

Revista Brasileira de Cartografia (2017), N° 69/2: 375-387  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE POR TIPOLOGIAS DE USO E COBERTURA TERRESTRE

*Evaluating the Surface Albedo Variation under Different Types of Land Coverage*

**Dayse Thompson, Ivanildo Barbosa &  
Raquel Aparecida Abrahão Costa e Oliveira**

**<sup>1</sup>Instituto Militar de Engenharia – IME**  
**Departamento de Engenharia Cartográfica**  
**Praça General Tibúrcio, 80, Urca, CEP 22291-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil**  
daysethompson20@gmail.com; ivanildo@ime.eb.br; raquel.oliveira@ime.eb.br

*Recebido em 26 de Abril, 2016/ Aceito em 17 de Dezembro, 2016*  
*Received on April 26, 2016/ Accepted on December 17, 2016*

### RESUMO

O crescimento populacional, associado ao desenvolvimento das atividades antrópicas são alguns dos principais fatores para o remodelamento e transformações sobre a superfície terrestre. Assim, o monitoramento dessas alterações serve tanto como meio de auxiliar no planejamento de uso dos recursos terrestres quanto como tentativa de mitigação de potenciais efeitos nocivos. Uma das consequências dessas transformações está associada à capacidade de troca de energia entre superfície e atmosfera, tendo em vista que superfícies heterogêneas possuem capacidades distintas de refletância, o que pode promover condições climáticas locais distintas. Este trabalho tem como objetivo levantar os valores de albedo da superfície observados em vários tipos de uso e cobertura da terra presentes na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, localizada no estado do Rio de Janeiro em momento e condições pré-instalação do COMPERJ, para que possa servir de base para monitoramento contínuo na bacia. A metodologia proposta inclui a geração de mapas de albedo utilizando o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), a análise de suas estatísticas básicas segundo cada tipo de uso ou cobertura existente e avaliação dos valores observados para classe analisada. Os resultados mostraram que é possível descrever de forma detalhada a distribuição de valores de albedo e, assim identificar os tipos de uso e cobertura de ocorrência mais provável em diferentes faixas de valores de albedo de superfície considerando a heterogeneidade de usos e coberturas de uma bacia hidrográfica, obtendo-se assim, um bom panorama da área antes da implantação do Complexo Petroquímico da Petrobrás (COMPERJ).

**Palavras chaves:** Refletância, Mapeamento, SEBAL, Guapi-Macacu.

### ABSTRACT

Population growth, associated with the development of anthropic activities, are some of the main factors for the remodeling and transformation on the Earth's surface. Thus, the monitoring of these alterations serves both as a means to assist in the planning of the use of terrestrial resources and as an attempt to mitigate potential harmful effects. One of the consequences of these transformations is associated to the capacity of energy exchange between surface and atmosphere, considering that heterogeneous surfaces have different capacities of reflectance, which can promote different local climatic conditions. The objective of this work is to assess the surface albedo values observed in various types of land use and cover in the Guapi-Macacu river basin, located in the state of Rio de Janeiro at the time and conditions pre-installed by COMPERJ, to which can serve as a basis for continuous monitoring in the basin. The proposed

methodology includes the generation of albedo maps using the SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) algorithm, the analysis of its basic statistics according to each type of use or existing coverage and evaluation of the values observed for the class analyzed. The results showed that it is possible to describe in detail the distribution of albedo values and to identify the types of use and coverage of most probable occurrence in different ranges of albedo surface values considering the heterogeneity of uses and coverages of a river basin. Thus obtaining a good overview of the area before the implementation of the Petrobrás Petrochemical Complex (COMPERJ).

**Keywords:** Reflectance, Mapping, SEBAL, Guapi-Macacu.

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Considerando o fato das bacias hidrográficas serem receptoras de influências das áreas que drenam e de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área de abrangência (CHRISTOFOLETTI, 1980). As mesmas podem ser consideradas ambientes favoráveis à mensuração de estimativas de dados referentes às capacidades de trocas de energias.

