

Gabriel Araújo Paes FREIRE^{1,4*}, Ranieli dos Anjos de SOUZA², Dione J. VENTURA³, Yves Dias BRITO⁴, Igor Georgios FOTOPOULOS⁵

ANÁLISE ESPACIAL DE SERAPILHEIRA FOLIAR EM PARCELA PERMANENTE NA RESERVA BIOLÓGICA DO JARU, AMAZÔNIA OCIDENTAL, RONDÔNIA: COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS

Palavras chave:
Matéria orgânica
Floresta Amazônica
Espacialização
Interpoladores

RESUMO: A matéria orgânica, conhecida como serapilheira, proveniente da senescência das estruturas vegetais, é de suma importância para manutenção dos ecossistemas florestais visto que, este material, nas florestas tropicais, pode representar até 90% da produtividade primária líquida. Mediante isto, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes métodos de interpolação para espacialização de dados de serapilheira foliar em uma área de floresta primária de terra firme localizada na Reserva Biológica do Jaru, Rondônia, província Ocidental da Amazônia. A coleta de serapilheira foi realizada entre maio de 2016 a abril de 2017, em uma parcela permanente de 1 hectare (100 x 100 m), utilizando 25 coletores de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m). A análise espacial foi realizada pelos métodos determinísticos Inverso da Distância ao Quadrado (IDW) e Vizinho Natural (NN). A produção de serapilheira foliar para o período de estudo foi de 8,34 mg.ha⁻¹.ano⁻¹, com maior produtividade entre julho a outubro de 2016, compreendendo o período seco e de transição seco-chuvoso. Observa-se que o melhor ajuste do modelo foi obtido com o método Vizinho Natural (RMSE = 0,0768), com valores mais próximos da média observada, embora, não tenha ocorrido diferença significativa ($\alpha = 0,05$) entre os dois interpoladores utilizados na espacialização dos dados.

SPATIAL ANALYSIS OF LEAF LITTER IN A PERMANENT PLOT IN THE JARU BIOLOGICAL RESERVE, WESTERN AMAZON, RONDÔNIA: COMPARISON OF DIFFERENT METHODS

Keywords:
Organic matter
Amazonian Forest
Spatialization
Interpolators

ABSTRACT: The organic matter, known as litterfall from senescence of plant structures, is of paramount importance for the maintenance of forest ecosystems, since this material in tropical forests can represent up to 90% of net primary productivity. Therefore, the objective of this study was to evaluate different interpolation methods for spatialization of leaf litter data in an area of primary dryland located in the Jaru Biological Reserve, Rondonia state, Western Amazonia. The litter collection was carried out between May 2016 and April 2017, in a permanent plot of 1 hectare (100 x 100 m), using 25 collectors of 0.25 m² (0.50 x 0.50 m). The spatial analysis was performed by the inverse deterministic methods of distance squared (IDW) and natural neighbor (NN). The leaf litter production for the study period was 8.34 mg.ha⁻¹.year⁻¹, with higher productivity between July and October 2016, including the dry and dry-rainy transition period. It is observed that the best fit of the model was obtained with the Neighbor Natural method (RMSE = 0.0768), with values closer to the mean observed, although there was no significant difference ($\alpha = 0.05$) between the two interpolators used in data spatialization.

¹Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Rondônia, campus Rolim de Moura, RO; ²Docente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Pesquisadora do Grupo de Pesquisas Espaciais (GREES/IFRO), Ji-Paraná, RO; ³Bolsista PCI - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP; ⁴Engenheiro ambiental; ⁵Docente do Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, RO.

* Correspondência: paesfreire@gmail.com;

INTRODUÇÃO

O acúmulo de biomassa pela parte aérea da vegetação no solo é proveniente, principalmente, da senescência de estruturas vegetais e podem representar até 90% da sua produtividade primária líquida dos ecossistemas terrestres (Andrade; Higuchi, 2009; Silva et al., 2016). Essas estruturas vegetais formam uma camada orgânica no solo em diferentes estágios de decomposição. É constituída por folhas, ramos, cascas, material reprodutivo (sementes, frutos e flores), gravetos e outros materiais não identificados (miscelânea) (Castro et al., 2016). Uma vez depositada no solo da floresta e em diferentes estágios de decomposição, a serapilheira é transformada em matéria orgânica do solo e os elementos minerais são reabsorvidos pelas raízes superficiais das plantas (Pires et al., 2006).

