

Avaliação da relação FAPAR e chuva em diferentes regiões do país

Luciana Mara Temponi de Oliveira ¹
Rosilene Mendonça Nicácio ²
Michely Inês Prado de Camargo Libos ³

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE/CREN
Av. Rep. Chile 500 – 20031-170 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
luciana.temponi@ibge.gov.br

² Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins - 57072-970 - Maceió – AL, Brasil
rmonicacio@gmail.com

³ Instituto Federal de Alagoas.
Rua Lourival Alfredo, 176, Poeira - 57160-000 - Maceió, AL – Brasil
mlibos@yahoo.com.br

Abstract. The vegetation absorbs carbon and radiation to produce biomass, for this are required optimum conditions of the environment. The rain is one of the factors that influence. The aim of this work is the identification of the areas in Brazil where the fraction of radiation that is absorbed by the plant (FAPAR) undergoes major influence of rain. Toward that end, we used two datasets, a temporal series of FAPAR and another of rain. To identify the relationship of these variables, different land cover areas were selected and was realized a cluster analysis for the two datasets; the values were compared and used the points that showed a correspondence in groups. The values in groups were correlated and analyzed. The main results showed that in Northeast and Midwest of the country there is a greater influence of rain on FAPAR, with positive correlations, in the North where it is wetter, in forest areas, the correlations were negative, showing the highest values occur when rainfall decreases and allows a higher incidence of radiation on the surface; in the South there is influence of another's climate components. The work allowed the perception of the areas that suffer the greatest influence of rainfall.

Palavras-chave: FAPAR, rainfall, vegetation, relationship, FAPAR, chuva, vegetação, relação.

1. Introdução

As trocas entre a biosfera e a atmosfera ocorrem principalmente mediante a assimilação do carbono atmosférico no processo fotossintético e a perda d'água absorvida pela vegetação no processo de transpiração (Sellers *et al.*, 1997), desta forma os ciclos da cobertura vegetal estão intrinsecamente relacionados aos processos de troca de calor, umidade e carbono (Stöckli e Vidale, 2004). Estas trocas podem determinar ou influenciar o estado e variações do clima (Pielke, 2001), além de interferirem em outras atividades terrestres em diferentes escalas de tempo, como por exemplo, na fisiologia e fenologia da vegetação (Bounoua *et al.*, 1999).

Compreender estes processos é essencial para avaliar o estado futuro do clima e dos ecossistemas terrestres. Muitos modelos hidrológicos, ecológicos e atmosféricos usam como dados de entrada as propriedades de superfície da terra, tais como, o tipo de cobertura, índice da área foliar (IAF), fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelo dossel da vegetação (FAPAR), rugosidade e albedo (Sellers *et al.*, 1996, Knyazikhin *et al.*, 1998).

A FAPAR é uma variável biofísica que se relaciona às taxas de processos funcionais de troca de energia e massa (Myneni *et al.*, 2002). Os estudos sobre a FAPAR intensificaram-se na primeira década do século 21, no contexto das mudanças climáticas e assimilação de carbono. Principalmente por este parâmetro biofísico relacionar-se às estimativas de processos da fotossíntese e da transpiração do dossel (Knyazikhin *et al.*, 1998).

O comportamento deste parâmetro é uma resposta natural ou induzida pelo homem à disponibilidade de radiação solar, variação no suplemento de água e nutrientes do solo, condições ótimas de vento, temperatura, umidade etc. (Verstraete *et al.*, 2008).

Oliveira (2008) observou que enquanto as variações no índice de vegetação NDVI estão mais relacionadas com as variações do clima da região em questão, as variações na FAPAR relacionam-se mais com as alterações no tempo, ou seja, as condições diárias de umidade, temperatura, entre outros.