Giongo (2008) apresenta o albedo de superfície como a razão entre energias refletidas e incidentes sobre um dado alvo terrestre.

Esse valor varia de acordo com características dos alvos terrestres sobre os quais a energia solar incide, assim como das condições das próprias superfícies e do solo como: textura, umidade, rugosidade, tonalidade, presença de cobertura vegetal, densidade da cobertura vegetal, dentre outros fatores (NOVAS, 2008).

A relevância do estudo desta variável está no fato de estar associada à troca de energia entre a superfície e a atmosfera, influenciando diretamente no ciclo hidrológico e nas condições climáticas na área de estudo.

O albedo de superfície pode ser calculado por meio do algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), idealizado para estimar a evapotranspiração (BASTIAANSEN, 1995). Este algoritmo foi especificado para aplicação em imagens de sensores remotos orbitais, gerando valores intermediários como o albedo de superfície, o balanço de energia de ondas curtas, o balanço de energia de ondas longas, índices de vegetação como o NDVI, SAVI e IAF, emissividade de superfície, temperatura de superfície e, finalmente, a evapotranspiração. Também são necessários dados de altitude, que podem ser extraídos de modelos digitais de elevação como SRTM e ASTER. Este método foi testado e validado em diversas regiões do globo como: Estados Unidos da América, China, Egito, Espanha, Argentina, Índia, Brasil entre outros (TASUMI, 2003).

Não é possível associar um único valor de albedo a cada tipo de uso de solo pois há diversos outros fatores que influenciam esse valor. Contudo, há faixas de valores de referência para alguns tipos de uso apresentadas por Bowker *et al.*, 1985. Algumas faixas são bem amplas, havendo sobreposição de faixas, ou seja, um mesmo valor de albedo pode ser atribuído a mais de um tipo de uso.

O objetivo deste trabalho é obter dados da variação dos valores de albedo de superfície observados em diferentes tipologias de uso e cobertura da terra na região da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ para o ano de 2007, de forma a obter um panorama do cenário anterior às possíveis transformações que possam ter sido geradas em decorrência da instalação do Complexo Petroquímico da Petrobrás (COMPERJ), servindo assim de subsídio para futuras análises de variação de albedo na bacia.

Após esta contextualização, a seção 2 descreverá a área de estudo e os tipos de uso e cobertura terrestres que ocorrem naquela região. A seção 3 apresentará a metodologia selecionada para cálculo do albedo de superfície. Na seção 4 serão apresentados os resultados obtidos. E, por fim, a seção 5 apresenta as conclusões.

## 2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada corresponde à bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu (BHRGM). Esta bacia abrange grande parte da área de drenagem da baía de Guanabara com aproximadamente 1457 km<sup>2</sup>, abrangendo o município de Cachoeira de Macacu e parte dos municípios de Itaboraí e Guapimirim, situados na porção leste da baía, no Estado do Rio de Janeiro (PEDREIRA *et al.*, 2009). A Figura 1 ilustra a localização da bacia sobre o mapa do estado do Rio de Janeiro.

De acordo com o mapeamento produzido em 2007 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a região abrange áreas cobertas por 13 diferentes classes distintas

de uso e cobertura da terra (PEDREIRA *et al.*, 2009). As mesmas estão elencadas na Tabela 1 e acompanhadas das respectivas abreviações empregadas deste ponto em diante no texto.

Tabela 1: Abreviações correspondentes a cada classe de uso e cobertura da terra

Classe de uso da Terra	Abreviatura
Mangue	MAN
Pastagem	PST
Água	AGU
Área Agrícola	AGR
Campos de Altitude	CPA
Solo Exposto	SEX
Solo Úmido	SUM
Área Urbana	URD
Área Urbana de Baixa Densidade	URBD
Afloramento Rochoso	AFL
Vegetação Avançada	VAV
Vegetação Inicial	VIN
Vegetação Média	VMD

O levantamento das classes acima citadas foi elaborado pela Embrapa com o objetivo de mapear a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra em período anterior à instalação do COMPERJ (1997-2007) e como meio de registrar as características para monitoramento das futuras transformações submetidas às bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu pós-instalação do complexo.