Diante destas considerações, as florestas tropicais têm grande importância no que tange ao equilíbrio ecológico e climático do planeta e, entender a dinâmica da produção de serapilheira é um dos principais caminhos para a manutenção e conservação dessas áreas bem como sua inter-relação com o meio (Andrade; Higuchi, 2009; Sanches et al., 2009).

Estudos sobre a dinâmica biológica da serapilheira têm sido desenvolvidos por diversos autores e em diferentes tipologias vegetais na Amazônia, como as faixas de florestas na zona de transição Amazônia-Cerrado (Sanches et al., 2009), nas porções da Amazônia Ocidental (Castro et al., 2016), Oriental (Almeida et al., 2015) e Central (Couto-Santos; Luizão, 2010; Ourique et al., 2016). No entanto, há ainda uma lacuna de informações de produtividade florestal em termos do bioma amazônico devido a sua grande extensão e dificuldade de estudos. Por esta razão, modelos que possam estimar a produção de biomassa e auxiliar na compreensão espacial deste atributo são de

extrema relevância, sobretudo, pela redução de gastos com pesquisas de campo e obtenção de informações das regiões de difícil acesso.

Neste contexto, a análise espacial a partir de dados pontuais pode contribuir com a geração de informações sobre a produtividade florestal, muito embora a interpolação de variáveis espacialmente contínuas a partir de amostras pontuais seja um desafio (Ranade et al., 2008), o que estabelece a necessidade de testar e validar os diferentes métodos de espacialização de dados.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os métodos de interpolação Inverso da Distância ao Quadrado (*IDW*) e Vizinho Natural (*NM*) para espacialização de dados de serapilheira foliar em uma área de floresta primária de terra firme na província Ocidental da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em uma parcela permanente instalada na Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru), área localizada no estado de Rondônia, entre as coordenadas geográficas 10°11'11,4''S e 61°52'29,9''W (Figura 1). A Rebio Jaru é uma unidade de conservação federal de proteção integral do bioma amazônico, criada pelo Decreto 83.716, de 11 de julho de 1979 (Brasil, 1979) e atualmente sob a tutela do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Essa unidade está inserida em uma área de floresta tropical caracterizada, no geral, por formações do tipo Floresta Ombrófila Aberta (Culf et al., 1997).

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Am – Tropical Chuvoso, possuindo duas estações bem definidas, a chuvosa, correspondente aos meses de outubro a abril, e a seca, que ocorre nos meses de maio a setembro, sendo a precipitação

média anual de 1.962,8mm. A temperatura média anual é de 25,6°C com umidade

relativa do ar de 75% (SEDAM, 2010; Alvares et al., 2013; Gomes et al., 2015).

