

## Índice de Área Foliar e a Radiação Fotossinteticamente Ativa em área de floresta por meio de produtos de Sensoriamento Remoto na Amazônia Ocidental

Bárbara Antonucci<sup>1</sup>  
Gutieres Camatta Barbino<sup>1</sup>  
Dione Judite Ventura<sup>1</sup>  
Lucas Joahay de Lucena Ferreira<sup>1</sup>  
Nara Luísa Reis de Andrade<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Rondônia - UNIR  
Rua Rio Amazonas, 351 - 78960-000 - Ji-Paraná - RO, Brasil  
antonucci.engenharia@gmail.com  
gutieres.barbino@gmail.com  
dionejvs@hotmail.com  
lucasjoahay.engenharia@gmail.com  
naraluisar@gmail.com

**Abstract:** In recent years, the Amazon has undergone great changes through the use and occupation of land. As a consequence, natural cycles seek to adapt to this new dynamic aiming at the balance of energy matrices. The objective of this paper was to characterize and correlate the Leaf Area Index (LAI) with the fraction of Photosynthetically Active Radiation (fPAR) in the Biological Reserve Jaru (Rebio Jaru) from February 2000 to August 2015. The data come from product MOD15A2 of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor, free available of National Aeronautics and Space Administration (NASA) homepage. Comparisons of the means of the LAI and fPAR data series between all years (2000 to 2015) were statistically different ( $p$ -value  $< 0.05$ ). The seasonal distribution of precipitation in Rebio Jaru was a determinant factor in the variation of the LAI and fPAR data, in which there is a decrease in the wet period (Jan-Mar), increasing from April to December, except for October. It was observed that the dry period (Jul-Aug) in general presented the highest values of LAI and fPAR, with LAI being most expressive in September. The MODIS product demonstrated to be efficient for the characterization of LAI and fPAR in Rebio Jaru, the analyzed variables presented positive correlation ( $r = 0.875$ ), significant statistically, that is, increase found in dry and dry years and the decrease in the years of flood and in the wet and transition periods occurs among the variables.

**Palavras-chave:** seasonality, extreme events, forest composition, sazonalidade, eventos extremos, composição florestal.

### 1. Introdução

A floresta Amazônica desempenha um papel fundamental para o Brasil, auxiliando no regulamento do regime de chuvas em outras regiões do país como Sudeste e Sul (Fearnside, 2015b), e para o planeta através da sua atuação como sumidouro de carbono atmosférico. Dentre a magnitude dos serviços ambientais prestados, destaca-se sua alta evapotranspiração, auxiliando na precipitação local, regional e continental, além do fornecimento de vapor d'água para a atmosfera (Artaxo, 2014; Fearnside, 2015a), e sua grande influência na formação de nuvens, no balanço de energia, na emissão de gases de efeito estufa, dentre outros.

Entretanto, nos últimos anos a Amazônia vem sofrendo grandes alterações através do uso e ocupação da terra, impulsionadas pela conversão da floresta para implantação de sistemas agropecuários (Davidson et al., 2012, Fearnside, 2011). Nesse contexto, essas alterações acarretam perdas ambientais imensuráveis, tendo como consequências alterações nas propriedades físicas e químicas do solo, nas trocas gasosas, causando interferências nos componentes do ciclo hidrológico e no clima. O Índice de Área Foliar (IAF) é um componente muito afetado por tais mudanças, afetando também o ciclo hidrológico da região por estar diretamente relacionado à evapotranspiração (Xavier; Vettorazzi, 2003).

Outro processo natural fortemente afetado pela conversão da floresta em pastagem é a absorção da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), realizado pelas plantas. Conforme Jacovides et al. (2007) e Aguiar et al. (2011), tal processo é de suma importância para a conservação dos ecossistemas, sendo influenciado pelo IAF, o qual interfere na quantidade de fração da radiação fotossinteticamente ativa (fPAR) absorvida pelo dossel (MOD15A2, *National Aeronautics and Space Administration*, Washington, D.C, USA).

Mediante isso, o estudo e entendimento do comportamento do IAF e da fPAR demanda certo grau de dificuldade para quantificação, dessa forma o sensoriamento remoto constitui-se uma ferramenta que vem sendo largamente utilizada para aquisição de dados em áreas de difícil acesso e séries temporais longas apresentando boas abordagens para avaliações meteorológicas, além de proporcionar medidas com informações espacialmente contínuas sobre extensas superfícies vegetadas (Huang et al., 2008).

