de diâmetro ($0,31\text{m}^2$), perfazendo um total de $9,34\text{m}^2$ de área amostral de coletor.

Em ambas as comunidades florestais, as amostras foram coletadas mensalmente e submetidas à secagem a 60°C e, posteriormente, separadas em frações: folhas, ramos, flores, frutos. A partir do peso seco, foram calculadas as médias mensais em g.m^{-2} , e convertidas em t.ha^{-1} .

Análise de dados

Empregou-se a análise de variância (ANOVA) para realizar comparações entre a produção de serapilheira mensal e as duas estações do ano, e para avaliar a produção entre os sítios.

As análises cronológicas das fenofases *floração* e *frutificação* foram determinadas por avaliação da serapilheira coletada mensalmente e comparadas com variáveis climáticas (precipitação e temperatura), através da triagem das estruturas reprodutivas presentes nos coletores, e também observações no período da floração e frutificação. As observações foram iniciadas durante os primeiros botões florais, e finalizadas com a frutificação, no estágio de fruto maduro desenvolvido.

Resultados

Para ambos os macro-habitat florestais, o total da área amostral de coletas foi muito próximo, possibilitando, dessa forma, análises comparativas entre macro-habitat alagáveis (CAM) e não alagáveis (SAD).

A queda de serapilheira nos sítios CAM e SAD ocorreu durante todo o ano de observação, com uma considerável variação entre os meses. No sítio CAM, os valores mínimos ocorreram no início da fase aquática (dezembro 1999, com 1,2% do total da serapilheira produzida), e os três principais picos na fase seca (maio, junho e agosto de 1999, com 49,2% do total da serapilheira), enquanto em SAD apresentou valores mínimos durante a fase aquática (março de 2001, com 2,6% do total da serapilheira produzida) e também com três principais picos na fase seca (julho, agosto, setembro de 2000 com 47,4% do total), Figura 2. A produção anual média em CAM foi de $167,90\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ($0,18\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e, em SAD, $3824,45\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ($4,09\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$).

A fração *folha* teve a maior representatividade, atingindo 89,62% ($150,47\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,16\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em CAM e 70% no sítio SAD ($2826,8\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $3,02\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), seguida pela fração *ramos*, com 7,07% ($11,87\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,012\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e 23% ($757,6\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,8\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) CAM e SAD, respectivamente. A fração *flor* apresentou 1,11% ($1,86\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,002\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para CAM, e 4% ($154,5\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,16\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para SAD. Para a fração *fruto*, CAM obteve 2,20% ($3,69\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,003\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e o sítio SAD atingiu 2,23% ($85,3\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $0,09\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$).

O processo de deposição da serapilheira média total apresentou padrões sazonais variando significativamente (CAM, $P=0,01$ e SAD $P=0,0003$) durante os meses avaliados. A produção foi elevada nos meses correspondentes à fase seca, decrescendo nos meses correspondentes fase à aquática (Figura 2). A ANOVA demonstrou, ainda, que houve diferenças significativas ($P=0,0007$) na produção entre os sítios CAM e SAD.