Assim, o presente estudo justifica-se por valores nesse parâmetro, FAPAR, possibilitarem um melhor entendimento da resposta da cobertura vegetal às variações no ambiente, tendo como objetivo principal, identificar as áreas do país onde a FAPAR sofre maior influência da chuva.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Dados

- série temporal do parâmetro biofísico FAPAR resolução espacial de $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$ e temporal de 10 dias para o período de 1982 a 1999 para o país. Esta série foi elaborada por Oliveira (2008) através de dados de NDVI proveniente do sensor AVHRR dos satélites NOAA 7, 9, 11 e 14, filtrados anteriormente por Stöckli (2004);

- série histórica de chuva diária para o Brasil disponibilizada pelo CPC (“Climate Prediction Center”) (CPC, 2006) da NOAA e elaborada com base em dados das seguintes estações: CMCD/INPE, INMET, FUNCEME/CE, LMRS/PB, EMPARN/RN, DMRH/PE, DHME/PI, CEPES/SE, NMRH/AL, SRH/BA, CEMIG-SIMGE/MG, SEAG/ES, SIMEPAR/PR e CLIMERH/SC. Com resolução espacial de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, no Sistema de Coordenada Geográfica (latitude-longitude), no domínio espacial de 80W a 30W e 40S a 10N e no domínio temporal de Janeiro (1) de 1948 a julho (31) de 2005;

- Mapa de Vegetação do Brasil, escala 1:5.000.000, IBGE (2004);

- Mapa de Climas do Brasil, 1:5.000.000, IBGE (2002);

- Visualizações das regiões do país no sítio <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br> (Miranda e Coutinho, 2004).

2.2. Métodos

Visando o relacionamento dos dois conjuntos de dados, seguiram-se as seguintes etapas:

a) Reamostrou-se os dados da FAPAR para a resolução espacial de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$;
b) Extraíu-se as informações diárias de chuva para o período de interesse (1982 a 1999).
c) Acumulou-se os dados diários de chuva para o período de 10 dias (mesma resolução temporal dos dados de FAPAR);

d) Processou-se os dados de chuva para a obtenção de matrizes dos decêndios desta variável;

e) Distribuiu-se pontos pelo país sobre diferentes tipos de vegetação, utilizando-se o mapa de vegetação e auxílio do sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa (EMBRAPA) para a seleção de áreas mais homogêneas possíveis, totalizando 112 pontos;

f) Extraíu-se os valores nos pontos, tanto para chuva quanto para a FAPAR;

g) Procedeu-se uma análise de agrupamento para categorizar os dados de acordo com a similaridade comportamental, reduzindo também o número de análises a serem feitas.

Visando a obtenção do número de grupos mais representativo das variações da chuva no país, realizou-se a priori uma análise de série temporal sobre 180 imagens de chuva, baseada em análise de componentes principais (ACP). Ao trabalharmos com dados matriciais na ACP, a primeira componente carrega a maior parte da variância dos dados no tempo, representando as principais classes da feição em superfície (Gurgel e Ferreira, 2003). Assim, esta técnica aplicada à série de chuva, ordenou as maiores variâncias na primeira componente,

representando os grandes grupos desta variável. O resultado desta etapa pode ser visto na Figura 1.

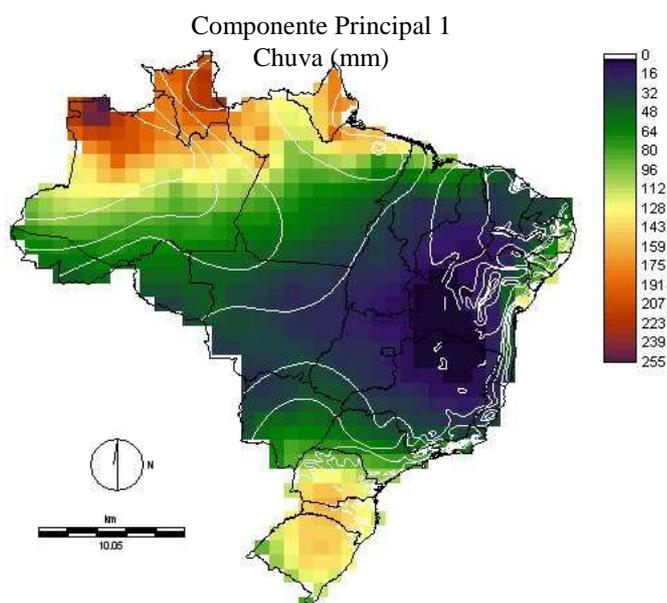


Figura 1: Componente Principal 1 da análise de série temporal baseada em ACP para a chuva com sobreposição do Mapa de Climas do Brasil.

