

TEMPERATURA E ALBEDO DA SUPERFÍCIE POR IMAGENS TM LANDSAT 5 EM DIFERENTES USOS DO SOLO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA (NOTA DE PESQUISA)

PAVÃO, Vagner Marques – vagner_apui@hotmail.com
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – PPGFA – UFMT

QUERINO, Carlos Alexandre Santos – carlos.querino@sipam.gov.br
Doutorando no Programa de Pós Graduação em Física Ambiental – PPGFA – UFMT

BENEDITTI, Cristina Aparecida – cristina.beneditti@sipam.gov.br
Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP, Rio Claro – SP

PAVÃO, Larissa Leite – lari_o.l@hotmail.com
Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – PPGFA - UFMT

QUERINO, Juliane Kayse Albuquerque da Silva – julianekayse@hotmail.com
Professora M.Sc./Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA / Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – PPGFA - UFMT

MACHADO, Nadja Gomes – nadja.machado@blv.ifmt.edu.br
Professora Doutoranda – Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT)/Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)

BIUDES, Marcelo Sacardi – marcelo@fisica.ufmt.br
Professor Dr.(a)/Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)

RESUMO: Variações na temperatura e no albedo da superfície estão fortemente influenciadas pelo tipo de cobertura da superfície, que implica em alteração na quantidade e distribuição de energia disponível. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal da temperatura e do albedo da superfície estimados por sensoriamento remoto em diferentes tipos de cobertura vegetal no sudoeste da Amazônia. Foram utilizadas imagens do *Thematic Mapper* (TM) Landsat 5 para calcular a temperatura e o albedo da superfície em etapas intermediárias do SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*). Observou-se que os menores valores do albedo da superfície ocorreram em áreas de floresta e campo sujo, enquanto os maiores ocorreram em áreas de campo limpo e urbana. As temperaturas da superfície nas mesmas áreas apresentaram variação similar ao albedo da superfície, com menores valores em áreas de florestas e campos sujos, e maiores em áreas de campo limpo e urbana. O albedo da superfície nas áreas de campo e urbana foram em média 17 e 60%, e a temperatura da superfície foi em média 15 e 22%, respectivamente, maiores que nas florestas.

PALAVRAS-CHAVE: ecossistema amazônico, refletância da superfície, desmatamento, balanço de radiação.

TEMPERATURE AND ALBEDO OF THE SURFACE BY LANDSAT 5 TM IMAGES IN THE DIFFERENT LAND USE IN SOUTHWEST OF BRAZILIAN AMAZONIA

ABSTRACT: Variations of surface temperature and albedo have been extremely linking to the land cover change, which modify the amount of available energy. Thus, the main aim of this paper was to analyze the space-time distribution of albedo and temperature of the surface estimated by remote sensing in different vegetal cover in the Amazonia southwest. Landsat 5 – Thematic Mapper (TM) satellite images were used to calculate the temperature and albedo of the surface through the intermediate stages of the SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land). The lowest values of surface albedo were observed above forest and mixed woodland-grassland, meanwhile the highest registers have occurred on the savanna grassland and urban areas. The surface temperature in the same areas had shown similar tendency of the surface albedo, with lowest values in forest and woodland-grassland, and highest values in the savanna grassland and urban areas. The surface albedo for the fields and urban areas were in average 17 and 60%, and the surface temperature were in average 15 and 22%, respectively, highest than in the forest.

KEYWORDS: Amazon ecosystem, surface reflectance, deforestation, net radiation.

1. INTRODUÇÃO

O bioma amazônico estende-se do oceano atlântico às encostas orientais da cordilheira dos Andes, compreendendo cerca de nove países da América do Sul. Desses, 69% pertencem ao território brasileiro e abrange 750 municípios em 9 Unidades Federativas, denominada como Amazônia Legal (UNICEF, 2007; FERREIRA e MELO, 2005).

Apesar de ser formada, em sua maior área por floresta densa (cerca de 64%), a Amazônia legal possui ainda outros tipos de ambientes, como cerrados e campos (cerca de 24%) e áreas alagáveis (cerca de 6%) (BICUDO et al., 2010). O Cerrado da Amazônia são formas vegetais relativamente minoritárias e sua origem vem sendo amplamente discutida em vários estudos (FILHO, 1993; ROSSETTI et al., 2009; LLOYD et al., 2009). Estes ambientes possuem modelos de distribuição peculiares, que podem ter a forma de ilhas isoladas ou contínua, e possuem vegetação predominante de gramíneo-lenhosa baixa com alternância de pequenas árvores isoladas e galerias florestais, formando mosaicos entre campos e florestas, com transições abruptas ou gradativas (BRAUN e RAMOS, 1959; FILHO, 1993; FREITAS et al., 2002).

Vários são os serviços ambientais prestados pela floresta Amazônica, destacando-se três principais: manutenção da biodiversidade, ciclagem de água e armazenamento de carbono (FEARNSIDE, 2006). Contudo, de acordo com Lima e May (2005), a porção sul do estado do Amazonas se destaca quanto às alterações da cobertura do solo. Nessa região ocorrem intensas pressões demográficas e econômicas por diversos agentes como madeireiros, pecuaristas e grileiros que tem obtido a posse de terras públicas federais, por meio de ocupações irregulares para fins especulativos e de desmatamento (PASSOS, 2011). Essas atividades podem impactar diretamente o clima local e, em longo prazo, o clima regional e global (BERBET, 2002).

O clima de uma determinada região está diretamente relacionado com a cobertura da superfície, que regula a quantidade de energia disponível para os processos de aquecimento da atmosfera e evapotranspiração (PILLAR, 1995). A mudança na cobertura do solo impacta inicialmente o albedo da superfície e, conseqüentemente, o balanço de radiação da superfície (CARDOZO et al., 2009). A substituição da vegetação natural também modifica o padrão da distribuição de energia disponível. Quanto maior a biomassa, maior é o efeito termo-hidroregulador da superfície e menor é o aquecimento. Dessa forma, a energia disponível é usada prioritariamente para o processo de evapotranspiração (MEDEIROS et al., 2005; VAREJÃO, 2006; SILVA e DE PAULA, 2009; BIUDES et al., 2009; 2015).