Sendo assim, tal ferramenta é indispensável para monitoramento e gestão dos recursos naturais (Piontekowski et al., 2014), e, diante disso, esse estudo tem como objetivo realizar a caracterização e correlação da série de dados de IAF e fPAR em uma área de floresta na Amazônia Ocidental.

## 2. Metodologia de Trabalho

O presente estudo foi realizado em uma área de floresta nativa, na Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru) onde a localização está representada na Figura 1. A vegetação apresenta características de terra-firme, com altura média do dossel de aproximadamente 32 m (Rummel et al., 2002). Segundo Costa et al. (2010), a média anual da temperatura do ar na Rebio Jaru é de 22,9 °C. A precipitação média anual na Rebio Jaru é de 1.989,65 mm (OLIVEIRA, 2014).

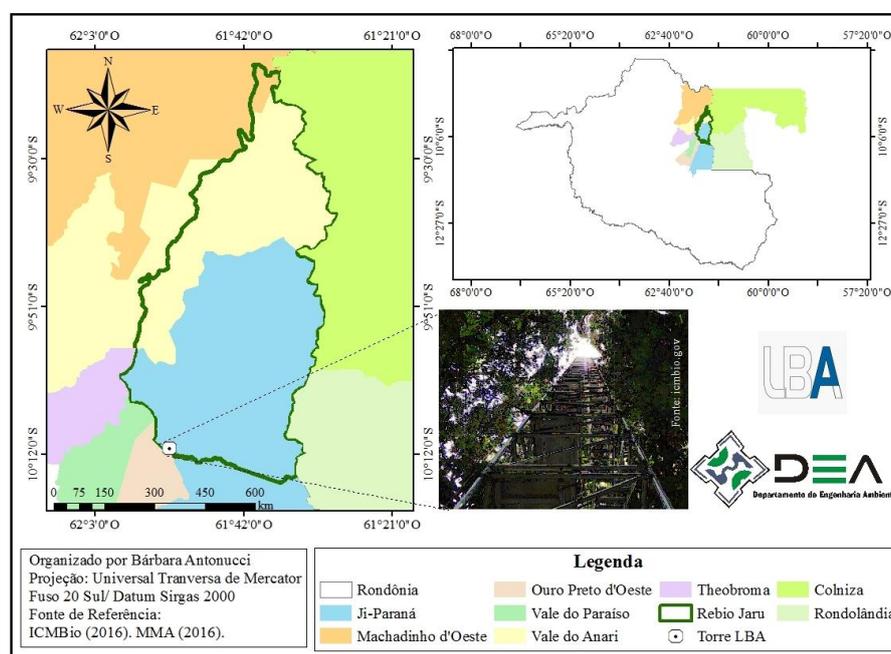


Figura 1. Localização da Reserva Biológica do Jaru, Rondônia.

Os dados de IAF e fPAR utilizados neste estudo correspondem a fevereiro de 2000, até agosto de 2015. São provenientes do produto MOD15A2 do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) disponibilizado gratuitamente pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Os dados foram filtrados conforme o controle de qualidade (QC), sendo retirados os dados de QC “péssimos”, visando evitar possíveis incoerências e valores errôneos.

Foi realizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov com 95% de confiança, para os dados que não apresentaram normalidade, foram obtidas médias anuais e mensais, bem como seus intervalos de confiança (IC) e erro padrão, por reamostragem *bootstrap* com 1.000 repetições. A comparação de médias foi realizada pelo teste Mann-Whitney e para a correlação, foi aplicado o teste de Pearson, ambos processados no Minitab 17.1, versão de experimentação.

### 3. Resultados e Discussão

Para a análise das variações anuais, de acordo com o teste Mann-Whitney, as médias da série de dados do IAF e da fPAR entre todos os anos (2000 a 2015) foram estatisticamente diferentes ( $p$ -valor<0,05). Observou-se uma diminuição das médias do IAF após a ocorrência dos anos extremos de seca, sendo estes 2005 e 2010, onde a variação mais brusca ocorreu do ano de 2005 (seca extrema) com média 5,45 e IC [5,19; 5,70]  $m^2 m^{-2}$ , para o ano de 2006 (pós-seca), com média 4,98 e IC [4,54; 5,35]  $m^2 m^{-2}$  (Tabela 1).