Sobre a componente principal 1 gerada, fez-se um agrupamento pela técnica de seleção de picos no histograma (análise dos maiores valores do histograma) (Richards, 1986), esta técnica sugeriu um agrupamento para a chuva em 11 grupos ou “clusters”.

h) Com esta identificação, utilizou-se o método de Ward ou da variância mínima (Ward, 1963), sendo a similaridade dada pela distância euclidiana quadrática. A análise do dendrograma gerado, baseado no número de grupos sugerido (11), levou à escolha da altura de corte em 14 grupos (Figura 2). Essa variação foi devido à sensibilidade ao comportamento da FAPAR, ou seja, fez-se agrupamento da FAPAR, e somente os pontos que pertenciam ao mesmo grupo, nas duas bases de dados, eram utilizados. Assim, os grupos correspondiam tanto à chuva quanto à FAPAR.

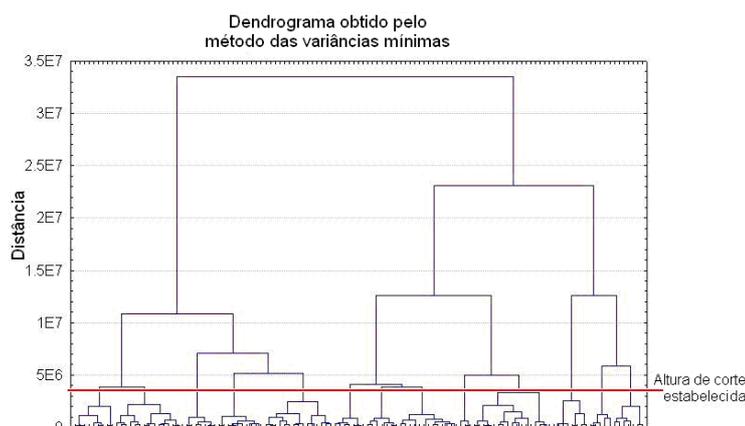


Figura 2: Dendrograma gerado pelo método de Ward para os dados de chuva.

i) Analisou-se a relação da chuva e FAPAR para cada um dos grupos, tendo como parâmetros:

- geração de estatísticas básicas, em cada grupo;
- correlações acumuladas e cruzadas entre as variáveis;

- investigação dos desvios de chuva e comportamento da FAPAR e
- gráficos de comportamento ao longo do ano das duas variáveis.

3. Resultados e Discussão

Os grupos obtidos refletem condições gerais da distribuição da chuva no país. Este estudo não exaure as diferentes respostas que podem ser encontradas, tampouco tem esta pretensão, mas sim ajudam a contextualizar maiores diferenças no território brasileiro.

A seguir serão discutidos os principais resultados da análise realizada sobre a relação entre o comportamento da FAPAR e da chuva nos 14 grupos obtidos. A distribuição de cada um deles pode ser observada na Figura 3 e nas tabelas 1 e 2 pode-se acompanhar os valores da média, desvio padrão, mínimo, máximo e amplitude de variação para a FAPAR e para a chuva, bem como o comportamento destes ao longo do ano.