Estudos envolvendo a análise da temperatura e albedo da superfície são realizados, em sua maioria, com dados obtidos *in loco*. No entanto, essas medidas representam uma área reduzida e sua espacialização é onerosa, necessitando de modelos de interpolação. Na Amazônia, diversos estudos a respeito de albedo da superfície vêm sendo conduzidos ao longo dos últimos anos (MOURA et al., 1999; 2000; QUERINO et al., 2006; LIBERATO, 2011). Os autores demonstram, pontualmente, que há incremento dos valores de albedo da superfície quando a floresta nativa é substituída por outro tipo de cobertura vegetal. No entanto, a extrapolação desses valores em escala regional pode acarretar erros que, por conseqüência, podem gerar simulações errôneas de modelos de previsão de tempo e clima. Pesquisas envolvendo temperatura da superfície também demonstram resultados pontuais e que, nesse caso, pode apresentar variações devido às mudanças do tipo de cobertura, e impactar na temperatura do ar. Em geral, alguns estudos envolvendo medidas de temperatura do solo na região amazônica demonstram que a substituição da cobertura florestal natural pode contribuir para a compactação do solo, o que impede a infiltração da água no chão e eleva a temperatura da superfície devido à maior exposição à radiação solar (SOUZA et al., 1993; 1996).

A especialização dessas variáveis tem se tornado um desafio. No entanto, com a evolução das técnicas de sensoriamento remoto, as estimativas possuem bom ajuste com medidas de campo (ALLEN et al., 2007; LIBERATO, 2011). Essas técnicas possibilitam estimar a temperatura e o albedo da superfície de uma grande área, com rapidez e baixo custo, utilizando imagens obtidas por sensores instalados em satélites orbitais. Além disso, permite a

integração de informações e processos relacionados às trocas de energia, água e carbono entre a superfície e a atmosfera em diferentes escalas geográficas (LIBERATO, 2011).

A captação de imagens de satélites, posteriormente processadas por modelos matemáticos, tem possibilitado a estimativa de inúmeras variáveis ambientais e meteorológicas. Um dos modelos mais utilizados é o *Surface Energy Algorithm for Land* (SEBAL), que foi desenvolvido por Bastiaanssen, 1995 e tem se mostrado eficiente na estimativa do balanço de energia quando se comparadas às medidas de superfície (TREZZA, 2002; GIONGO et al., 2010; LIBERATO, 2011). Esse modelo possui diversas etapas de processamento, nas quais pode-se obter a temperatura e o albedo da superfície.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal da temperatura e do albedo da superfície estimados por sensoriamento remoto em diferentes tipos de cobertura vegetal no sudoeste da Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da Área de Estudo

A área de estudo compreende uma região do município de Humaitá – AM, no sudoeste da Amazônia brasileira. A cidade está situada à margem esquerda do Rio Madeira, afluente da margem direita do Rio Amazonas, e distante 200 km ao norte de Porto Velho e 675 km ao sul de Manaus (Figura 1) (MARTIN et al., 2006). O município possui uma área de 33.071 km² pertencente à mesorregião do Sul Amazonense e microrregião do Madeira. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sua população no ano de 2012 era 45.944 habitantes. As principais atividades econômicas são a pecuária, piscicultura, pesca artesanal, cultivo de arroz, cupuaçu e hortaliças, artesanato, fábricas de doces e licores, beneficiadoras de castanha, movelaria, madeireiras, extrativismo vegetal e garimpo (PASSOS et al., 2014).

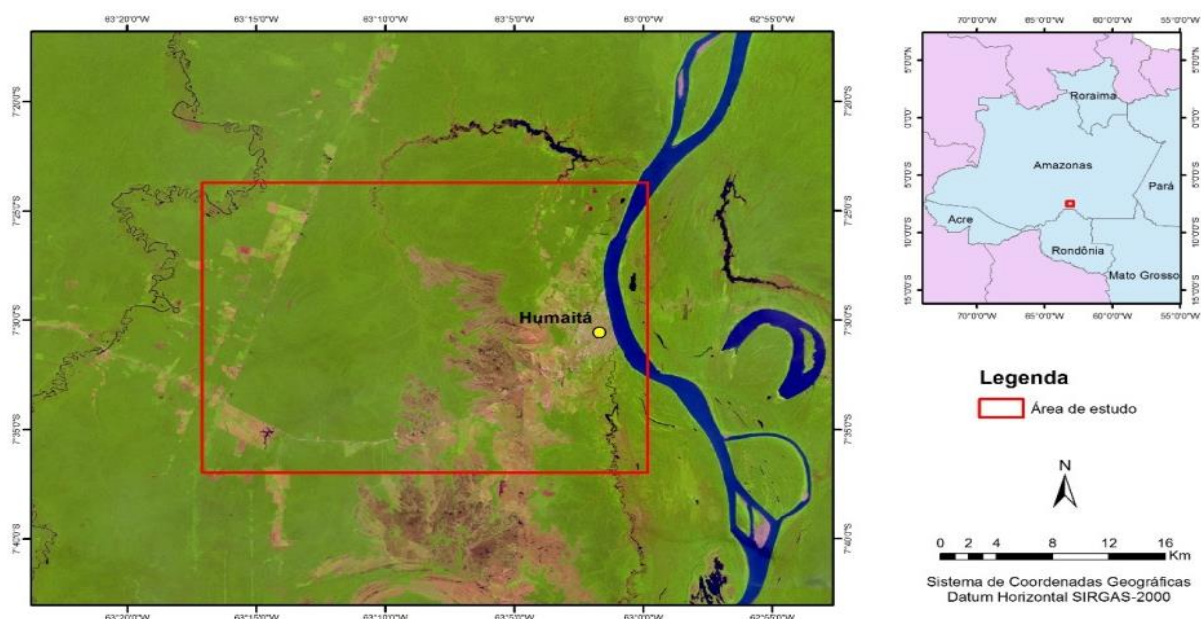


Figura 1. Localização do município de Humaitá – AM, na região Norte do Brasil, e delimitação da área de estudo.

O ecossistema predominante da região é floresta densa. No entanto, existem também porções de vegetação do tipo campos intercalados com florestas. Esses campos constituem o complexo de campos e matas abertas dos "Campos Naturais de Humaitá-Puciari" situados no sul do estado do Amazonas e norte de Rondônia. A vegetação predominante é de gramíneas e florestas circundantes formadas por florestas mesófilas baixas, florestas perenifólias altas, palmeiras, castanhais e outras (VIDOTTO et al., 2007).