Tabela 1. Análise exploratória anual dos dados de Índice de Área Foliar (IAF) e fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa (fPAR) para a Rebio Jaru.

Anos	IAF			fPAR		
	$\bar{x}$	Erro Padrão	$n$	$\bar{x}$	Erro Padrão	$n$
2000	5,08 [4,80; 5,34]	0,14	31	79,00 [70,77; 85,69]	3,81	34
2001	5,00 [4,64; 5,29]	0,16	34	72,58 [63,62; 80]	4,03	41
2002	5,14 [4,91; 5,35]	0,11	36	78,50 [70,66; 85,30]	3,76	40
2003	5,29 [4,92; 5,58]	0,17	37	76,69 [67,88; 83,88]	4,09	43
2004	5,16 [4,86; 5,41]	0,13	34	76,23 [68,43; 83,38]	3,92	42
2005	5,45 [5,19; 5,70]	0,13	36	79,38 [71,65; 85,27]	3,56	42
2006	4,98 [4,54; 5,35]	0,21	33	68,62 [59,81; 76,77]	4,47	44
2007	5,42 [5,17; 5,63]	0,12	38	75,54 [66,69; 83,19]	4,28	45
2008	5,23 [4,94; 5,48]	0,14	34	72,38 [62,16; 80,04]	4,53	43
2009	4,76 [4,28; 5,20]	0,24	42	71,88 [65,46; 78,27]	3,35	45
2010	5,04 [4,55; 5,44]	0,24	36	82,04 [76,04; 86,77]	2,93	40
2011	5,02 [4,67; 5,32]	0,17	37	75,54 [67,89; 82,38]	3,98	44
2012	4,89 [4,47; 5,24]	0,20	37	73,77 [65,85; 81,50]	4,29	44
2013	4,83 [4,43; 5,21]	0,19	31	76,58 [69,65; 82,54]	3,37	37
2014	4,95 [4,65; 5,22]	0,15	37	72,88 [64,04; 80,27]	4,09	43

2015	5,05 [4,81; 5,28]	0,12	23	80,96 [76,50; 84,77]	2,09	26
------	----------------------	------	----	-------------------------	------	----

Notas:  $\bar{x}$  - média; todo valor entre [ ] corresponde a um intervalo de confiança (IC) de 95% utilizando reamostragem *bootstrap* por 1000 repetições; n – representa a quantidade de dados amostrados.

Os dados incidam que os efeitos da seca foram mais evidentes no ano subsequente. Como esperado, houve uma diminuição do IAF como resposta da floresta aos danos de estresse hídrico no ano pós-seca, no qual a floresta perdeu mais folhas que o normal em resposta aos baixos níveis de precipitação durante os eventos de seca. O prolongamento da escassez hídrica acarreta o estresse da vegetação (Marengo et al., 2011) que busca através de vários mecanismos a regulação da quantidade de água disponível para seus processos metabólicos, como por exemplo, o fechamento dos estômatos e consequente perda das folhas (Marengo et al., 2014). Dessa forma, observou-se que a floresta não sofre os efeitos da seca de imediato sendo o tempo de resposta geralmente no ano posterior ao evento.

A distribuição sazonal da precipitação na Rebio Jaru apresentou-se como um fator determinante na variação dos dados de IAF e fPAR, nos quais ocorre um decréscimo no período úmido (jan-mar), aumentando do mês de abril até o dezembro, exceto para o mês de outubro (Tabela 2). Ressaltando-se que o período seco (jul-ago) no geral apresentou os maiores valores de IAF e fPAR, sendo o IAF mais expressivo no mês de setembro com média e IC de 5,60 [5,40; 5,77] m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> e a fPAR no mês de julho com média e IC de 88,02 [87,63; 88,33] %.

Tabela 2. Análise exploratória mensal dos dados de Índice de Área Foliar (IAF) e fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa (fPAR) para a Rebio Jaru.