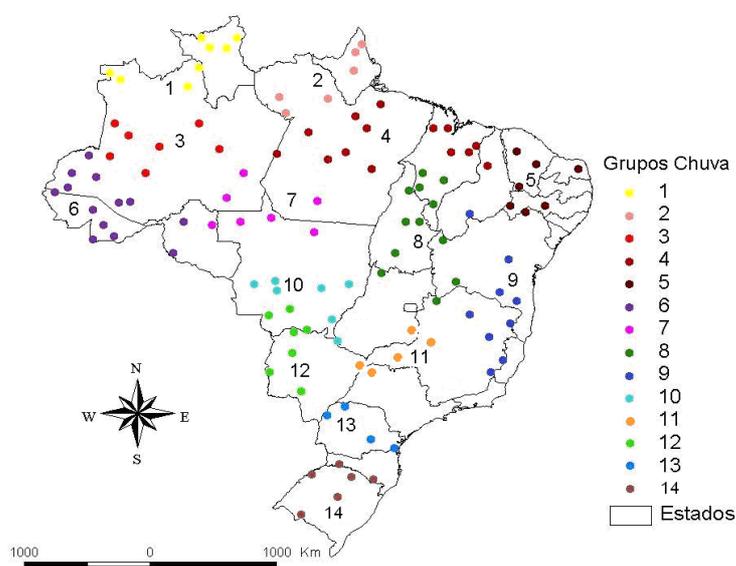


Figura 3: Distribuição dos grupos sobre o Brasil resultante da análise de agrupamento realizado para dados de chuva, auxiliado pela FAPAR, em resolução espacial de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ para o período de 1982 a 1999.

Dentre as áreas analisadas, os grupos 2, 3, 4 e 6, que se encontram na região Amazônica, tendo como principal cobertura as florestas, apresentam relação negativa com a chuva, ou seja, quando ela diminui, é que ocorre o aumento da FAPAR. Nessas regiões, a umidade relativa é alta e não ocorre déficit hídrico. A vegetação tem sua maior atividade quando a concentração de água na atmosfera diminui e a radiação líquida é maior. Este resultado está em concordância com o observado por Xiao *et al.* (2005), que também constataram os maiores valores da FAPAR no período seco.

Já os grupos 1 e 7, também localizados na Amazônia, não possuem correlação negativa. O primeiro é constituído em sua maioria por vegetação de Campinarana e Savana (Cerrado), o que reflete uma condição diferenciada para a sustentação desse tipo de vegetação, quer pelo solo, quer por células climáticas. Já o segundo encontra-se numa porção do país de intensa pressão antrópica, mesmo à época do estudo (área inserida na região conhecida como arco do desflorestamento), sendo a resposta espectral captada influenciada por culturas e pastagens implantadas na região, as quais normalmente relacionam-se positivamente com a chuva pela pouca profundidade do sistema radicular.

Tabela 1: Média, desvio padrão (DP), mínimo (Min), máximo (Max) e amplitude de variação (Amp.) para FAPAR e chuva, bem como comportamento anual destes para os grupos 1 a 7.

Grupo 1			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,64	58,41	
DP	0,06	20,69	
Max	0,72	109,34	
Min	0,54	38,02	
Amp.	0,19	71,32	
Grupo 2			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,64	61,84	
DP	0,05	32,26	
Max	0,72	111,21	
Min	0,56	17,92	
Amp.	0,16	93,29	
Grupo 3			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,63	65,95	
DP	0,05	21,68	
Max	0,70	95,53	
Min	0,53	31,07	
Amp.	0,17	64,46	
Grupo 4			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,59	49,34	
DP	0,03	34,63	
Max	0,63	125,29	
Min	0,53	10,78	
Amp.	0,10	114,51	
Grupo 5			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,50	16,69	
DP	0,03	15,18	
Max	0,57	62,34	
Min	0,46	1,66	
Amp.	0,11	60,68	
Grupo 6			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,63	47,75	
DP	0,04	24,46	
Max	0,71	84,03	
Min	0,54	11,03	
Amp.	0,16	73,01	
Grupo 7			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,62	55,88	
DP	0,03	37,91	
Max	0,67	108,93	
Min	0,56	2,61	
Amp.	0,11	106,21	

Tabela 2: Média, desvio padrão (DP), mínimo (Min), máximo (Max) e amplitude de variação (Amp.) para FAPAR e chuva, bem como comportamento anual destes para os grupos 8 a 14.