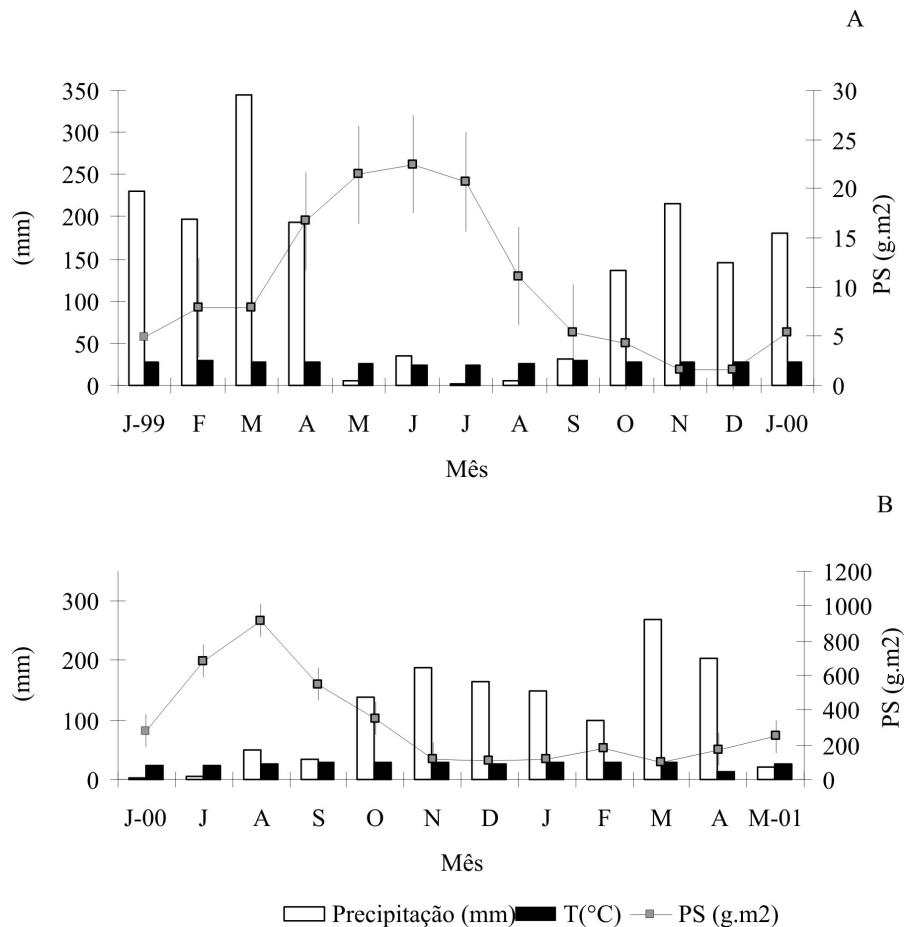


Figura 2 – Produção média mensal de serapilheira (g. m^2) nos sítios CAM (Cambarazal) e SAD (Savana arbórea densa), precipitação (mm) e temperatura mensal correspondentes aos períodos estudados (1999-2000, 2000-2001).

Nos macro-habitat CAM e SAD, ocorreram variações na produção de folhas entre os meses da fase seca e os da fase aquática. A senescência foliar para ambas as comunidades foi maior nos meses correspondentes à fase seca, Figura 3. Já a produção de ramos foi maior nos meses correspondentes à fase aquática (Figura 4). A queda de flores variou entre os sítios, sendo que, em CAM, a maior produção ocorreu na fase seca (nos meses julho e agosto); e, em SAD, no período chuvoso (outubro), Figura 5. A queda de frutos também variou sazonalmente, ocorrendo maior produção nas duas áreas durante a fase seca (julho e agosto), Figura 6.

O período de floração de *V. divergens* em CAM teve início no mês de abril e finalizou em agosto, com pico na produção de flores em julho (Figura 5). Nos meses de setembro a março, a produção foi nula (0 g.m^2). Esses meses correspondem à fase aquática no sistema. Para SAD, a floração ocorreu ao longo de todo o ano (Figura 5), havendo pico de floração das espécies savânicas nos meses de julho e agosto (fase seca).

A safra de produção de frutos de *V. divergens* em CAM ocorreu uma vez no ano, iniciando em julho e finalizando no mês de outubro, com pico de produção em agosto (fase seca). Nos meses de janeiro a abril, ocorreu uma variação nos valores, devido à pesagem das cápsulas dos frutos antigos que permaneceram nas árvores (Figura 6). Nos meses de outubro a maio, correspondente ao período chuvoso, a produção foi nula (0 g.m^2). Em SAD, a produção de frutos (Figura 6) ocorreu também em menor intensidade em relação às outras frações. O pico da produção de frutos ocorreu no mês de agosto, período da seca.