Meses	IAF			fPAR		
	$\bar{x}$	Erro Padrão	n	$\bar{x}$	Erro Padrão	n
Jan (U)	5,09 [4,65; 5,55]	0,24	25	59,60 [52,93; 66,46]	3,59	46
Fev (U)	4,88 [4,36; 5,36]	0,25	30	56,14 [49,21; 62,74]	3,52	52
Mar (U)	4,60 [4,12; 5,05]	0,25	44	62,63 [56,02; 68,70]	3,28	57
Abr (US)	5,22 [4,92; 5,49]	0,15	46	77,95 [73,09; 82,21]	2,42	48
Mai (US)	5,01 [4,80; 5,20]	0,11	60	82,09 [77,86; 85,40]	1,89	64
Jun (US)	5,21 [5,09; 5,31]	0,06	62	87,93 [87,56; 88,30]	0,18	62
Jul (S)	5,28 [5,17; 5,38]	0,06	63	88,02 [87,63; 88,33]	0,19	63
Ago (S)	5,48 [5,39; 5,57]	0,05	55	87,58 [87,00; 88,05]	0,27	55
Set (S)	5,60 [5,40; 5,77]	0,10	60	86,00 [84,33; 87,19]	0,75	60
Out (SU)	4,95 [4,46; 5,43]	0,25	40	77,42 [73,37; 80,95]	2,03	43
Nov (SU)	5,21 [4,81; 5,56]	0,19	39	66,67 [60,56; 72, 86]	3,09	56
Dez (SU)	5,17	0,24	31	64,19	3,57	47

[4,71; 5,62]

[57,33; 70,67]

Notas:  $\bar{x}$  - média; todo valor entre [ ] corresponde a um intervalo de confiança (IC) de 95% utilizando reamostragem *bootstrap* por 1000 repetições; n – representa a quantidade de dados amostrados; (U), (US), (S) e (SU) – correspondem aos períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido, respectivamente.

Danelichen et al. (2016), em um estudo em floresta de transição na Amazônia encontrou resultados de IAF semelhantes a este estudo, ou seja, menores valores de IAF na estação chuvosa e maiores na estação seca, sendo  $4,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e  $5,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , respectivamente. Em contrapartida, estudos de Sanches et al. (2008) nas florestas de transição Amazônia-cerrado observaram que em média essas áreas apresentaram IAF menor no período seco e maior nos períodos úmidos, ressaltando que este último refere-se a métodos diferentes para o estudo de IAF.

Sattler, Lindner e Morawetz (2007) analisaram um fragmento florestal encontrando um aumento do IAF no fim da estação úmida de 12% em relação ao fim da estação seca, no qual os autores atribuíram devido presença de espécies decíduas, fator este que em menor escala pode ter afetado a Rebio Jaru sendo essa floresta semidecidual. Outro ponto que pode ter influenciado o comportamento das variáveis em estudo na seca, foi descrito por Scholz et al. (2002) no Cerrado brasileiro, onde as espécies promovem a redistribuição hidráulica da água no solo das regiões mais profundas (úmidas) para as regiões mais superficiais (secas) através do fluxo de seiva nas raízes e caules, os autores sugerem ainda que a presença de um sistema radicular dimórfico em espécies decíduas pode desempenhar um papel facilitador no crescimento das folhas perto do final da estação seca quando o solo que rodeia as raízes rasas laterais ainda está seco, explicando o aumento na Rebio.

Cabe destacar ainda que, por se tratar de um produto proveniente de imageamento por satélite, a qualidade dos dados pode ser afetada pela elevada densidade de nuvens (Zeilhofer et al., 2012) o que pode causar interferência na qualidade dos dados, especialmente durante a estação úmida.

Ao comparar os dados de IAF e fPAR observou-se comportamento semelhante, com correlação positiva ( $r = 0,875$ ), sendo estatisticamente significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ), dessa forma, pode-se inferir que o aumento do IAF realmente influenciou na maior absorção na fPAR nos anos de seca (2005 e 2010), sendo observado comportamento contrário para os anos de cheia (Figura 2). Assim, este estudo encontrou que a floresta absorveu mais carbono através da fotossíntese em anos de seca, visto que a fPAR foi mais utilizada pelo dossel florestal nesses anos.