Para o desenvolvimento do mapeamento publicado por Pedreira *et al.*, 2009 (Figura 2), foram utilizadas imagens do sensor TM dos satélites da série Landsat 5 e cartas topográficas (planialtimétricas) em escala 1:50.000, assim, como a escala de elaboração do mapeamento.

As bases cartográficas contendo os limites das bacias e dos municípios foram disponibilizados aos pesquisadores pela FUNDAÇÃO CIDE, 2003.

Os limites das Unidades de Conservação federais e Estaduais utilizados foram disponibilizados pelo INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2002 e os municipais disponibilizados por Bergallo *et al.* (2009) para fins de identificação dos limites dessas áreas no mapeamento.

Considerando as classes apresentadas na Tabela 1, são apresentados os conceitos das classes apresentadas neste trabalho, de

acordo com a definição utilizada pelos autores responsáveis pela elaboração do mapeamento (PEDREIRA *et al.*, 2007 e 2009):

### 2.1 Mangue (MAN)

“Vegetação com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e dispersão descontínua ao longo da costa brasileira” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 13).

### 2.2 Pastagem (PST)

“Vegetação herbácea rasteira com diferentes níveis de intervenção antrópica. Pastagens com diferentes tipos de manejo, incluindo áreas abandonadas e degradadas.” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 17).

### 2.3 Área Agrícola (AGR)

“Áreas de produção agrícola, ocupadas sazonal ou permanentemente com culturas agrícolas anuais, semi-perenes ou perenes” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 15).

### 2.4 Campos de Altitude (CPA)

“Vegetação típica de ambientes montano e alto-montano, com estrutura arbustiva e/ou herbácea, que ocorre geralmente nos cumes litólicos das serras com altitudes elevadas.” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 20).

### 2.5 Solo Exposto

“Áreas onde a cobertura vegetal foi removida, estando ocupada por atividades como agricultura, mineração, reforma de pasto, corte e aterro, ou ainda, áreas sob processos erosivos.” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 19).

### 2.6 Área Urbana

“Áreas com estrutura urbana, caracterizadas pela concentração de núcleos populacionais.” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 18).

### 2.7 Área Urbana de Baixa densidade

“Presença de chácaras, casas de moradia entremeadas por vegetação arbórea e arbustiva esparsa” (PEDREIRA *et al.*, 2009: p. 32).

### 2.8 Afloramento Rochoso

“Áreas com predominância de rochas expostas, em que a vegetação encontra-se ausente ou ocorre em pequena densidade e apresenta porte baixo” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 20).

Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu - RJ

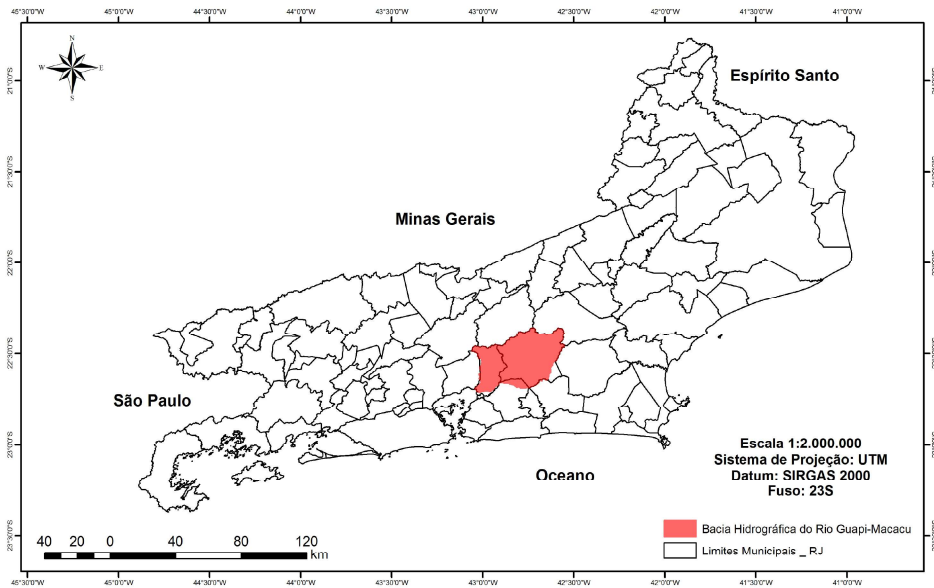


Fig. 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ.

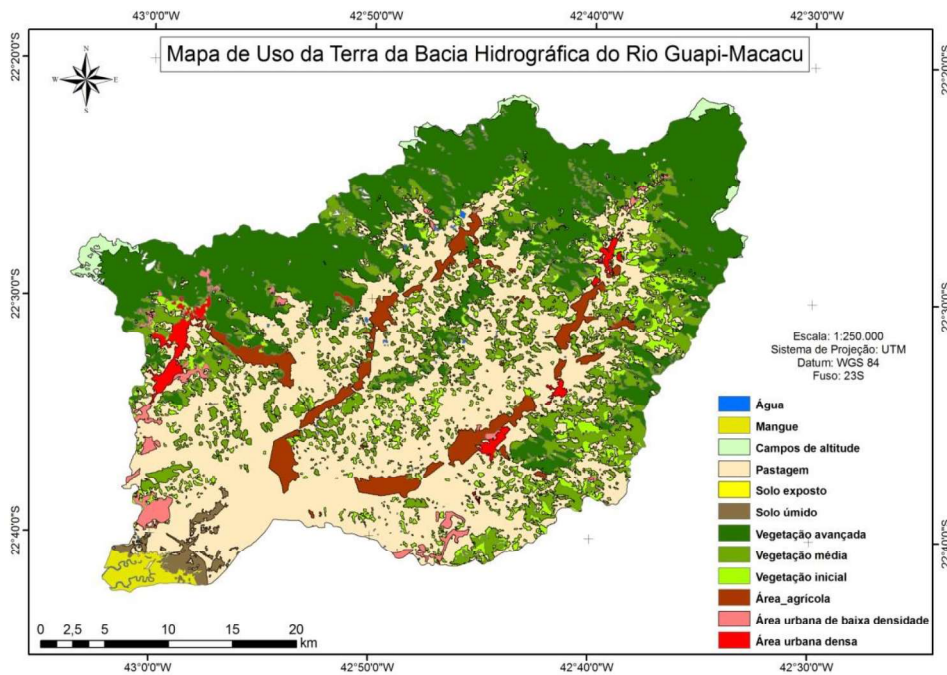


Fig. 2 - Mapa de uso da Terra – BHRGM (dados de 2007). Adpatado do Geoportal Embrapa

## 2.9 Vegetação inicial

“Fisionomia herbácea/arbustiva, cobertura aberta ou fechada, com a presença de espécies heliófitas; plantas lenhosas, altura de até 5 metros e idade entre 0 e 10 anos” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 12).

## 2.10 Vegetação Média

“Fisionomia arbustiva/arbórea, cobertura fechada com início de diferenciação em estratos

e altura média das árvores variando de 5 a 12m e idade entre 11 e 25 anos” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 11).

## 2.11 Vegetação Avançada

“Fisionomia arbórea, cobertura fechada formando um dossel relativamente uniforme no porte, árvores com altura superior a 20 metros e idade acima de 25 anos” (PEDREIRA *et al.*, 2007: p. 10).