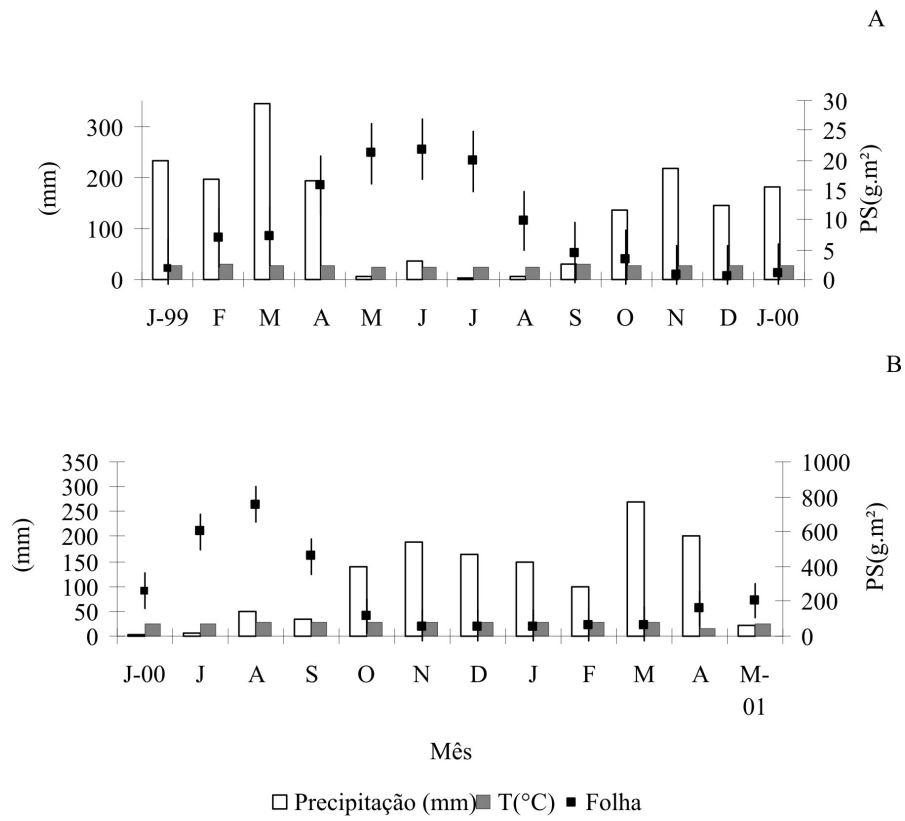


Figura 3 – Produção e comparação da fração foliar (g.m^2) nos sítios CAM (Cambarazal) e SAD (Savana arbórea densa), com a precipitação (mm) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) mensais.

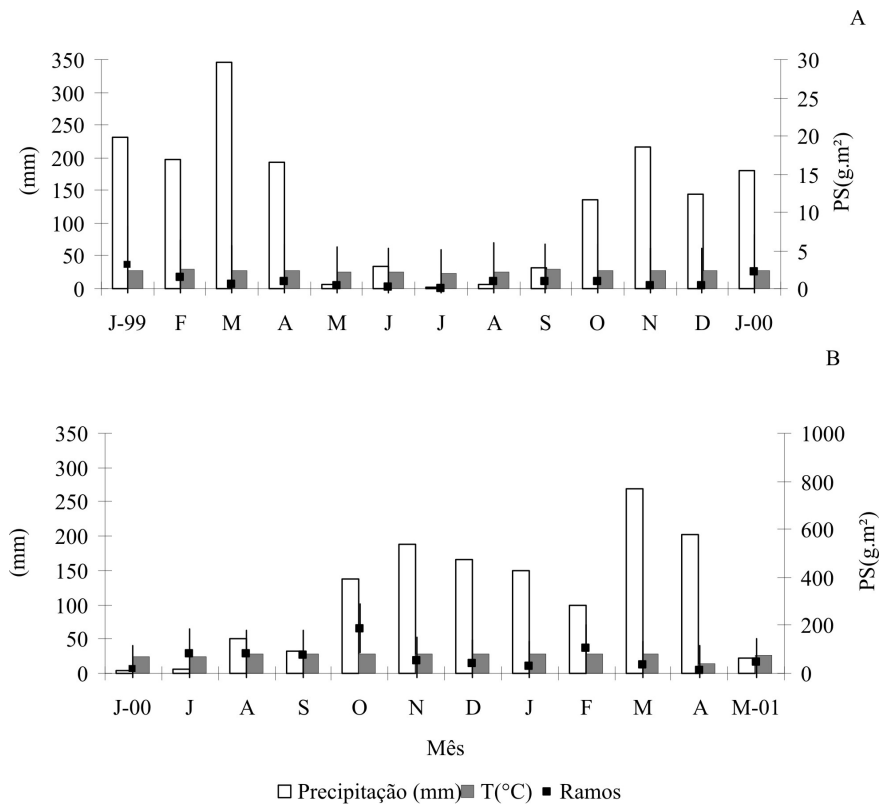


Figura 4 – Produção e comparação da fração ramos (g.m^2) nos sítios CAM (Cambarazal) e SAD (Savana arbórea densa), com a precipitação (mm) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) mensais.