Em relação aos eventos de cheia, os mesmos ocorreram na região Amazônica nos seguintes anos: 2009, o qual Marengo et al. (2011a) consideraram como evento extremo; 2012, evento que superou o ocorrido em 2009 (Marengo et al., 2013); e 2014, que acarretou enchentes no estado de Rondônia e região através da elevação do rio Madeira (Dias, 2014). Observando os anos de eventos de cheia, encontrou-se um padrão de decréscimo das variáveis, em relação aos anos normais (sem ocorrência destes eventos) e aos anos de seca na região, destacando destes o ano de 2009, que apresentou o menor IAF da série e a segunda menor fPAR, sendo maior apenas que o de 2006 (Tabela 1).

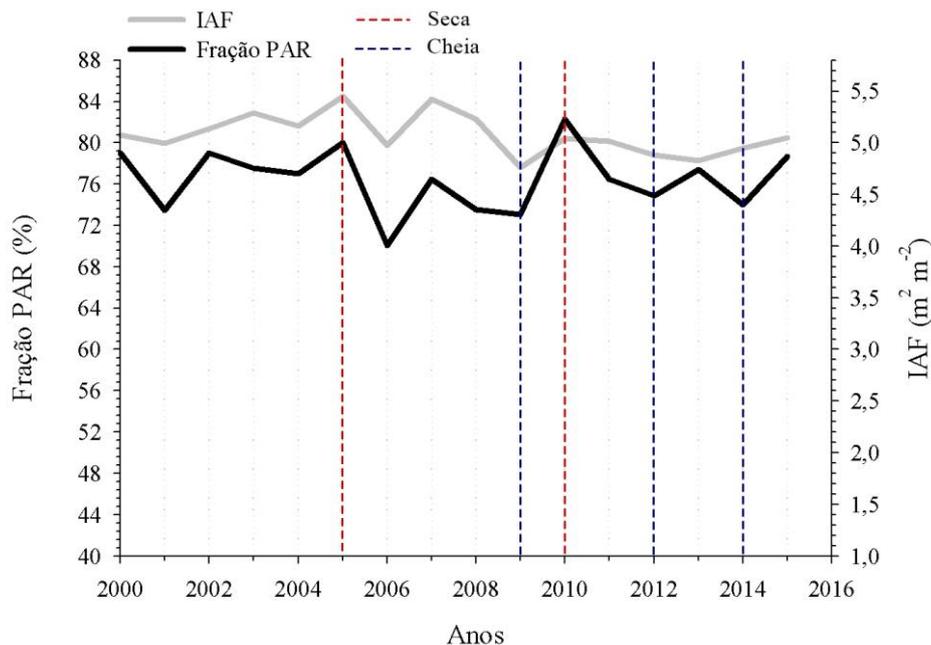


Figura 2. Variação anual do IAF e fPAR na Rebio Jaru.

Analisando as variáveis fPAR e IAF na Figura 3, encontrou-se padrão de diminuição da fPAR durante os períodos úmido e de transição. Infere-se que esta diminuição ocorra devido ao aumento de cobertura de nuvens que consequentemente prejudica aproveitamento pelo dossel na realização da fotossíntese, corroborando a este resultado, Aguiar et al. (2011) encontrou que na Rebio Jaru ocorre uma atenuação da PAR do total da radiação solar global em períodos com maior cobertura de nuvens.