## 2.12 Água

“Presença de corpos d’água” (PEDREIRA *et al.*, 2009: p. 32).

## 3. METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta consiste nas seguintes etapas: (a) seleção de dados de entrada; (b) cálculo e geração dos mapas de albedo de superfície; (c) recorte do mapa de albedo por tipos de uso e cobertura da Terra; (d) detecção de observações anormais (*outliers*); (e) análise por tipo de uso e cobertura; e (f) análise por faixas de valores de albedo.

### 3.1 Seleção de dados de entrada

O primeiro dado requerido consiste no conjunto de imagens de satélites que cobrem a região de estudo para cálculo do mapa de albedo de superfície. Neste trabalho foram utilizadas imagens Landsat 5-TM, órbitas 217, ponto 76, disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Para que os valores de albedo sejam corretamente calculados, é importante selecionar imagens com baixa cobertura de nuvens. Neste trabalho foram descartadas imagens com cobertura de nuvens superior a 20%.

O segundo dado requerido consiste no modelo digital de elevação (MDE), também necessário para a geração do mapa de albedo de superfície. Neste trabalho, utilizou-se o MDE originário do sensor ASTER.

O terceiro dado requerido consiste em um arquivo digital contendo os limites de cada classe de uso e cobertura da Terra a fim de executar a terceira etapa da metodologia. Neste trabalho, utilizou-se o mapa de uso e cobertura disponibilizado no Geoportal da EMBRAPA, elaborado para a área de estudo a partir de imagens obtidas em agosto de 2007 escala 1:80.000.

Para avaliar a influência sazonal do albedo de superfície, foram selecionadas imagens geradas ao longo desse ano, considerando como premissa que não houve alteração no uso do solo ao longo de 2007. Imagens dos anos anteriores e posteriores não foram avaliadas,

pois não haveria meios de verificar as alterações no uso do solo na região.

### 3.2 Cálculo do albedo de superfície e geração dos mapas

Para obtenção das amostras de valores de albedo por tipos de uso e cobertura da Terra, primeiramente tem-se que calcular o albedo de superfície para toda a área da bacia selecionada. Para esta etapa foi empregado o algoritmo SEBAL, com base em imagens Landsat 5-TM e dados ASTER.

Para estimar o albedo através deste algoritmo, são necessárias 5 etapas descritas nos tópicos a seguir:

#### 3.2.1 Calibração Radiométrica

Calibração radiométrica é entendida como um processo que aplica conversão do número digital em radiância espectral monocromática  $L\lambda_i$ . Nesse trabalho foram empregadas imagens do satélite Landsat 5-TM, sendo esta aplicada individualmente para as bandas refletivas (canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7). O canal 6 não é empregado, pois, os valores obtidos para essa banda representam a energia emitida por unidade de pixel e não energia refletida. O cálculo da calibração radiométrica pode ser obtido através da equação 1, proposta por (MARKHAM & BARKER, 1987).

$$L\lambda_i = a_i + (b_i - a_i) / 255 \times ND \quad (1)$$

onde,

$L\lambda_i$  é a radiância solar monocromática de cada banda;

$i$  corresponde a cada um dos canais correspondentes às bandas do sensor TM/LANDSAT;  $a_i$  é o coeficiente de calibração – radiância mínima de cada banda (Tabela 2);

$b_i$  é o coeficiente de calibração – radiância máxima de cada banda (Tabela 2);

255 corresponde à escala máxima de valores digitais de imagens de 8 bits (0-255);

ND é o número digital de cada banda.

Os coeficientes de calibração utilizados nesta etapa e na do cálculo da reflectância, foram extraídos de Barros (2012).