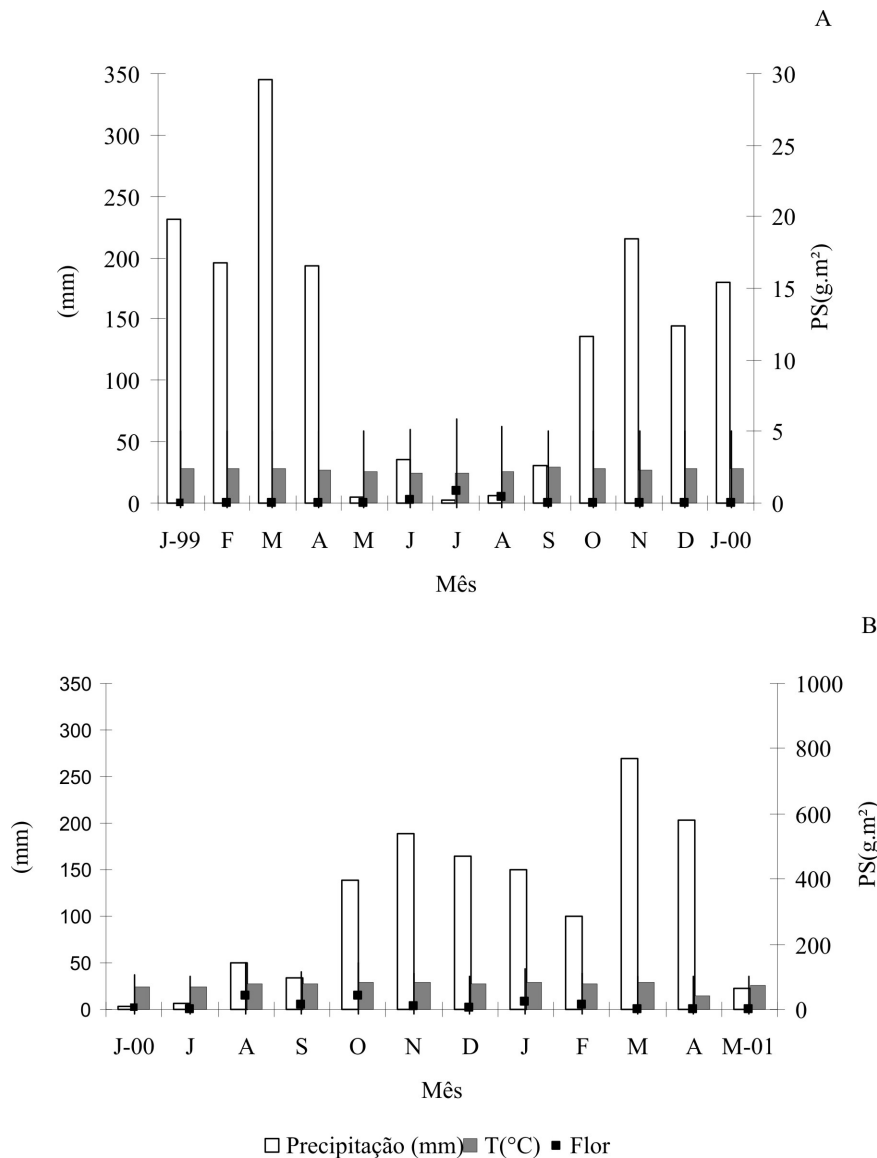


Figura 5 – Produção e comparação da fração flor (g.m²) nos sítios CAM (Cambarazal) e SAD (Savana arbórea densa, com a precipitação (mm) e temperatura (°C) mensais.

Discussão

O total de serapilheira produzida em CAM (167,90 g.m².ano⁻¹, 0,18 t.ha⁻¹.ano⁻¹) foi substancialmente menor, em comparação aos resultados encontrados em SAD (3824,45 g.m².ano⁻¹, 4,09 t.ha⁻¹.ano⁻¹). Haase (1999), para seu estudo em diferentes macro-habitat do Pantanal, demonstrou valores superiores aos encontrados neste estudo, com total de 7,71t.ha⁻¹, para florestas não alagáveis (florestas decíduas e semidecíduas), e 10,27 t.ha⁻¹, para florestas sazonalmente alagáveis (florestas sempre verdes). Confrontando os resultados obtidos por aquele autor com os deste estudo, constata-se que a deposição de serapilheira não foi elevada no sítio CAM; no entanto, os macro-habitat estudados por Haase (1999) referiam-se a florestas mistas poliespecíficas, bem como o autor empregou maior esforço amostral em suas coletas.

Contudo, quando comparados os resultados obtidos em CAM com outras comunidades que apresentaram o comportamento de monodominância, os resultados foram dentro do esperado. Como, por exemplo, no estudo de Aidar & Joly (2003) sobre a ciclagem de nutrientes

do *Centrolobium tomentosum*, em que os valores da produção de serapilheira foram considerados elevados ($4,2 \text{ kg.ind}^{-1}$, $0,42 \text{ t.ind}^{-1}.\text{m}^2$). Nessa abordagem, ainda, Vilela & Proctor (2002) discutem que a monodominância de *Peltogyne gracilipes*, na ilha fluvial de Maracá, esteja diretamente relacionada ao caráter decíduo da espécie. Para eles, a deciduidade de *Peltogyne* é um dos principais meios pelo qual a composição, a dominância e a riqueza de espécies da floresta podem afetar a ciclagem de nutrientes.