Grupo 8			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,53	36,76	
DP	0,03	29,98	
Max	0,59	86,55	
Min	0,50	0,79	
Amp.	0,09	85,76	
Grupo 9			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,52	27,04	
DP	0,03	19,67	
Max	0,59	69,29	
Min	0,48	5,70	
Amp.	0,11	63,59	
Grupo 10			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,51	43,13	
DP	0,03	31,74	
Max	0,55	96,99	
Min	0,46	2,05	
Amp.	0,09	94,94	
Grupo 11			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,47	38,89	
DP	0,01	28,97	
Max	0,50	98,55	
Min	0,45	3,68	
Amp.	0,05	94,87	
Grupo 12			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,53	31,18	
DP	0,03	18,59	
Max	0,57	62,06	
Min	0,48	4,47	
Amp.	0,09	57,38	
Grupo 13			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,53	47,52	
DP	0,02	12,57	
Max	0,57	73,84	
Min	0,50	22,19	
Amp.	0,07	51,65	
Grupo 14			
	FAPAR	Chuva	
Média	0,54	46,36	
DP	0,02	9,54	
Max	0,58	64,82	
Min	0,50	29,26	
Amp.	0,08	35,55	

O grupo 5 é, sem dúvida, o que mais se correlaciona com a chuva, representado totalmente pela Savana-Estépica (Caatinga). Os valores significativos positivos de correlação aumentam com dois meses de continuidade da chuva, mostrando que essa área é a que possui maior influência da chuva.

No grupo 8, apesar dos valores de correlação não serem significativos, há uma relação positiva com a chuva, que parece refletir mais as práticas agropastoris da região.

Os grupos 9, 10 e 11, principalmente o 9, apresentam correlações positivas e significativas com a chuva e o acúmulo de aproximadamente um mês e meio contribuem para a atividade da vegetação. Ressalta-se que na vegetação predominante, de cerrado, os indivíduos arbóreos apresentam adaptações ao período seco e de forma geral não sofrem senescência ou caducifolia, a própria amplitude de variação é pequena, mostrando que os profundos sistemas radiculares, as folhas coriáceas e os troncos corticosos ajudam a equilibrar as trocas com o ambiente. Nos demais grupos as respostas obtidas refletem também as interações com o estrato herbáceo, culturas e pastagens.

No grupo 12, valores mais baixos da FAPAR ocorrem em dois períodos distintos: um deles pelo déficit hídrico que ocorre na região no final do período seco e o outro no período chuvoso, pois os solos vão de imperfeitamente a mal drenados, o que leva ao encharcamento dos solos, prejudicando os fluxos na vegetação e interferindo na resposta espectral.

O grupo 13 apresenta correlação positiva com a chuva, mas essa área é intensamente ocupada por agropecuária e o grupo 14, no estado do Rio Grande do Sul, não apresenta relação direta com a chuva.

Apesar dos dados de chuva utilizados no estudo possuírem resolução espacial de $1^\circ \times 1^\circ$ e o número de estações onde estes dados foram coletados, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste do país, no período em questão (1982 a 1999), serem escassos, considera-se que os resultados foram consistentes em relação ao observado na literatura e abre uma nova concepção no relacionamento da chuva com a vegetação.

4. Conclusões

Tendo em mente a resolução espacial dos dados utilizados ($1^\circ \times 1^\circ$) e a variabilidade da chuva, concluiu-se que o estudo permitiu uma indicação das regiões onde há maior e menor relação da FAPAR com a chuva, qual o tipo de relação e o período de resposta. Sendo a maior contribuição a percepção que a resposta de uma área à chuva, vai depender do tipo de cobertura vegetal natural (que por sua vez depende de características ambientais para seu estabelecimento) e ou antrópica.

As regiões do país onde há maiores períodos secos e de maior intensidade, como no Nordeste e Centro-Oeste, mostra maior relação da FAPAR com a chuva, sendo no nordeste o maior relacionamento, mesmo porque se sabe que nas áreas de caatinga os solos são mais rasos e a cobertura vegetal natural lá estabelecida tem como maior limitação a quantidade de água disponível, sendo a resposta da FAPAR para a chuva, imediata. Já no centro-oeste, onde há predomínio do cerrado, notou-se relação da FAPAR com a chuva, porém menos intensa do que a observada no nordeste, pois a cobertura vegetal natural nesta região apresenta adaptações aos períodos de seca. Na área do pantanal há interferência dos solos mal drenados na vegetação, onde o acúmulo de água faz com que diminua a FAPAR. E a menor relação da FAPAR com a chuva foi no sul do país, onde há maior interação de outros fatores ambientais, principalmente a temperatura.