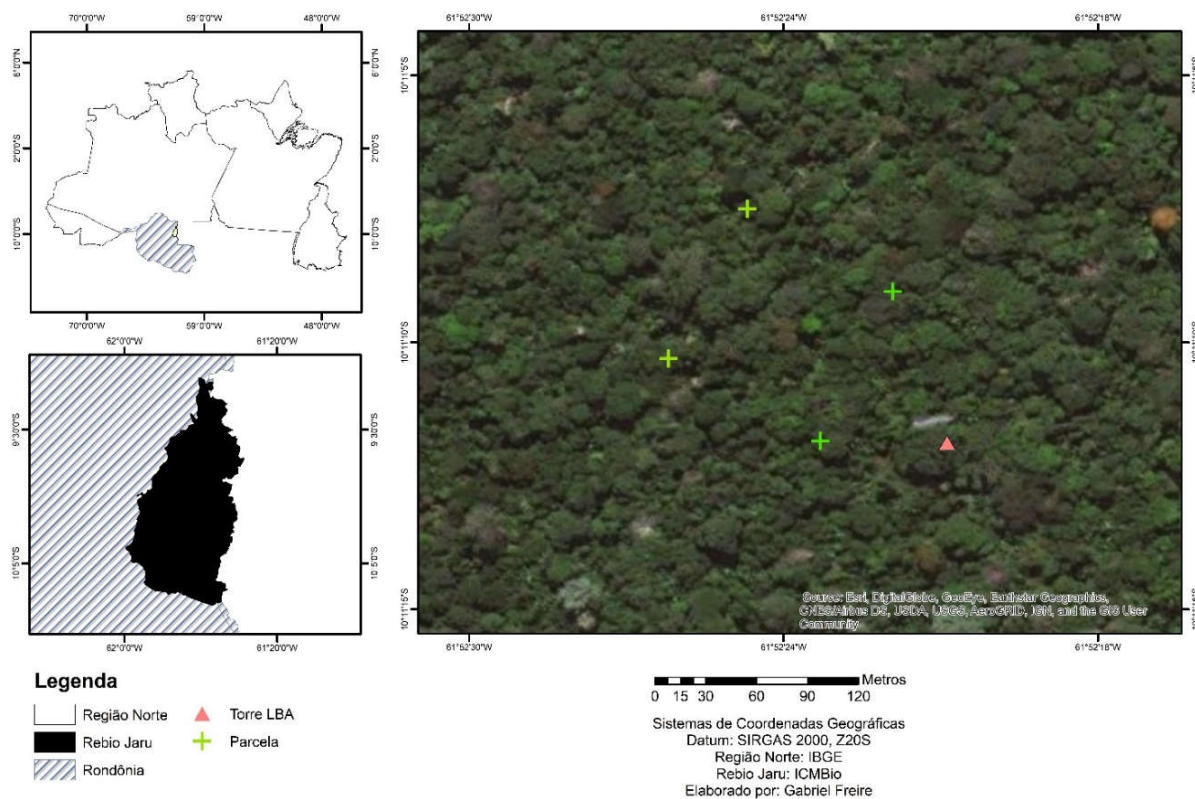


FIGURA 1 Localização da parcela de estudo na Reserva Biológica do Jarú, Rondônia.

Coletores e produção de serapilheira

A instalação da parcela permanente de 1 hectare (100 x 100 m) ocorreu no mês fevereiro de 2016, e encontra-se situada a 80 metros da torre de observação micrometeorológica do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), mais especificamente na direção noroeste e a montante dos ventos predominantes da torre. Nessa área foi realizado um levantamento florístico de todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 10 cm, seguindo os protocolos da Rede Amazônica de Inventários Florestais - RAINFOR (Marthews et al., 2014).

Para estimar a produção de serapilheira foliar foram demarcadas dentro da parcela permanente 25 subparcelas na dimensão de 400 m² (20 x 20 m) (Figura 2). No centro de cada subparcela foi instalado um

coletor de serapilheira de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m), a 1 m do solo, sendo estes construídos de material PVC e com um fundo de tela de nylon de 1 mm de malha. A serapilheira foi coletada quinzenalmente, entre os períodos de maio de 2016 a abril de 2017, as quais foram armazenadas em sacos de papel, etiquetadas e processadas no laboratório da Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR/Campus de Ji-Paraná. A secagem do material foi realizada em estufa a 80°C, até obter massa constante (Marthews et al., 2014).

Análise espacial

A análise espacial dos dados de serapilheira foliar foi realizada pelos métodos determinísticos Inverso da distância ao quadrado (*Inverse Distance Weighted - IDW*, $\alpha = 2$) e Vizinho natural (*Natural Neighbor -*

NN) com dados de 13 dos 25 coletores, posteriormente procedendo à validação cruzada com acréscimo dos 12 pontos excluídos do processo de interpolação para observar qual interpolador obteve melhor performance (se aproximar da estimativa real) (Figura 2).

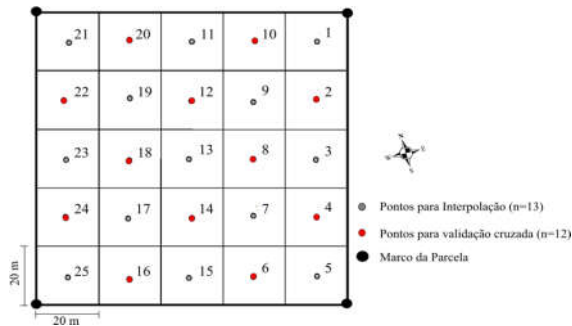


FIGURA 2 Parcela permanente com localização dos coletores utilizados na Interpolação (n=13) e Validação Cruzada (n=12+13).