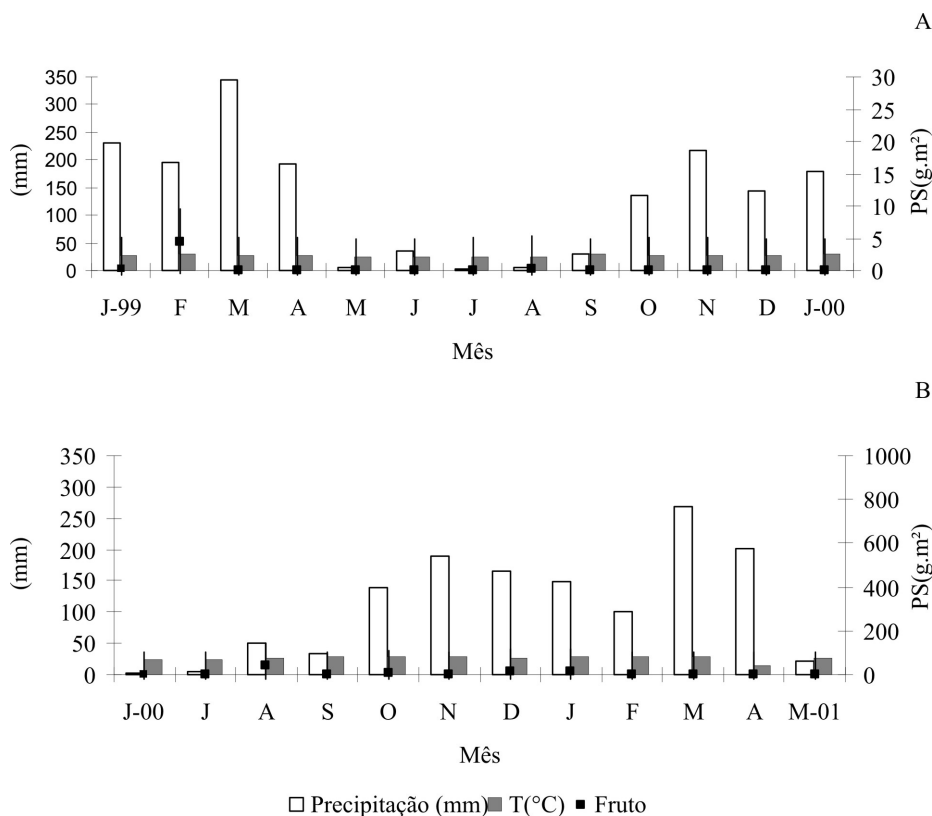


Figura 6 – Produção e comparação da fração fruto (g.m^2) nos sítios CAM (Cambarazal) e SAD (Savana arbórea densa), com a precipitação (mm) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) mensais.

O valor da produção total média para o sítio SAD ($4,09 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) foi semelhante ao valor da produção encontrado por Haase (1999) para uma floresta decídua no Pantanal de Mato Grosso ($4,86 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$). Porém, comparando com estudos realizados por Luizão & Schubart (1986), para florestas de terra firme na Amazônia Central ($7,42 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$); e por Dias & Oliveira Filho (1997), em floresta estacional semidecidual de Minas Gerais ($7,76 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), foi possível observar que a produção para o sítio SAD foi menor. No entanto, mesmo com valores menores, a produção deste macrohabitat está dentro do esperado, pois, de acordo com Delitti (1984), o menor valor na produção de serapilheira em áreas de campo cerrado é inferior em 50% aos valores observados em florestas.

O padrão de variação temporal destacado neste estudo para a produção de serapilheira entre os macro-habitat evidenciou uma deposição maior no período da estação seca e menores valores de serapilheira no período da estação chuvosa, assemelhando-se com os resultados citados para as florestas tropicais (Delitti 1984, Golley *et al.* 1978, Gouveia & Felfili 1998).

Além disso, o comportamento decíduo das espécies durante a fase seca, evento verificado para outras espécies arbóreas características das florestas do Pantanal (Haase 1999), pode estar relacionado ao estresse hídrico. Segundo Moreira & Silva (2004), no estudo de produção

de serapilheira em área reflorestada de Limeira (São Paulo), o fato de a maior produção de serapilheira ocorrer na estação seca é explicado pela redução da precipitação, somada à redução do fotoperíodo, com a hipótese de que essa formação sofreu estresse hídrico na seca, respondendo com maior queda de folhas e proporcionando elevada produção de serapilheira nessa estação.

Neste estudo, observou-se fato semelhante, pois a produção média total de serapilheira sofreu acréscimo elevado durante período de seca, devido à maior deposição de folhas antigas. Em CAM, observou-se que a deposição de folhas antigas foi seguida de rápida emissão de folhas jovens, sendo que espécies que apresentam esse padrão fenológico foram classificadas como brevidecíduas (Borchert 1998, Schöngart *et al.* 2002). Enquanto em SAD a caducifolia das espécies ocorreu sincronicamente e foi relacionada com a baixa disponibilidade de água, aspectos que contribuíram para a elevação da produção da fração folha na estação seca. Devido ao padrão fenológico, as espécies do sítio SAD foram classificadas como decíduas (Borchert 1998, Schöngart *et al.* 2002).

Dessa forma, a fração *folha* apresentou elevados percentuais, tanto para CAM (89,62%) quanto para SAD (70%), contribuindo decisivamente na biomassa do Pantanal e traçando todo o perfil quantitativo da produção de serapilheira. O percentual da fração *folha* encontrado por Haase (1999) em florestas do Pantanal foi de 66,5% da produção total; Delitti (1984) encontrou 58,6% em um ecossistema de mata ciliar; e, em florestas tropicais, essa fração correspondeu a 66,32% da produção total (Bray & Gorhan 1964).