O clima da região é Am segundo a classificação de Koppen, tropical chuvoso (chuvas do

tipo monção) com temperaturas médias variando entre 25 e 27°C, totais pluviométricos médios anuais de 2500 mm e umidade relativa do ar entre 85 e 90%. De acordo com a normal climatológica da região de Humaitá, fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a região possui um período seco de pequena duração, entre junho e setembro (0-100 mm mês⁻¹); e um período chuvoso, entre novembro e abril (média de 400 mm mês⁻¹); e um período de transição em maio e outubro (FERREIRA, 2005; CAMPOS et al., 2012).

Nesse estudo, foram obtidos as temperaturas e os albedos da superfície de quatro tipos de uso e ocupação do solo ao longo da Rodovia Transamazônica: (I) floresta densa; (II) campo sujo; (III) campo limpo; e (IV) área urbana. Essas classes de uso e ocupação foram identificadas em visitas à área de estudo.

2.2. Imagens de satélite e software utilizados

As imagens do *Thematic Mapper* (TM) Landsat 5 foram obtidas junto ao site da *U. S. Geological Survey* (www.glovis.usgs.gov), representando a órbita 232 e ponto 65 nas datas de 15 de Julho de 2009 e 02 de Julho de 2010 (período seco).

O sensor TM mede a radiância espectral dos alvos e os armazena na forma de níveis de cinza, intensidade do pixel ou, ainda, número digital (ND), onde os valores variam de 0 a 255 (8 bits). As imagens possuem uma resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e de 120 m na banda 6 (Terral).

O software ArcGis 10.2 versão trial foi utilizado para cálculo da temperatura e do albedo da superfície, elaboração dos mapas e inserção de pontos de controles obtidos ao longo da Rodovia Transamazônica.

2.3. Cálculo da temperatura e albedo da superfície

A temperatura e o albedo da superfície foram obtidos nas etapas intermediárias do modelo SEBAL proposto por Bastiaanssen et al. (1995). Para tanto, as imagens de radiância obtidas pelo TM Landsat 5 foram calibradas por meio dos coeficientes obtidos de Chander et al., (2009) (Tabela 1).

Tabela 1 - Bandas do Landsat 5 TM com os respectivos intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima - a e máxima - b) e irradiancias espectrais no topo da atmosfera ($k_{\lambda i}$) banda-a-banda (Chander et al., 2009).

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Coeficiente de calibração ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$)		$k_{\lambda i}$ ($\text{W m}^{-2} \text{m}^{-1}$)
		a	b	
1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	193,0	1967
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2,84	365,0	1826
3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1,17	264,0	1554
4 (IV – próximo)	0,76 – 0,79	-1,51	221,0	1036
5 (IV – médio)	1,55 – 1,75	-0,37	30,2	215,0
6 (IV – termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
7 (IV – médio)	2,08 – 2,35	-0,15	16,5	80,67

A calibração radiométrica de cada banda se dá quando o nível de cinza de cada pixel da imagem obtida é transformado em radiância espectral monocromática ($L_{\lambda i}$). Por sua vez, $L_{\lambda i}$ representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida no sensor TM do satélite Landsat 5 nos canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. A $L_{\lambda i}$ foi obtida por meio da Equação (1) (MARKHAM e BAKER, 1987).

$$L_{\lambda i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{255} \right) ND \quad (1)$$

em que a e b são as irradiancias mínimas e máximas (Tabela 1), ND é o nível de cinza ou número digital do pixel (de 0 a 255) e i identifica a banda de 1 a 7 do sensor TM.

A reflectância monocromática ($\rho_{\lambda i}$) foi obtida a partir da razão entre radiação refletida e

radiação incidente banda-a-banda (Equação 2; ALLEN et al., 2002).

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

em que $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral banda-a-banda ($W m^{-2} \mu m^{-1}$), $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral banda-a-banda no topo da atmosfera ($W m^{-2} \mu m^{-1}$), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol (em unidade astronômica - UA) obtida por meio da Equação (3), dada por Iqbal (1983).

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi DJ}{365}\right) \quad (3)$$

em que DJ é o dia Juliano, ou seja, o numero corrido de determinado dia no ano.

O ângulo zenital foi calculado por meio da Equação (4), utilizando a elevação solar (E) obtida nos metadados de cada imagem TM Landsat 5 (Tabela 2).

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (4)$$

Tabela 2 - Data, horário, elevação solar (E), obtidos na nos metadados das imagens utilizadas, bem como os valores de radiação solar instantânea (R_g), temperatura do ar (T) e umidade relativa do ar (UR) no momento da passagem do TM Landsat 5 na órbita 232 e ponto 65, registrados pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Humaitá - AM.

Data	Horário Local	E (°)	Rg ($W m^{-2}$)	T (°C)	UR (%)
15/07/2009	10:09h	47.6722	563	28.4	68
02/07/2010	10:10h	47.3334	567	30.6	55

O albedo planetário ou no topo da atmosfera (α_{toa}), não ajustado à transmissividade atmosférica, foi obtido pela combinação linear das refletâncias monocromáticas (Equação 5).

$$\alpha_{toa} = 2,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad (5)$$

em que $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ e ρ_7 são as refletâncias no topo da atmosfera das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

O albedo da superfície ou albedo corrigido para efeitos atmosféricos (α) foi obtido por meio da Equação 6.

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (6)$$

em que α_{toa} é o albedo planetário, τ_{sw} é a transmissividade atmosférica para onda curta obtida com valores dispostos na Tabela 2 (Allen et al., 2007) e α_p é a porção média da radiação solar refletida pela atmosfera e que volta para o satélite antes de alcançar a superfície, o qual varia entre 0,025 e 0,040. Recomenda-se na aplicação do SEBAL o valor de $\alpha_p = 0,03$ (BASTIAANSEN, 2000).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) foi calculado por meio da Equação (7) e utilizado para identificar a vegetação verde da área, bem como, caracterizar sua distribuição espacial e estado de crescimento (FOLHES, 2007).

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (7)$$

em que ρ_{IV} e ρ_V correspondem às refletâncias das bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente.

O Índice de Vegetação Ajustado para Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* - SAVI), que é um índice que busca amenizar os efeitos do "background" do solo, foi calculado

por meio da Equação (8).

$$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{L + \rho_{IV} + \rho_V} \quad (8)$$

em que L é uma constante de ajuste. Neste trabalho, foi utilizado um valor de $L = 0,5$ (ALLEN et al., 2007).

O Índice de área Foliar (IAF ; $m^2 m^{-2}$) é a razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área da projeção vertical dessa vegetação. O IAF foi calculado por meio da Equação (9) (Allen et al., 2002).