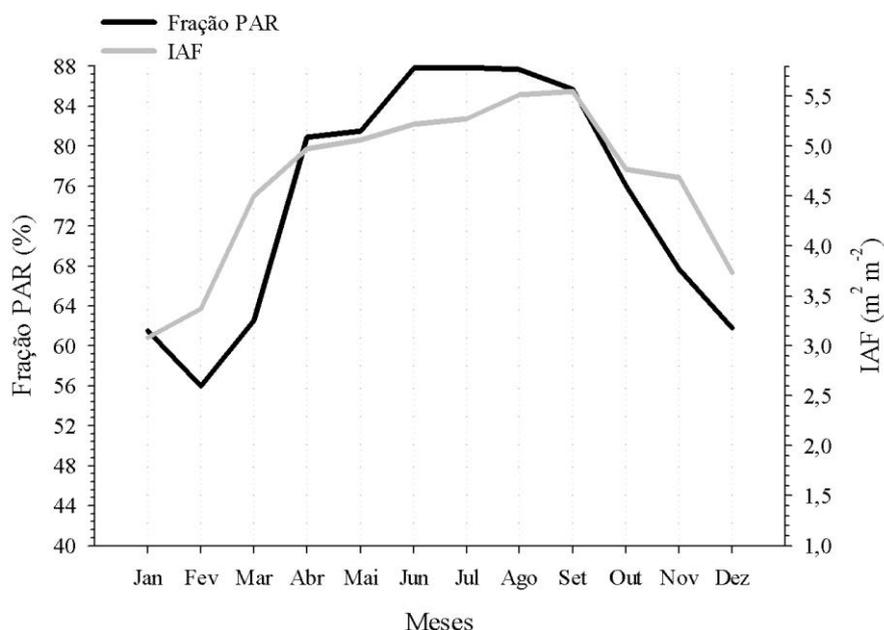


Figura 3. Variação mensal do IAF e fPAR para a Rebio Jaru.

Nos meses de seca observou-se os maiores valores de IAF e absorção de fPAR, demonstrando que essas variáveis são correlacionadas. Desta forma, as variações mensais seguiram comportamento semelhante aos dados anuais discutidos na Figura 2, ou seja, nos anos de seca extrema, houve maiores valores das variáveis supracitadas, enquanto que nos

anos de maior pluviosidade ocorrem menores valores. Inferindo-se que a disponibilidade hídrica e a fitofisionomia florestal são os principais fatores determinantes da variabilidade dos dados de IAF e fPAR, tanto mensalmente quanto interanualmente.

#### 4. Conclusões

O produto MODIS se mostrou eficiente para caracterização do IAF e da fPAR na Rebio Jaru, pois observou-se a dinâmica florestal correspondente às respostas do ecossistema às variações sazonais e interanuais da precipitação, temperatura, saldo de radiação, entre outros, inclusive em anos de eventos extremos. Corroborando com a qualidade do produto MOD15A2 gerado pelo satélite, as variáveis analisadas apresentaram aumento em anos de seca e no período seco e diminuição nos anos de cheia e nos períodos úmido e para os períodos de transição.

O IAF e a fPAR são importantes componentes para avaliar a dinâmica florestal, principalmente em anos de eventos extremos. Desta forma faz-se necessário estudar e entender estas variáveis para uma melhor compreensão da dinâmica vegetal na interface solo-planta-atmosfera.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA pelo espaço físico concedido e incentivo a pesquisa desse estudo, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida à discente Bárbara Antonucci e à pesquisadora bolsista Dione Judite Ventura e à Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera – FDB pela bolsa concedida ao discente Gutieres Camatta Barbino.

#### Referências Bibliográficas

Aguiar, L.J.G.; Fischer, G.R.; Ladle, R.J.; Malhado, A.C.M.; Justino, F.B.; Aguiar, R.G.; Costa, J.M.N. Modeling the photosynthetically active radiation in South West Amazonia under all sky conditions. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 3-4, p. 631-640, 2011.

Artaxo, P.; Dias, M.A.F.S.; Nagy, L.; Luizão, F.J.; Cunha, H.B.; Quesada, C.A.N.; Marengo, J.A.; Krusche, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta amazônica. **Amazônia sem Fronteiras**, p. 41-46. 2014.

Costa, M.H.; Biajoli, M.C.; Sanches, L.; Malhado, A.C.M.; Hutyra, L.R.; Rocha, H.R.; Aguiar, R.G.; Araújo, A.C. Atmospheric versus vegetation controls of Amazonian tropical rain forest evapotranspiration: Are the wet and seasonally dry rain forests any different? **Journal of Geophysical Research**, v. 115, p. 1-9, 2010.

Danelichen, V.H.M.; Biudes, M.S.; Machado, N.G.; Velasques, M.C.S.; Silva, B.B.; Nogueira, J.S. Uso do sensoriamento remoto na estimativa do índice de área foliar em floresta tropical. **Ciência e Natura**, v. 38, n.3, p. 1352 - 1360, 2016.

Davidson, E.A.; Araújo, A.C.; Artaxo, P.; Balch, J.K.; Brown, I.F.; Bustamante, M.M.C.; Coe, M.T.; Defries, R.S.; Keller, M.; Longo, M.; Munger, J.W.; Schroeder, W.; Soares-Filho, B.S.S.; Souza Jr, C.M.; Wofsy, S.C. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, p. 321-328, 2012.