Contudo, ressalta-se, ainda, que o padrão elevado de produção de folhas em CAM pode estar relacionado ao comportamento decíduo das florestas monodominantes, sendo determinante a contribuição da massa foliar em um único período, o seco (Villela & Proctor 2002). Além disso, o elevado percentual de folhas liberadas pode estar relacionado ao caráter competitivo para o estabelecimento das espécies das florestas monodominantes, pois as altas concentrações de alumínio encontradas nas folhas provindas do Cambarazal e do solo do Pantanal podem criar uma barreira tóxica ao estabelecimento de outras espécies, provocando um pulso de entrada de alumínio no solo através da serapilheira. Esse padrão foi semelhante ao encontrado por Villela & Proctor (2002) para floresta de *Peltogyne*, sendo que a dominância dessa espécie foi atribuída ao padrão de decomposição das suas folhas e ao pulso sazonal de magnésio advindo delas.

A produção de ramos, em ambos os sítios, foi elevada durante a fase aquática. A alta pluviosidade, os ventos ocasionais, os ventos com chuva ou tempestades excepcionais, comuns nesse período, podem ter colaborado para o aumento desta fração. Vitousek *et al.* (1995) também relacionam a quantidade de produção de ramos com a velocidade dos ventos, ação das chuvas e raios.

Nos macro-*habitat* analisados, os picos de floração das espécies também indicaram um comportamento sazonal, sendo que os valores foram elevados durante a estiagem. Para Gouveia & Felfili (1998), esse comportamento demonstra que espécies têm estratégias de floração conjunta com a queda de folhas para permitir uma exposição maior aos seus polinizadores. Janzen (1967) relata que a floração na época seca para as espécies é vantajosa porque as condições climáticas são favoráveis e não há perigo das flores serem danificadas pelas tempestades, sendo que a queda mais intensa das folhas facilita a visualização das flores pelos polinizadores, que estão bastante ativos nessa época, enquanto a herbivoria é reduzida.

Os picos da produção de frutos, em ambos os macro-*habitat* ocorreram no mês de agosto, seguindo, portanto, o padrão sazonal da produção de folhas e flores que atingiram seus picos de produção no período da seca, ou seja, a fenologia das espécies apresentou um padrão sazonal. De acordo com Janzen (1967), a dispersão de frutos anemocóricos das espécies, do meio para o fim da estação seca, seria facilitada pela deciduidade.

Assim, a fenologia reprodutiva de *V. divergens*, espécie de CAM foi caracterizada pela floração, deciduidade e dispersão de frutos durante a estiagem. Esse fato pode representar uma

estratégia de reprodução de *Vochysia*, para disseminação de suas sementes (Nunes da Cunha & Junk 2004).

Já em SAD, a fenologia caracterizou-se pela sincronicidade da frutificação e caducifolia, ressaltando, ainda, que ocorreram, nessa área, espécies que frutificaram exclusivamente no período da seca. Nunes da Cunha & Junk (1996) verificaram que 60% das espécies observadas em capões e cordilheiras no Pantanal de Poconé apresentaram dispersão no período de frutificação, relacionado ao período de estiagem. Apesar da influência da sazonalidade no ritmo reprodutivo dessa comunidade, constatou-se que não houve inibição total de floração e frutificação nos períodos de chuva.

Assim, de forma mais abrangente, os valores da produção em SAD foram superiores, quando comparados aos de CAM. Essa variação marcante nos valores pode estar relacionada à monodominância que ocorre em CAM, como já supracitado. Porém, mesmo diante disso, a contribuição do Cambarazal na estocagem de grandes quantidades de nutrientes em pequenas quantidades de serapilheira é irrefutável. De acordo com o estudo de David (2001), a serapilheira provinda do Cambarazal, no Pantanal, carrega elevadas quantidades de fósforo e nitrogênio para os campos alagáveis.

Já as análises fenológicas evidenciaram respostas relacionadas à dinâmica sazonal, pois os indivíduos de *V. divergens* e das espécies savânicas apresentaram caducifolia acentuada, floração sequenciada por rápida frutificação durante a estação seca. *V. divergens* apresentou estruturas reprodutivas apenas uma vez no ano (período da seca), fato que pode estar relacionado tanto a uma vantagem competitiva, quanto a uma resposta ao pulso de inundação.

Dessa forma, a produção da serapilheira, dentre os serviços ecossistêmicos, também pode ser utilizada como parâmetro econômico de elevada importância, relacionado à reciclagem natural. Tal serviço pode ser considerado como mecanismo que envolve desde a biofixação, estocagem, assimilação e decomposição da matéria orgânica. Somando-se a isso, a serapilheira fornece forragem aos animais herbívoros e pode ser considerada um indicador do estágio de regeneração (Moreira & Silva 2004).