$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (9)$$

A temperatura da superfície foi obtida por meio da equação de Planck invertida, proposta para um corpo negro. Devido ao fato de cada pixel não emitir energia eletromagnética como um corpo negro, há a necessidade de calcular a emissividade no domínio espectral da banda termal (ε_{NB}) para cada pixel. A ε_{NB} foi obtida pela Equação (10), proposta por Allen et al., 2002, no qual considera $\varepsilon_{NB} = 0,98$ quando $IAF > 3$ e $\varepsilon_{NB} = 0,99$ para corpos d'água.

$$\varepsilon_{NB} = 0,97 + 0,00331IAF \quad (10)$$

A temperatura na superfície (T_s ; K) foi calculada por meio da Equação (11), em função da radiância espectral da banda termal $L_{\lambda 6}$ e da emissividade ε_{NB} .

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon_{NB}K_1}{L_{\lambda 6}} + 1\right)} \quad (11)$$

em que $K_1 = 607,76 W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ e $K_2 = 1260,56 K$ são as constantes de calibração da banda termal do TM Landsat 5 (ALLEN et al., 2002).

2.4. Obtenção da relação entre a temperatura e o albedo da superfície

Para obter a relação entre temperatura da superfície e o albedo da superfície, foram escolhidos aleatoriamente 11 áreas de 3x3 pixels (aproximadamente 1 ha) dentro de cada uso do solo. Posteriormente, extraiu-se o valor de cada pixel e calculou-se a média deles. Em seguida, uma média final, de cada uso do solo foi calculada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Climatologia da Região da Área de Estudo

A distribuição temporal da precipitação mensal em 2009 apresentou o mesmo padrão da normal climatológica de Humaitá (Figura 2). A maior precipitação mensal em 2009 ocorreu entre novembro e abril, o que corrobora com Ferreira (2005) e Campos et al. (2012). Contudo, a precipitação mensal nesses meses foi inferior a 400 mm, com máximo de 335,8 mm em abril e mínimo de 138,8 mm em novembro. Durante o período seco, os valores da precipitação mensal foram mais próximos aos encontrados na literatura, com máximo de 69 mm em junho e mínimo próximo de 0 mm em julho. O pluviômetro teve problemas técnicos em 2010 e não forneceu dados confiáveis da precipitação durante esse período.

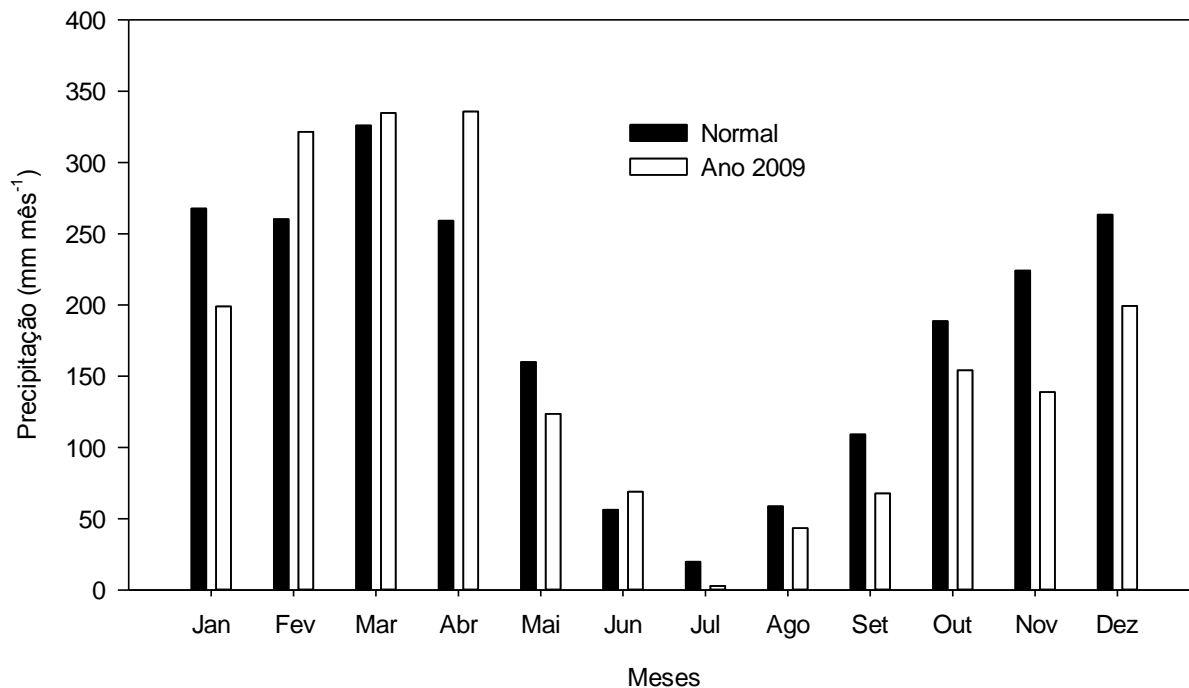


Figura 2. Normal climatológica da precipitação mensal do município de Humaitá –AM entre 1960 e 1990 e durante 2009.

O regime de chuva da região Amazônica e, conseqüentemente, do município de Humaitá é diretamente influenciado por sistemas meteorológicos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Alta da Bolívia, e chuvas associadas a sistemas frontais. Além disso, a precipitação na região desse estudo é influenciada pela porção de energia solar incidente, uma vez que essa energia é responsável em grande parte pelos processos de convecções locais (VIANELLO e ALVES, 1991; SANTOS NETO et al., 2014).

3.2. Albedo da Superfície

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial do albedo da superfície (α) em 15/07/2009 e 02/07/2010 (período seco) no município de Humaitá – AM. O α variou entre valores menores que 0,11 (verde escuro) e maiores que 0,18 (vermelho) em ambas as imagens. Os pontos P1, P2, P5, P9, P10 e P12 representam áreas modificadas; P3 representa campo limpo; P6 e P7 campo sujo e P4, P8, P11 e P13 áreas de floresta as margens da Rodovia Transamazônica.

O α da área de floresta (P4, P8, P11 e P13) foi de aproximadamente 0,11 em 15/07/2009 e 02/07/2010, semelhantes ao encontrado por Leitão et al. (2002), Andrade et al. (2010) e Pavão et al. (2014). O α no campo sujo (P6 e P7) foi em média de 0,12 e 0,13 em 15/07/2009 e 02/07/2010, respectivamente, e no campo limpo (P3) foi em média de 0,13 em ambos os dias, corroborando com os encontrados por Pereira et al. (2007), Giongo et al. (2010) e Oliveira et al. (2013) que obtiveram α entre 0,11 e 0,13 em áreas de campo sujo e cerrado.