Dias, M.A.F.S. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, p. 33-40, 2014.

aFearnside, P.M. Rios voadores e a água de São Paulo 1: A questão levantada. **Amazônia Real**, p. 1-3, 2015.

bFearnside, P.M. Rios voadores e a água de São Paulo 2: A reciclagem da água. **Amazônia Real**, p. 4-8, 2015.

Fearnside, P.M. The biome faces a variety of increasing threats. **Financial Times**, London, p. 3, 2011.

Huang, C.; Li, X.; Wang, J.; Gu, J. Assimilation of Remote Sensing Data Products into Common Land Model for Evapotranspiration Forecasting. **Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences**, p. 234-241. 2008.

Jacovides, C.P.; Tymvios, F.S.; Assimakopoulos, V.D.; Kaltsounides, N.A. The dependence of global and diffuse PAR radiation components on sky conditions at Athens, Greece. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 143, p. 277–287, 2007.

Marenco, R.A.; Antezana-Vera, S.A.; Gouvêa, P.R.S.; Camargo, M.A.B.; Oliveira, M.F.; Santos, J.K.S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v.61, p. 786-789, 2014.

aMarengo, J.A.; Tomasella, J.; Alves, L.M.; Soares, W.R.; Rodriguez, D.A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, p. 1-5, 2011.

bMarengo, J.A.; Tomasella, J.; Soares, W.R.; Alves, L.M.; Nobre, C.A. Extreme climatic events in the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 107, p. 73-85, 2011.

Marengo, J.A.; Alves, L.M.; Soares, W.R.; Rodriguez, D.A. Two contrasting severe seasonal extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and drought in Northeast Brazil. **American Meteorological Society**, v. 26, p. 9137-9154, 2013.

Minitab. **Minitab 17**. 2016. Disponível em: <[http://www.minitab.com/pt-br/products/mini-tab/free-trial/?WT.srch=1&WT.mc\\_id=SE&gclid=CPiX48udg9ACFUUIkQodaGAFIQ](http://www.minitab.com/pt-br/products/mini-tab/free-trial/?WT.srch=1&WT.mc_id=SE&gclid=CPiX48udg9ACFUUIkQodaGAFIQ)>. Acesso em: 30 out. 2016.

Manual MOD15A2. **Leaf Area Index - Fraction of Photosynthetically Active Radiation 8-Day L4 Global 1km**. Disponível em:< [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table/mod15a2](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod15a2)>. Acesso em: 10 out 2016.

Oliveira, M. A. **Caracterização da Precipitação em área de floresta e pastagem no Sudoeste da Amazônia**. Ji-Paraná: UNIR, 2014. Monografia (Bacharel em Estatística), Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Rondônia, 2014.

Piontekowski, V.J.; Matricardi, E.A.T.; Pedlowski, M.A.; Fernandes, L.C. Avaliação do desmatamento no estado de Rondônia entre 2001 e 2011. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 297-306, 2014.

Rummel, U.; Ammann, C.; Gut, A.; Meixner, F.X.; Andreae, M.O. Eddy covariance measurements of nitric oxide flux within an Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 17-1–17-9, 2002.

Sanches, L.; Andrade, N.L.R.; Nogueira, J.S.; Biudes, M.S.; Vourlitis, G.L. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia Cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, v. 30, p. 57-69, 2008.

Sattler, D.; Lindner, A.; Morawetz, W. A função da sazonalidade no levantamento estrutural de uma floresta montana tropical no Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos**, p. 105-116, 2007.

Scholz, F.G.; Bucci, S.J.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Franco, A. C. Hydraulic redistribution of soil water by neotropical savanna trees. **Tree Physiology**, v. 22, p. 603-612, 2002.

Xavier, A.C.; Vettorazzi, C.A. Índice de Área Foliar de Coberturas em uma microbacia hidrográfica Subtropical. **Scientia Agrícola**, v. 60, n. 3, p. 425-431, 2003.

Zeilhofer, P.; Sanches, L.; Vourlitis, G.L.; Andrade, N.L.R. Seasonal variations in litter production and its relation with MODIS vegetation indices in a semi-deciduous forest of Mato Grosso. **Remote Sensing Letters**, v. 3, p. 1-9, 2012.