Nesse contexto, as AUs são cruciais para manutenção da saúde ambiental global, visto que esses sistemas são responsáveis por reciclar e armazenar grandes quantidades de matéria orgânica, sobretudo os resíduos e dejetos humanos oriundos das partes mais altas das bacias hidrográficas (Santos *et al.* 2001, Junk & Nunes da Cunha 2012). No entanto, os muitos serviços ecossistêmicos realizados pelas AUs, dentre eles a produção de serapilheira, não são reconhecidos monetariamente pelo mercado econômico. Contudo, esse reconhecimento torna-se crítico, pois poderá enfatizar a grande importância socioeconômica das funções desses sistemas (Santos *et al.* 2001, Elias & Marinicova 2017). Tal valoração pode ser uma ferramenta para impulsionar a conservação e o uso sustentável das AUs mundiais (Santos *et al.* 2001, Elias & Marinicova 2017).

Nesse viés, os resultados apresentados neste estudo, quanto à quantidade e a qualidade da serapilheira produzida nos macrohabitat, indicaram uma grande contribuição das espécies na ciclagem de nutrientes, sendo uma das fontes alóctone de nutrientes para campos inundáveis e corpos d'água no Pantanal.

Agradecimentos

Ao Centro de Pesquisas do Pantanal (CPP), pelo apoio e financiamento logístico; ao INCT Áreas úmidas (INAU); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas nas modalidades Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (DTI), processo nº 310260/2005, concedida à primeira autora. À Héliida B. Borges, pelo auxílio na correção do manuscrito.

Referências bibliográficas

- Aidar, M.P.M. & Joly, C.A. 2003. Dinâmica da produção da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guil. ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, 26: 193-202.
- Almeida, N.N. 1998. **Estrutura e dinâmica de uma comunidade de plântulas em uma floresta sazonalmente inundável no Pantanal de Poconé, MT**. Dissertação (Mestrado em Biologia). Universidade Federal de Mato Grosso. 93p.
- Araújo, A.C. 2001. **Flora, fenologia de floração e polinização em capões do Pantanal Sul Mato Grossense**. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas. 69p.
- Arieira, J.C. & Nunes da Cunha, C. 2006. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl. (Vochysiaceae) no Pantanal Norte, Mato Grosso (Brasil). **Acta Botânica Brasileira**, 20(3): 569-580.
- Borchert, R. 1998. Responses tropical trees to rainfall seasonality an its long-term changes. **Climatic Change**, 39: 381-393.
- Bray, J.R. & Gorham, E. 1964. Litter production in forest of the world. **Advances in Ecological Researches**, 2: 101-157.
- Charley, J.L. & Richards, B.N. 1983. Nutrient allocation in plant communities mineral cycling in terrestrial ecosystems, p. 5-45. In: Lange, O.L.; Nobel, P.S.; Osmond, C.B. & Ziegler, H. (eds.). **Physiological Plant Ecology**. Springer-Verlag.
- Costanza, R. 2012 Ecosystem health and ecological engineering, **Ecological Engineering**, 45: 24-29.
- Costa, S.C. 1999. **Aspectos da produção e decomposição de serapilheira em um trecho de floresta ripária do Pantanal de Barão de Melgaço-MT**. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Mato Grosso. 40p.
- Costa, S.C. 2002. **Análise fitossociológica da transição floresta-savana em uma cordilheira no Pantanal de Poconé (MT)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. 80p.
- Costa, C.P.; Nunes da Cunha, C. & Costa, S.C. 2010. Caracterização da flora e estrutura do estrato arbustivo-arbóreo de um cerrado no Pantanal de Poconé, MT. **Biota Neotropica**, 10(3): 61-73.
- David, G.Q. 2001. **Dinâmica de nutrientes em um campo inundável no Pantanal Mato-Grossense, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. 79p.
- Delitti, W.B.C. 1984. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii*, Mogi-Guaçu-SP**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. 298p.
- Dias, H.C.T. & Oliveira Filho, A.T. 1997. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua Montana em Lavras – MG. **Revista Árvore**, 21: 11-26.
- Eliáš P. & Mariničová P. 2017. Ecological functions of vegetation as potentials of ecosystem services (floodplain alder forest in the Trábeč microregion). **J. For. Sci.**, 63: 126-135.
- Everard M. 2016. Nutrient Cycling in Wetlands: Supporting Services, p. 1437-1440. In: Finlayson, C.M.; Everard, M.; Irvine, K.; McInnes, R.; Middleton, B.; van Dam, A. & Davidson (eds.). **The Wetland Book**. Springer, Dordrecht. 2238p.
- Fantin-Cruz, I.; Girard, P.; Zeilhofer, P.; Collischonn, W. & Nunes da Cunha, C. 2010a. Meso-scale phytophysiological units in the Northern Pantanal and their relations with geomorphology. **Biota Neotropica**, 10(2): 31-38.
- Fantin-Cruz, I.; Girard, P.; Zeilhofer, P. & Collischonn, W. 2010b. Dinâmica de inundação, p. 25-36. In: Fernandes, I.M.; Signor, C. & Penha, J.M.F. (orgs.). **Biodiversidade na grade do Pirizal**. Átemma, Cuiabá, MT. 196p.