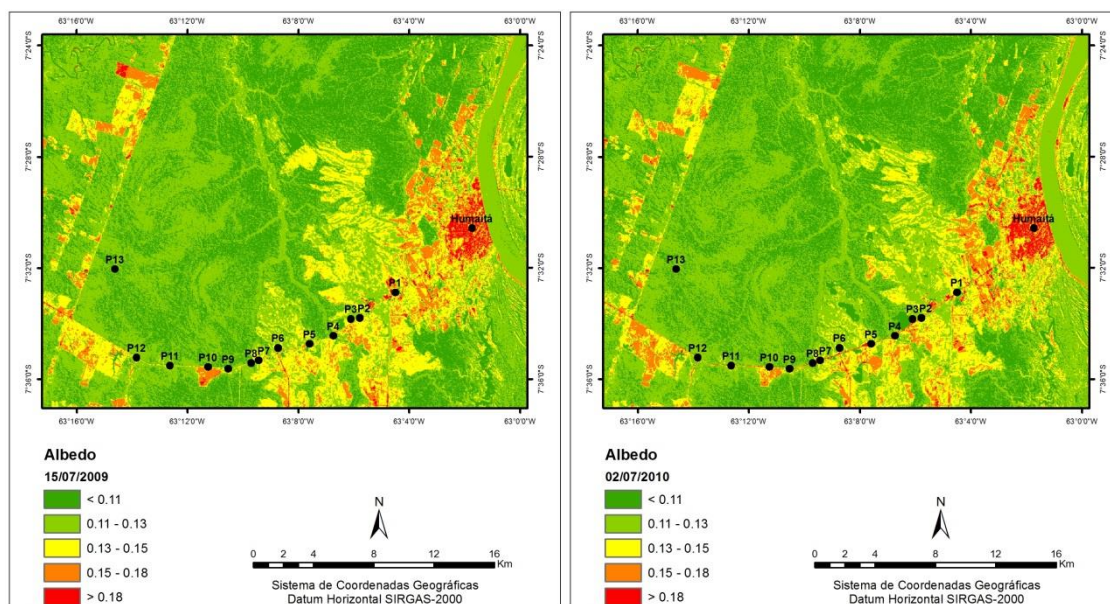


Figura 3. Distribuição espacial do albedo da superfície em uma área de campo sujo (P6 e P7), campo limpo (P3), floresta densa (P4, P8, P11 e P13) e áreas modificadas (P1, P2, P5, P9, P10 e P12) no município de Humaitá - AM em 15 de Julho de 2009 e 02 de Julho de 2010.

A diferença observada no α das áreas de floresta e de campo foi devido aos processos de interação (absorção, reflexão e transmissão) que ocorre entre a radiação eletromagnética (REM) incidente e os alvos estudados, bem como, da densidade e distribuição da vegetação, sendo esta, um dos principais agente de interação entre superfície e a REM (PONZONI, 2002; PEREIRA et al., 2007). As áreas de campo limpo apresentam fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores e, conseqüentemente, maior área de solo exposto. As áreas de campo sujo, apresentam solo misto com vegetação arbustiva e ervas que se ressecam durante o período seco, conferindo assim, colorações mais claras nesse período e, conseqüentemente, maior α (FARIAS et al., 2008).

O α das áreas modificadas (P1, P2, P5, P9, P10 e P12), bem como da zona urbana, foi maior que 0,15 tanto em 15/07/2009, quanto em 02/07/2010, sendo superiores aos encontrados na floresta e nos campos. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao tipo de vegetação e superfície presente nessas áreas, as quais são pastagem, antigas plantações de arroz e área urbana impermeabilizada. Dessa forma, a porção da REM incidente sobre essas superfícies é pouco utilizada para processos fotossintéticos em decorrência de seu baixo índice de área foliar (áreas de campo) e à grande extensão de áreas de concreto (zona urbana), o que aumenta o seu espalhamento devido às múltiplas reflexões. Todavia, em áreas de floresta, a maior parte dessa energia é absorvida, pois um dossel arbóreo apresenta uma refletância relativamente baixa devido ao uso dessa energia por pigmentos fotossintetizantes presentes nas folhas e às múltiplas reflexões no interior do dossel (PONZONI, 2002).

As áreas de pastagem, antigas plantações de arroz e concretos tendem a apresentar colorações mais claras, e conseqüentemente, maior α . Giongo et al. (2009) observaram valores de α em pastagem no pantanal entre 0,14 e 0,16, e observaram α entre 0,13 e 0,21 em áreas agrícolas, próximos ao encontrado nesse estudo. Querino et al. (2006) e Liberato (2011), observaram aumento médio de 38% no α devido à alteração da cobertura natural para pastagem, o que implica em redução na energia disponível para os processos atmosféricos que iniciam próximos à superfície como, por exemplo, convecção e conseqüentemente uma possível modificação no regime de chuvas local (MALHI et al., 2008; DA ROCHA et al., 2009; LIBERATO et al., 2011).

3.3. Temperatura da Superfície

A temperatura é uma das variáveis mais importantes para a manutenção do sistema climático planetário. Temas como efeito estufa, aquecimento global, entre outros estão fortemente relacionados à mudança espaço-temporal desta variável (MEDEIROS et al., 2005; VAREJÃO, 2006; SILVA e DE PAULA, 2009).

A Figura 4 apresentada a distribuição espacial da temperatura da superfície (T_s) em 15/07/2009 e 02/07/2010 (período seco) do município de Humaitá - AM. A T_s nesse período variou de 25°C (verde escuro) a 35°C (vermelho) em ambas as datas. A T_s do campo limpo (P3) foi em média 28,6°C e 28,2°C em 15/07/2009 e 02/07/2010, respectivamente, ao passo que a T_s no campo sujo (P6 e P7) foi em média 28°C em ambas as datas. Os maiores valores de T_s foram observados nas áreas modificadas (P1, P2, P5, P9, P10 e P12), variando de 26 a 30°C. Observa-se ainda maiores valores de T_s na zona urbana, variando entre 28 e 35°C. Os menores valores de T_s foram encontrados na floresta (P4, P8, P11 e P13), com média de 25°C.