O *IDW* atribui peso maior aos pontos mais próximos, diminuindo o peso com o aumento da distância e em função do coeficiente de potência α , determinando a superfície por meio de combinação linearmente ponderada dos pontos amostrados (Giacomin et al., 2014). O método *NN* possui rotina similar ao *IDW*, a diferença entre ambos é o cálculo dos pesos e o método utilizado para selecionar o subconjunto de pontos de dispersão utilizados para a interpolação (Righi; Basso, 2016). O *NN* baseia-se na rede polígono de Thiessen do conjunto de pontos de dispersão, que pode ser construída a partir da triangulação Delauney (Righi; Basso, 2016).

Para avaliar o desempenho estatístico dos modelos, foi empregado o indicador raiz quadrada do erro quadrático médio (*Root mean square error - RMSE*), cujos menores valores obtidos indicam melhor desempenho. O *RMSE* foi gerado a partir da validação cruzada aplicada aos modelos de análise espacial (*NN* e *IDW*), sendo aplicado o teste Kruskal-Wallis (KW), a um nível de

significância de 5% ($\alpha = 0,05$), para análise da distribuição das amostras observadas com as estimadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de serapilheira

A contribuição de folhas na serapilheira teve sua maior produção no mês de agosto de 2016 e menor produção no mês de março de 2017, variando de 1,95 mg.ha⁻¹ a 0,18 mg.ha⁻¹, respectivamente, totalizando uma produção de 8,34 mg.ha⁻¹.ano⁻¹. Nestes mesmos meses, a produção média foi de 0,078 ± 0,041 mg.ha⁻¹ e 0,007 ± 0,004 mg.ha⁻¹. Na figura 3 observa-se que a sazonalidade nos dados de serapilheira foliar é bem definida, com maior produção no período de seca e, entre os meses de julho a setembro.

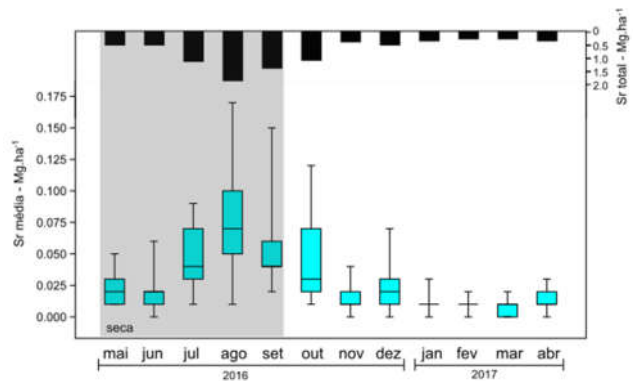


FIGURA 3 Variação média mensal da produção de serapilheira foliar em *boxplot* (mg.ha⁻¹) e total mensal de produção de serapilheira foliar em barras (mg.ha⁻¹) (n=25). Sr: Serapilheira.

Os meses com maior produção de serapilheira foliar foram julho, agosto, setembro e outubro de 2016, coincidindo com os períodos de seca e transição seco-chuvoso na Rebio Jaru (Gomes et al., 2015). Não obstante, estudos no bioma amazônico também evidenciam maior produção de serapilheira na estação seca, sendo a fração folha a de maior contribuição na biomassa que cai sobre o chão da floresta (Silva et al.,

2007; Sanches et al., 2009; Almeida et al., 2015).

Segundo Arato et al. (2003) e Scoriza e Piña-Rodrigues (2014) pode haver atraso de um a dois meses para que a vegetação responda à disponibilidade hídrica. Corroborando com o pressuposto desses

autores, o mês de outubro é tido como de transição entre o regime seco e chuvoso, onde houve retardo na produção, influenciado pela resposta ao estresse hídrico em decorrência da falta de precipitação, em termos de produção foliar, apresentando seus efeitos meses depois.