Os resultados apresentados no presente estudo generalizam grandes áreas, mas permitem a observação das áreas onde há maior ou menor relação da cobertura vegetal com a chuva.

Referências bibliográficas

- Bounoua, L., Collatz, G. J., Sellers, P. J., Randall, D. A., Dazlich, D. A., Los, S. O., Berry, J. A., Fung, I., Tucker, C. J., Field, C. B., Jensen, T. G., Interactions between vegetation and climate: radiative and physiological effects of doubled atmospheric CO₂, **Journal of Climate**, v. 12, p. 309–324, 1999.
- CPC - Climate Prediction Center. Disponível em: <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/wd52ws/>. Acesso em: 16 março 2006.
- Gurgel, H. C., Ferreira, N. J., Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 18, p. 3595–3609, 2003.
- Knyazikhin, Y., Martonchik, J. V., Myneni, R.B., Diner, D. J., Running, S. W., Synergistic algorithm for estimating vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MODIS and MISR data, **Journal of Geophysical Research**, v. 103, n. D24, p. 32257–32276, 1998.
- Miranda, E. E. de; Coutinho, A. C. (Coord.). Brasil visto do espaço. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <http://www.cdbrazil.cnpm.embrapa.br>. Acesso em julho 2005.
- Myneni, R. B., Hoffman, S., Knyazikhin, Y., Privette, J. L., Glassy, J., Tian, Y., Wang, Y., Song, X., Zhang, Y., Smith, G. R., Lotsch, A., Friedl, M., Morisette, J. T., Votava, P., Nemani, R. R., Running, S. W., Global products of vegetation leaf area and fraction absorbed PAR from year one of MODIS data, **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 214– 231, 2002.
- Oliveira, L. M. T. Estudo das regiões fitoecológicas brasileiras pela fapar/ndvi e relações com séries temporais de dados pluviométricos. 2008. 208 p. (UFRJ). Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ. 2008.
- Pielke, R. A., Earth system modeling—an integrated assessment tool for environmental studies, **Present and Future of Modeling Global Environmental Change: Toward Integrated Modeling**, edited by T. Matsuno and H. Kida (Tokyo: Terrapub), p. 311–337, 2001.
- Richards, J. A. **Remote sensing digital image analysis. An introduction**. Berlin, Springer-Verlag, 1986. 281 p.
- Sellers, P. J., Dickinson, R. E., Randall, D. A., Betts, A. K., Hall, F. G., Berry, J. A., Collatz, G. J., Denning, A. S., Mooney, H. A., Nobre, C. A., Sato, N., Field, C. B., Henderson-Sellers, A., Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. **Science**, v. 275, p. 502–509, 1997.
- Sellers, P. J., Los, S. O., Tucker, C. J., Justice, C. O., Dazlich, D. A., Collatz, G. J., Randall, D. A., A revised land surface Parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part 2: the generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data, **Journal of Climate**, v. 9, p. 706–737, 1996.
- Stöckli, R., Modeling and observation of seasonal land – surface heat and water exchanges at local and catchments scales over Europe. 2004. 155p. Thesis (Doctor in Natural Sciences). Swiss Federal Institute of Technology, ETH. 2004.
- Stöckli, R., Vidale, P. L., European plant phenology and climate as seen in a 20-year AVHRR land-surface parameter dataset, **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 17, p. 3303–3330, 2004.
- Verstraete, M. M., Gobron, N., Ausedat, O., Robustelli, M., Pinty, B., Widlowski, J.-L., Taberner, M. An automatic procedure to identify key vegetation phenology events using the JRC-FAPAR products. **Advances in Space Research**, v. 41, n.11, p. 1773–1783, 2008.
- Ward, J. H., Hierarchical Grouping to optimize an objective function. **Journal of American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236–244, 1963.
- Xiao, X., Zhang, Q., Saleska, S., Hutya, L., Camargo, P., Wofsy, S., Frohking, S., Boles, S., Keller, M., Moore, B., Satellite-based modeling of gross primary production in a seasonally moist tropical evergreen forest, **Remote Sensing of Environment**, v.94, p. 105–122, 2005.