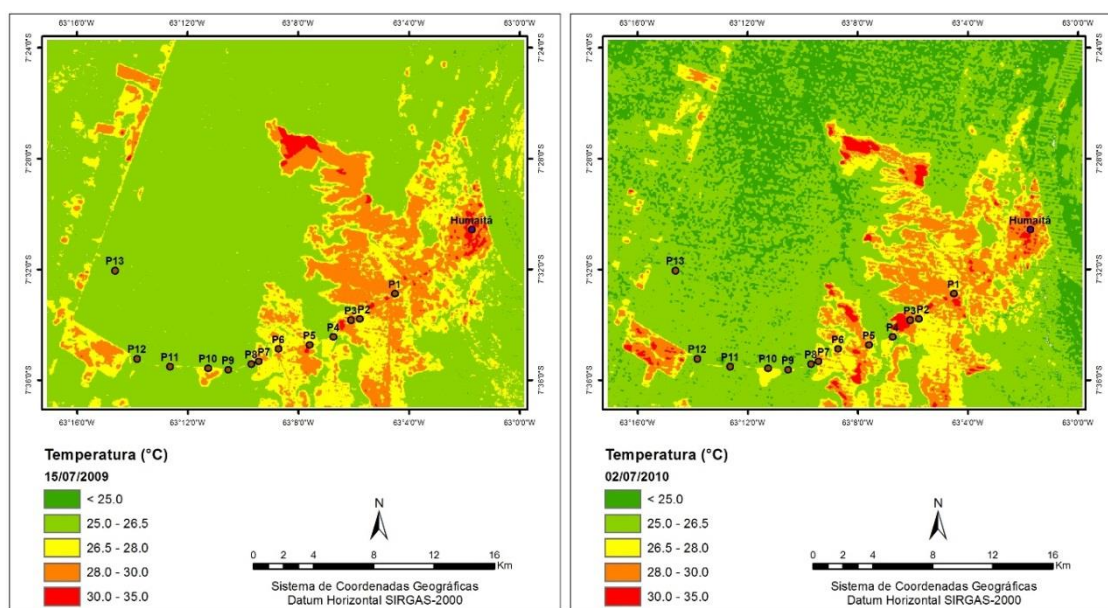


Figura 4. Distribuição espacial da temperatura superficial em uma área de campo sujo (P6 e P7), campo limpo(P3), floresta densa(P4, P8, P11 e P13) e áreas modificadas (P1, P2, P5, P9, P10 e P12) no município de Humaitá - AM em 15 de Julho de 2009 e 02 de Julho de 2010.

As áreas de campos e as áreas modificadas apresentam baixa densidade de vegetação, o que resulta em maiores valores de temperatura da superfície, pois a energia disponível ao ambiente é utilizada prioritariamente para aquecimento do solo e do ar adjacente à superfície. Na floresta, devido à sua maior densidade de vegetação, a maior parte da energia disponível ao ambiente é distribuída para o processo de evapotranspiração, resfriando a superfície vegetada (BIUDES et al., 2009, 2015; LEAL, 2012). Além disso, a folhagem na floresta é agrupada à copa das árvores, com picos e depressões organizadas na superfície dos dosséis. Assim, a maior parte da radiação solar incidente penetra no interior da floresta antes de ser refletida, resultando numa acentuada captura de radiação solar e, conseqüentemente, numa baixa reflexão (LEITÃO et al., 2002). De fato, pode ser observada uma diminuição gradativa da temperatura da superfície na medida em que a vegetação se torna mais densa.

Os altos valores encontrados nas áreas urbanas estão associados ao material dos tipos de coberturas, como concreto, telhas, edificações, os quais apresentam alta capacidade de armazenamento térmico. Essa energia térmica é usada apenas para aquecimento, contribuindo para um aumento na temperatura da superfície (MOREIRA e NÓBREGA, 2011; ANDRADE et al., 2013). A substituição da cobertura natural por coberturas como asfalto e concreto altera radicalmente as propriedades radiativas, térmicas, aerodinâmicas e de impermeabilidade da área urbana, o que resulta num incremento da temperatura superficial (DELGADO et al.,

2012).

3.4 - Relação entre temperatura e albedo da superfície

A T_s depende primordialmente da quantidade de energia recebida por ela e da capacidade da superfície em transformar a energia recebida em calor sensível, como resposta do material que a compõe (FERREIRA e PRADO, 2003). A Figura 5 apresenta a relação do α em diferentes usos do solo amazônico em função da T_s . Observa-se que o α é diretamente relacionados com a T_s .

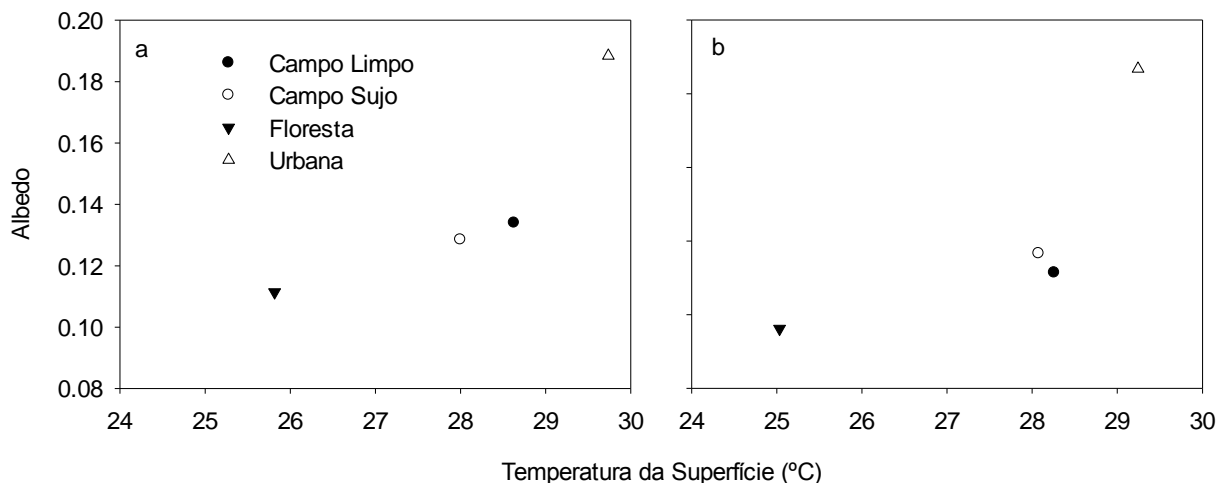


Figura 5. Relação entre a temperatura e o albedo da superfície em quatro usos do solo no município de Humaitá – AM em 15 de Julho de 2009 e 02 de Julho de 2010.