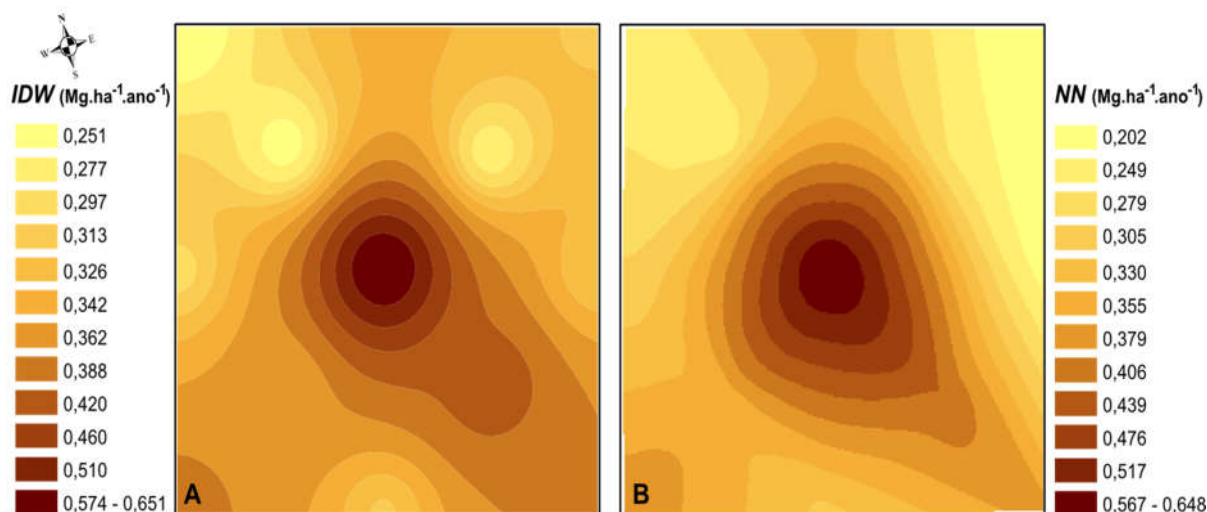


FIGURA 4 Interpolação da serapilheira na parcela permanente. (A) Método *IDW*; (B) Método *NN*.

Em ambos os métodos (*IDW* e *NN*) a maior produção de serapilheira foliar se concentra na porção centro-sul da parcela (Figura 4). Esta tendência coincide com os valores reais amostrados nas subparcelas 6, 7, 12 e 13, cujos quadrantes têm os mais altos índices de produção anual. As subparcelas 3, 8, 20, 21 e 22 tiveram menores índices de produção anual de serapilheira foliar (vide Figura 2), o que pode estar relacionado com a presença de clareiras surgidas a partir da queda natural de árvores e, também, com a elevada ocorrência de palmeiras, espécies que possuem grande afinidade com as áreas de maior luminosidade.

Foi possível observar que ambos os métodos tiveram um desenho amostral de distribuição de serapilheira foliar e de representatividade no mesmo sentido dos ventos predominantes na região, que ocorre no sentido noroeste em relação à torre do LBA (Figura 4).

O menor valor de RMSE (0,0768) e o valor médio (0,347) mais próximo dos dados observados foi atribuído ao método *NN*, o que indica melhor ajuste no modelo de estimativa. Contudo, as médias obtidas pelos métodos de interpolação não foram significativamente diferentes da média observada, pela análise Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) (Tabela 1). Com uso do teste KW entre os interpoladores, também não foi observada diferença significativa ($p = 0,461$).

Não houve correlação entre os dados de serapilheira foliar e a densidade total de espécies por subparcela. Esta produtividade pode, então, estar relacionada com outros fatores fisiológicos e fitossociológicos, tais como, deciduidade, abertura do dossel e densidade de copas (Celentano et al., 2011).

TABELA 1 Parâmetros da estatística descritiva e validação cruzada da interpolação

Observado		Método	Média (mg.ha ⁻¹)	Estimado		<i>RMSE</i>	<i>p</i> -valor (KW)
Média (mg.ha ⁻¹)	Mín. – Máx. (mg.ha ⁻¹)			Mín. – Máx. (mg.ha ⁻¹)			
0,334 ± 0,11	0,164 – 0,654	<i>IDW</i>	0,363 ± 0,71	0,251 – 0,651	0,0837	0,057	
		<i>NN</i>	0,347 ± 0,69	0,202 – 0,648	0,0768	0,337	

RMSE - raiz quadrada do erro quadrático médio (*Root mean square error*).