Tabela 2: Coeficientes de calibração radiométrica

Descrição das bandas	Coeficientes de calibração (W. m <sup>-2</sup> . Sr <sup>-1</sup> . μm <sup>-1</sup> )		Irradiância espectral (W. m <sup>-2</sup> . Sr <sup>-1</sup> . μm <sup>-1</sup> ) K <sub>λi</sub>
	a <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	
1 (azul)	-1,52	193	1957
2 (verde)	-2,84	365	1826
3 (vermelho)	-1,17	264	1554
4 (IV próximo)	-1,51	221	1036
5 (IV médio)	-0,37	30,2	215
6 (IV termal)	1,2378	15,303	-
7 (IV médio)	-0,15	16,5	80,67

### 3.2.2 Cálculo da Refletância

Esta etapa tem por objetivo quantificar a capacidade de um dado alvo refletir a radiação solar incidente sobre si, através do cálculo da refletância. O mesmo pode ser obtido através da equação 2 proposta por Allen *et al.*, (2002).

$$P_{\lambda i} = (\pi \times L_{\lambda i}) / (K_{\lambda i} \times \cos Z \times dr) \quad (2)$$

onde,

$P_{\lambda i}$  é a refletância monocromática para as bandas de 1 a 5 e 7.

$L_{\lambda i}$  é a irradiância solar monocromática de cada banda, obtida na primeira etapa do algoritmo;

$K_{\lambda i}$  é a irradiância solar monocromática de cada banda no topo da atmosfera (coeficientes de calibração – Tabela 2);

$Z$  é o ângulo zenital solar em radianos e;

$dr$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol ( $r$ ) em determinado dia do ano.

Para obtenção de do valor de  $dr$ , Tasumi (2003) descreve a equação 3:

$$dr = 1 + 0,033 \times \cos(DJ \times 2\pi / 365) \quad (3)$$

onde,

DJ é o dia sequencial do ano.

### 3.2.3 Cálculo do Albedo Planetário

O albedo planetário  $\alpha_{toa}$  representa o albedo não ajustado à transmissividade atmosférica. Seu cálculo consiste na combinação linear das refletâncias monocromáticas das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. De acordo com Bastiaanssen (1995)  $\alpha_{toa}$  pode ser calculado através da equação 4:

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad (4)$$

onde,

$\alpha_{toa}$  é o albedo no topo da atmosfera;

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_5$  e  $\rho_7$  são as refletâncias monocromáticas das respectivas bandas.

### 3.2.4 Cálculo da Transmissividade Atmosférica

A transmissividade atmosférica é definida como a fração de radiação incidente no topo da atmosfera e representa os efeitos atmosféricos de absorção e espalhamento. Pode ser obtida com base na equação definida por Allen *et al.*, (2002) a qual demanda valores de altitude. Por essa razão, é necessário dispor de um modelo digital de elevação (MDE) para a região avaliada. A equação 5 dispõe do cômputo da transmissividade.

$$t_{oc} = 0,75 + (2 \times 10^{-5}) \times Z \quad (5)$$

onde,

$t_{oc}$  representa a transmissividade no topo da atmosfera e;

$Z$  nesse caso representa a altitude de cada pixel em metros (MDE).

### 3.2.5 Cálculo do Albedo de Superfície

O albedo de superfície ( $\alpha$ ) pode ser calculado através da equação 6:

$$\alpha = \alpha_{toa} - \alpha_a / t_{oc}^2 \quad (6)$$

onde,

$\alpha_{toa}$  é o albedo no topo da atmosfera;

$\alpha_a$  é a radiação solar refletida pela atmosfera.

Para Bastiaanssen (2000) está definida como sendo uma variação de 0,025 e 0,040, sendo recomendado o valor de 0,030 pelo autor e;  $t_{oc}^2$  é transmissividade atmosférica ao quadrado.

### 3.3 Detecções de observações anormais

Uma das análises propostas tem por objetivo avaliar a distribuição dos valores observados em cada amostra. Porém, em cada amostra podem ocorrer valores anormais (*outliers*).