Por refletir mais radiação, esperava-se que a T_s tendesse a ser menor com α . Contudo, as superfícies no período seco tendem a estarem em estresse hídrico, com pouca água. Nessa situação, os vegetais tendem a aumentar a resistência do dossel, e diminuir o transporte de água do solo para a atmosfera (REICHARDT e TIMM, 2004). Um ambiente com mais vegetação implica em maior umidade da superfície, dessa maneira, como a região de campo limpo tende a ter menos vegetação é possível que a energia ainda continue sendo utilizada como calor sensível, favorecendo dessa forma um maior aquecimento da superfície quando comparados com as demais áreas vegetadas. Assim, uma maior porção de energia passa a ser mais disponibilizada como calor sensível (LEITE, 2011; BIUDES et al., 2009; 2015).

A mesma situação fica evidenciada quando se compara todas as áreas de superfície vegetada com a área urbana. Os maiores valores de α e T_s foram observados na área urbana. A T_s não depende somente do α , ela está diretamente relacionada com a característica da superfície, seja vegetada ou construída (FERREIRA e PRADO, 2003). Superfícies pavimentadas tendem a conduzir, absorver e distribuir a radiação solar diferentemente de superfícies vegetadas.

4. CONCLUSÃO

Baseado nos resultados e nas discussões anteriormente expostas verificou-se que algumas variáveis meteorológicas e ambientais estimadas por sensoriamento remoto são semelhantes às obtidas *in loco*, possibilitando um estudo de grandes áreas. O tipo de cobertura da superfície influenciou diretamente nos valores de albedo e da temperatura da superfície com menores valores em florestas e maiores em áreas urbanas. As regiões de campos e modificadas, apresentaram os valores intermediários do estudo, provavelmente por se tratar de uma área de transição entre florestas e áreas urbanas. As áreas de campos e urbana, quando comparadas com florestas, apresentaram, respectivamente, um incremento médio de 17 e 60% no total de radiação solar refletida. Já na temperatura esse incremento foi de 3,8 e 10°C, respectivamente, mostrando um forte impacto nas variáveis físicas locais, quando se altera a cobertura vegetal natural.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; Waters, R.; Bastiaanssen, W. Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). **Advanced Training and users Manual**, Kimberly, Idaho, v.1,0, 97p. 2002.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-Based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.380-394, 2007.

ANDRADE, R. G.; DANIEL, C. V.; NOGUEIRA, S. F.; MASSAGLI, G. O.; AGNESE, M. L.; Estimativa do albedo e do saldo de radiação à superfície utilizando imagem MODIS – Aqua na Bacia do Rio Ji-Paraná, RO. **Embrapa Monitoramento por Satélite**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11. ISSN 1806-3322. Campinas, SP, 20 p. 2010.

ANDRADE, S. C. P.; VIEIRA, V. R.;MORAIS, H. F.; ALBUQUERQUE, E. M.; SANTOS, C. A. C. Estimativa de albedo, NDVI e Temperatura de Superfície no município de Santarém-PA. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

BASTIAANSEN, W. G. M. (1995) Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. PhD Tesis. Netherlands: CIP Data Koninklijke Biblioteheek, Den Haag. 272p.

BASTIAANSEN, W. G. M. Sebal based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hidrology**, v.229, p.87-100, 2000.

BERBET. M.L. C. Variação sazonal do albedo e sua influência na mudança do padrão de chuva, em consequência da conversão da floresta tropical em pastagem. (2002). Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. VIÇOSA, MG. 47p.

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). **Revista Brasileira de Geografia**, v.21, p. 443-497, 1959.

BIUDES, M.S.; CAMPELO JUNIOR, J.H.; NOGUEIRA, J.S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método de razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, p. 135 – 143, 2009.

BIUDES, M.S.; VOULITIS, G.L.; MACHADO, N.G.; DE ARRUDA, P.H.Z.; NEVES, G.A.R.; LOBO, F.A.; NEALE, C.M.U.; NOGUEIRA, J.S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112 – 124, 2015.

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. Aguas do brasil: análises estratégicas. 1. ed. São Paulo. Instituto de Botânica. Academia Brasileira de Ciência, 2010 224p.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; JUNIOR, V. S. S.; FILHO, R. R. M.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, vol. 42, n. 3, p. 387-398, 2012.

CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G.; SILVA, F. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C. Análise da estimativa da refletância e albedo em áreas alagadas do Pantanal. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.392-401, 2009.

CHANDER, G.; MARKHAM, B.L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, n. 5, p. 893-903, 2009.

DA ROCHA, H.R.; MANZI, A.O.; SHUTTLEWORTH, J.: Evapotranspiration. In: *Amazonia and Global Change* KELLER M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P.S.; (2009). **Geophysical Monograph**, Series 186, p. 261 – 272.

DELGADO, R. C.; RODRIGUES, R. A.; FARIA, A. L. L.; PESSÔA, C. S.; DAHER, M. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 25, 2012.

FARIAS, M. F. R.; CARVALHO, A. P. F.; JÚNIOR, O. A. C.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; GOMES, R. A. T. Relação entre os solos e fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília, DF. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 224. **Embrapa**. ISSN 1676 – 918X. 57 p. 2008.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36(3), p. 395 – 400, 2006.

FERREIRA, F.L.; PRADO, R.T.A. Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura da superficial na temperatura dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. **Boletim técnico da escola politécnica da USP**. BT/PCC/351. São Paulo, SP. 2003. 12p.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 01, n. 1, p. 15-28, 2005.

FILHO, A. C. Cerrados Amazônicos: fósseis vivos? Algumas reflexões. **Rev. IG**, São Paulo, v.14(1), p. 63-68, (1993).

FOLHES, M. T. Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos. 2007. Tese Doutorado em do Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São Jose dos Campos.

FREITAS, H.A.; PESSENDA, L.C.R; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. Florestas X Savanas no passado na Amazônia. **Ciência Hoje**, v.32, p. 40-46, 2002.

GIONGO, P. R.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; ROCHA, H. R.; MEDEIROS² E NAZARENO. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.3, p.279–287, 2010.

GIONGO, P. R.; PADOVANI, C. R.; VETTORAZZI, C. A. Variabilidade espacial e temporal do albedo obtido a partir de imagens MODIS na região do Pantanal, In: Anais **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4715-4722.