CONCLUSÃO

Em ambos os métodos, houve uma tendência em superestimar a serapilheira foliar nos locais não amostrados. Considerando os valores de *RMSE*, a melhor performance obtida foi com o uso do método *NN* para este tipo de aplicação, contudo, ambos os modelos foram satisfatórios, visto que, não houve diferença estatística significativa entre os métodos adotados na interpolação. O uso de outros métodos, tanto determinístico quanto geoestatístico, pode auxiliar na construção de modelos que representem melhor a variação do conjunto amostral de entrada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa (PROPESQ)/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)/Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) pela concessão da bolsa de iniciação científica, ao Programa LBA e ao ICMBio pelo suporte técnico e logístico e aos bolsistas que atuaram no projeto e que se dedicaram na coleta e manuseio da serapilheira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D.J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas.

Acta Amazonica, v. 45, n. 2, p. 157 - 166, 2015.

ALVARES C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, E. A.; HIGUCHI, N. Produtividade de quatro espécies arbóreas de Terra Firme da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 1, p. 105-112, 2009.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H de S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa- MG. Sociedade de Investigações Florestais, *Revista Árvore*, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

BRASIL. Decreto-lei n. 83.716, de 11 de julho de 1979. Cria, no território Federal de Rondônia, a Reserva Biológica do Jaru. Diário Oficial da União, Brasília, n. 83, p. 2, 12 jul. 1979. Seção 1.

CASTRO, R. M. S. Influência do estresse hídrico sobre a decomposição da serapilheira em floresta amazônica de terra firme. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais*, v. 11, n. 3, p. 343-350, 2016.

CELENTANO, D. et al. Litterfall Dynamics Under Different Tropical Forest Restoration Strategies in Costa Rica. *Biotropica*, v. 43, n. 3, p. 279–287, 2011.

COUTO-SANTOS, F. R.; LUIZÃO, F. J. Fine litter accumulation in Central Amazonian Tropical. *Acta Amazonica*, v. 40, n. 4, 781- 786, 2010.

- CULF, A. D. et al. A. The influence of the atmospheric boundary layer on carbon dioxide concentrations over a tropical forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 85, p. 149-158, 1997.
- GIACOMIN, G. et al. Análise comparativa entre métodos interpoladores de modelos de superfícies. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 6, p. 1315-1329, 2014.
- GOMES, J. B. et al. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais as implicações no microclima da região? **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p.67-81, 2015.
- MARTHEWS T.R. et al., **Measuring Tropical Forest Carbon Allocation and Cycling: A RAINFOR-GEM Field Manual for Intensive Census Plots: Manual Global Ecosystems Monitoring network**, 2014.
- OURIQUE, L. K. et al. Relação da produção de serapilheira com incremento em diâmetro de uma floresta madura na Amazônia Central. **Scientia Forestalis, Piracicaba**, v. 44, n. 112, p. 875-886, dez. 2016
- PIRES L. A. et al. Produção, acúmulo e decomposição de serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, p. 173-184, 2006.
- RANADE, P; IRMAK, A; MAIDMENT, D. R. 2008. **Geostatistical Analyst**. Disponível em: <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/giswr2008/geostat/ExGeostat.doc>. Acesso em: 04 set. 2017.
- RIGHI, E.; BASSO, L. A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v.12, n.1, p. 101-117, 2016.
- SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009.
- SCORIZA, R.N.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Influência da Precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de floresta estacional em Sorocaba, SP. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 687-696, 2014.
- SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.183-189, 2009.
- SEDAM. 2010. Boletim Climatológico de Rondônia – 2010. (Porto Velho: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Disponível em <<http://www.sedam.ro.gov.br/>>. Acesso em 18 de nov de 2017.)
- SILVA, C. J. et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 543-548, 2007.
- SILVA, W.T. M. et al. Deposição de Serapilheira em Áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 4, p. 383-390, 2016.