Uma forma de identificar *outliers* baseia-se na definição de intervalos interquartílicos

(IIQ), apresentado por Braga (2005). A principal vantagem de empregar esse método é o fato de ser baseado na frequência dos valores, não restringindo a análise a distribuições normais, supostamente simétricas em torno da média.

Segundo este critério, os limites inferior e superior do intervalo são definidos pelas equações 7 e 8, respectivamente. Os valores de  $Q_1$  e  $Q_3$  são os valores do primeiro e do terceiro quartis da amostra, respectivamente. Os *pixels* cujos valores de albedo estejam fora deste intervalo são descartados da amostra.

$$\text{Limite inferior} = Q_1 - 1,5 (Q_3 - Q_1) \quad (7)$$

$$\text{Limite superior} = Q_3 + 1,5 (Q_3 - Q_1) \quad (8)$$

### **3.4 Variação do albedo de superfície por classe de uso e cobertura terrestre**

Esta análise tem por objetivo descrever as variações dos valores de albedo dentro de uma mesma classe. Esta descrição consiste identificação dos valores mínimos e máximos da amostra, assim como os valores referentes ao primeiro quartil, mediana e terceiro quartil para cada tipologia de uso e cobertura. A divisão em quartis apresenta detalhes da distribuição dos valores de albedo não perceptíveis quando são analisados apenas os valores máximo e mínimo.

Para avaliar a influência sazonal do albedo de superfície, foram analisadas as amostras referentes a mapas de albedo elaborados a partir de 4 (quatro) imagens de satélite referentes ao ano de 2007. Isso se deve ao período do mapeamento que servirá de delimitação para os recortes das classes de uso e cobertura, uma vez que o limite das classes pode variar significativamente ao longo do tempo. Assim, buscou-se avaliar imagens que mantivessem a confiabilidade quanto aos limites das classes de uso e cobertura da Terra.

As imagens foram selecionadas de forma a representar as quatro estações do ano. De acordo com a periodicidade apresentada pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG da USP para o ano de 2007, as imagens selecionadas referem-se às datas de: 23 de fevereiro de 2007 representativa para a estação de verão, 12 de abril de 2007

representativa da estação de outono, 02 de agosto de 2007 representativa para a estação de inverno e 05 de outubro de 2007 representativa para a estação da primavera.

As variações sazonais serão avaliadas pela comparação das similaridades observadas entre as distribuições dos valores de albedo (mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil e máximo) obtidos a partir de cada imagem empregada, aplicando a métrica do cosseno (Equação 9).

$$\text{sim}(A, B) = \frac{(A \cdot B)}{\|A\| \|B\|} \quad (9)$$

### **3.5 Distribuição das classes por valores de albedo de superfície**

O primeiro passo para análise da distribuição dos valores de albedo de superfície, consiste na discretização do intervalo de albedo. Neste trabalho, os valores de albedo foram agrupados em intervalos de 1%. Definido o intervalo, são calculadas as frequências absolutas dos valores de albedo em cada classe, ou seja, quantos pixels da amostra apresentam valor de albedo de superfície em cada intervalo de 1% (como em um histograma).

O segundo passo é o cálculo das frequências relativas, dividindo os valores das frequências absolutas pelo tamanho total da amostra. Este passo tem como objetivo eliminar a influência do tamanho das amostras quando houver comparações entre classes. Usando o mesmo exemplo, na amostra referente à classe A, de tamanho  $m$ ,  $n$  pixels pertencem ao intervalo considerado. Portanto, a frequência relativa é dada por  $n/m \times 100\%$ .

O terceiro passo é a identificação de predominâncias de classes em cada intervalo com base nas frequências relativas. Por exemplo, se em um dado intervalo a frequência relativa da classe A é de 90% e a da classe B é de 30%, a chance de o pixel pertencer à classe A é 3 vezes maior que a chance de pertencer à classe B ( $90 \div 30$ ) e, portanto, a classe A predomina sobre a classe B no intervalo considerado.