IQBAL, M. An introduction to solar radiation. **New York: Academic Press**. 1983, 212p.

LEAL, L. A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR. 2012. Tese (doutorado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 172p.

LEITÃO, M. M. V. B. R.; Santos E Oliveira. (2002) Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.256-261.

LEITE, M.R. Sensoriamento remoto aplicado à análise temporal da relação uso da terra/ temperatura e albedo da superfície na bacia do rio Vieira no norte de Minas Gerais. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG. 111p.

LIBERATO, A. M. albedo à superfície a partir de imagens landsat 5 – tm em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista de Geografia (UFPE)** v. 28 (1). 10p. 2011.

LIBERATO, A. M.; NASCIMENTO, G. S. L. Estimativa de albedo e índice de área foliar em região tropical úmida através do algoritmo SEBAL. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. p. 6113.

LIMA, M. DO S. B. DE; MAY, P. H. A expansão da fronteira agrícola no sul do amazonas e sua relação com o incremento do desmatamento nas áreas de cerrados e campos naturais. 2005. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa4/Expans_o_d_a_Fronteira_Agr cola.pdf>. Acesso em: 11 de set. de 2013.

LLOYD, J.; GOULDEN, M. L.; OMETTO, J.P.; PATIÑO, S.; FYLLAS, N.M.; QUESADA, C.A. Ecofisiologia de Floresta e Vegetação de Savana. In: *Amazonia and Global Change*. KELLER M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P.S.; (2009) Geophysical Monograph Series 186. **American Geophysical Union**. P 463-484.

MALHI, Y.; ROBERTS, J.T.; BETTS, R.A.; KILLEEN, T.J.; LI, W.; NOBRE, C. Climate change, deforestation and the fate of the Amazon. **Science** v. 319, p. 169-172, 2008.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. International. **Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

MARTIN, G. C.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; VITORINO, A. C. T. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (am): atributos diferenciais dos solos. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 221-227, 2006.

MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.

MOREIRA, E. B. M.; NOBREGA, R. S. Uso de imagens multiespectrais aplicada à análise espaço-temporal dos padrões de temperatura e albedo da superfície. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.0776, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

MOURA, M.A.L. Balanço de Radiação à superfície e fluxo de calor no solo em áreas de floresta nativa e pastagem no Oeste da Amazônia brasileira. Botucatu, 2000. 118p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP.

MOURA, M.A.L.; LYRA, R.F.F.; BENINCASA, M.; SOUZA, J.L.; NASCIMENTO FILHO, M.F. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.163 – 168, 1999.

OLIVEIRA, G.; MORAES, E. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T.; ALVALÁ, R. C. S.; SANTOS, T. V. Avaliação do albedo em diferentes tipos de uso e cobertura da terra no sudoeste da Amazônia. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

PASSOS, L. A.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; MENEZES, J. A.; COSTA, T. A. C. R.; SIQUEIRA, L.F.; PAVÃO, V.M.; LEITE, L.O. Análise prévia sobre o destino dos combustíveis lubrificantes utilizados nas oficinas mecânicas em Humaitá – AM. **Revista EducAmazônia**. Ano 7, v. 12 (1), p. 57-71, 2014.

PASSOS, M. G. S. Pedagogia da alternância: caminho possível para a formação e valorização dos sujeitos sociais do campo nos cursos do IFAM/campus Manaus zona leste. 2011. Tese.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/Instituto de Agronomia/ Programa de Pós-graduação em Educação Agrícola. Seropédica, RJ, 110p.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; MARTINS, P. A. S.; SIQUEIRA, L. F.; LEITE, L. O.; PASSOS, L. A.; COSTA, T. A. C. R.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Análise da radiação solar global (rg) e albedo superficial sobre um ecossistema de floresta nativa em humaitá - am durante o período chuvoso. **Revista EducAmazônia**, ano 7, v. 12 (1), p. 42-56, 2014.

PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; ARAI, E. OLIVEIRA, L. G. L. Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo de microssistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59 (1), p.55-61, 2007.

PILLAR, V.D. *Clima e vegetação*. UFRGS, Departamento de Botânica. (1995) Disponível em <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica. 2002. Capítulo 8. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE** - 8984-pud/62. São José dos Campos. 28p.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; MARIANO, G. L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zênital na região Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia (RBMET)**, v.21, n.3a, 42-49, 2006.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. *Solo, planta e atmosfera*. Conceitos, processos e aplicações. Editora: Manole Ltda. Barueri, SP. 2004. 478p.

ROSSETTI, D. F.; BERTANI, T. C.; HAYAKAWA, E. H. Imagens Landsat-5/TM e modelos digitais de elevação SRTM aplicados à análise de savana em áreas florestais amazônicas. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3219-3226.

SANTOS NETO, L.A. DOS.; MANIESI, V.; SILVA, M.J.G. DA.; QUERINO, C.A.S.; LUCAS, E.W.M.; BRAGA, A.P.; ATAÍDE, K.R.P. Distribuição horária da precipitação em Porto Velho-RO no período de 1998 – 2013. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, p. 213 – 228, 2014.

SILVA, R. W. C.; DE PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, v.5 (1), p.42-49, 2009.

SOUZA, J.R.S.; MAKINO, M.; ARAÚJO, R.L.C.; COSTA, P.N.F. Temperatura do subsolo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Anais do 3º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro-RJ; v.2, p. 1174 – 1179, 1993.

SOUZA, J.R.S.; PINHEIRO, F.M.A.; de ARAUJO, R.L.C.; PINHEIRO JR., H.S.; HODNETT, M.G. Temperature and moisture profiles in soil beneath forest and pasture areas in eastern Amazonia. In: *Amazonia Deforestation and Climate*. Edited by J.H.C. Gash, C.A.Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria. ed. Wiley, 1996, Cap. 6, p. 125 – 137.

TREZZA, R. Evapotranspiration using a satellite-based surface energy balance with standardized ground control. PhD Thesis. Logan: Utah State University, 2002. 247p.

UNICEF. (2007) Amazônia legal e infância, **UNICEF, agenda criança Amazônia**.

VAREJÃO - SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife, PB, março, 2006, 463p.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, Brasil, 1991, 449p.

VIDOTTO, E.; PESSEDA, L.C. R.; RIBEIRO, A. S.; FREITAS, H. A.; BENDASSOLLI, J. A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazônica**, v.37 (3), p.385 – 400, 2007.

Texto submetido à RBClimate na data de 05/03/2015