Fournier, L.A. 1969. Estudo preliminar sobre floración en ele Roble de Sabana. *Tabebuia pentaphylla* (L.) Hemsl. **Revista de Biologia Tropical**, 15: 259-267.

Golley, F.B.; McGinnis, J.T.; Clements, R.G.; Child & G.I. & Duever, M.J. 1978. **Ciclagem minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Edusp.

Gouveia, G.P & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil central. **Revista Árvore**, 22: 443-45.

Haase, R. 1999. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 117: 129-147.

Janzen, D.H. 1967. Sincronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, 21: 620-637.

Junk, W.J.; Bayley, P.B. & Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-foodplain systems, p.110-127. In: Dodge, D.P. (editor) **Proceedings International Large River Symposium (LARS)**. Special Publication Canadian Fisheries and Aquatic Sciences.

Junk, W.J. & Nunes da Cunha. 2012. Pasture clearing from invasive woody plants in the Pantanal: a tool for sustainable management or environmental destruction? **Wetlands Ecology and Management**, 20(2): 111-122.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Lourival, R.; Wittmann, F.; Kandus, P.; Lacerda, L.D.; Bozelli, R.L.; Esteves, F.A.; Nunes da Cunha, C.; Maltchick, L.; Schöngart, J.; Schaeffer-Novelli, Y. & Agostinho, A.A. 2014. Brazilian wetlands: definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Environments**, 24: 5-22.

Lonsdale, W.M. 1988. Predicting the amount of litter fall in forests of the world. **Annals of Botany**, 61: 319-324.

Luizão, F.J. & Schubart, H.O.R. 1986. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Limnológica Brasileira**, 1: 575-600.

Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. 2000. **Wetlands**. Van Nostrand Reinhold Company. 920p.

Moreira, P.R. & Silva, O.A. 2004. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, 28: 49-59.

Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. 1996. Composição florística de capões e cordilheiras: Localização de espécies lenhosas quanto ao gradiente de inundação do Pantanal de Poconé, MT – Brasil, p. 103-110. In: **Anais do II Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal – Manejo e Conservação**.

Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. 2004. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. **Applied Vegetation Science**, 7: 103-110.

Nunes da Cunha, C.; Piedade, M.T.F. & Junk, W.J. 2014. **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats**. EdUFMT. 157p.

Proctor, J. 1983. Tropical forest litter fall. I. Problems of data comparison, p. 267-273. In: Sutton, S.L.; Whitmore, T.C. & Chadwick, A.C. (eds.). **Tropical Rain Forest: Ecology and Management**. Blackwell Scientific Publications.

Rebellato, L. & Nunes da Cunha, C. 2005. Efeito do “fluxo sazonal mínimo da inundação” sobre a composição e estrutura de um campo inundável no Pantanal de Poconé-MT. **Acta Botanica Brasílica**, 19(4): 791-801.

Reys, P.; Galetti, M.; Morellato, L.P.C. & Sabino, J. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. **Biota Neotropica**, 5(2): 309-318. <https://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032005000300021>.

Ribeiro, J.F. & Castro, L.H.R. 1986. Método quantitativo para avaliar características fenológicas em árvores. **Revista Brasileira de Botânica**, 9: 7-11.

Ribeiro, L. 1998. **Dinâmica de nutrientes na Serapilheira, em um trecho de mata ciliar alagável com ninhal de aves do rio Cuiabá, no Pantanal de Barão de Melgaço-MT.** Monografia de Graduação. Universidade Federal de Mato Grosso. 53p.

Ribeiro, L. 2001. **O papel da serapilheira na dinâmica de nutrientes do Landi da Moranga, Pantanal Mato-Grossense, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. 58p.

Santos J.E.; Nogueira F.; Pires J.S.R.; Obara A.T. & Pires A.M.Z.C.R. 2001. The value of the Ecological Station of Jataí's ecosystem services and natural capital. **Rev. Bras. Biol.**, 61(2): 171-190.

Schöngart, J.; Piedade, T.E.; Ludwigshausen, S.; Horna, V. & Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, 18: 581-597.

Villela, D.M. & Proctor, J. 2002. Leaf Litter Decomposition and Monodominance in the *Peltogyne* forest of Maracá Island, Brazil. **Biotropica**, 34: 334-347.

Vitousek, P.M. 1984. Litter fall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. **Ecology**, 65: 285-298.

Vitousek, P.M.; Gerrish, G.; Turner, D.R.; Walker, L.R. & Mueller-Dombois, D. 1995. Litterfall and nutrient cycling in four Hawaiian montane rainforests. **Journal of Tropical Ecology**, 11: 189-203.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Número temático: Diagnóstico e manejo de áreas úmidas em áreas protegidas
n. 2, 2019

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886