Esses valores são normalizados (soma igual a 100%) para fins de compatibilização de ordens de grandeza. As classes são então

elencadas com base no valor normalizado, dispostas em ordem decrescente até atingir a soma de 80%. Esse valor foi arbitrado por causa do princípio de Pareto, mas pode ser ampliado ou reduzido. Utilizando o exemplo anterior, a frequência relativa da primeira amostra é 3 vezes maior que a da segunda, mas a soma deve ser normalizada a 100%. Logo, o valor normalizado de cada amostra é

$$N_1 = \frac{90\%}{90\% + 30\%} = 75\%$$

$$N_2 = \frac{30\%}{90\% + 30\%} = 25\%$$

Com relação à análise das predominâncias entre as classes, para casos em que classes distintas apresentam valores percentuais muito próximos, estabeleceu-se um critério de empate entre essas classes. Para este trabalho, arbitrou-se como limiar uma variação de 1% para mais ou para menos para alocação de classes concorrentes na mesma posição no *ranking*. Desta forma, haverá intervalos de albedo em que mais de uma classe sejam candidatas com mesma chance, para qualquer que seja sua posição neste *ranking*.

Ao final deste processo, atribui-se a cada intervalo uma lista de classes em ordem decrescente de probabilidade de ocorrência.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste item serão apresentados os resultados da aplicação da metodologia proposta na seção 3 aos dados obtidos nas datas constantes da Tabela 3.

Para cada imagem foram gerados os respectivos mapas de albedo e os recortes das amostras com base nos limites das classes de uso e cobertura, assim como foram identificados e eliminados os valores anormais em cada amostra.

Tabela 3: Percentuais de cobertura de nuvens sobre as imagens selecionadas

Número	Data da imagem	Cobertura de nuvens (%)
1	23/fev/07	4,00
2	12/abr/07	2,01
3	02/ago/07	18,00
4	05/out/07	15,00

#### 4.1 Variações do albedo de superfície por classe de uso e cobertura terrestre

As tabelas 4 a 7 apresentam as estatísticas de albedo obtidas a partir do processamento das imagens listadas na Tabela 3. Da segunda à sexta linha são representados, respectivamente, o valor mínimo, o primeiro quartil (Q1), a mediana, o terceiro quartil (Q3) e o valor máximo observado. Cada coluna representa uma classe, cujas abreviações estão elencadas na Tabela 1.

O primeiro ponto a ser observado é a heterogeneidade das distribuições dos valores observados em cada classe. Em geral os valores estão concentrados nos intervalos centrais e as faixas não são simétricas.

Tabela 4: Estatísticas obtidas para a imagem de fevereiro de 2007

	C P A	V A V	M A N	S U M	A G U	V M D	V I N	A F L	U R B D	A G R	U R D	P S T	S E X
Mín	1	4	7	7	5	6	7	7	9	11	9	7	8
Q1	8	9	11	11	8	11	12	12	14	16	15	14	13
Med	10	11	11	13	10	13	14	13	15	17	17	15	15
Q3	13	12	12	15	13	14	15	14	17	19	18	17	17
Máx	20	16	14	19	21	18	18	18	20	22	23	22	22

Tabela 5: Estatísticas obtidas para a imagem de abril de 2007

	C P A	V A V	M A N	S U M	A G U	V M D	V I N	A F L	U R B D	A G R	U R D	P S T	S E X
Mín	2	2	8	8	5	5	7	5	9	10	9	10	8
Q1	8	9	11	12	8	11	12	12	14	16	15	15	13
Med	11	11	11	13	11	13	14	14	15	17	17	16	16
Q3	17	12	12	15	14	15	15	15	16	18	18	17	18
Máx	56	17	14	20	22	19	19	22	20	22	23	20	24

Tabela 6: Estatísticas obtidas para a imagem de agosto de 2007

	C P A	V A V	M A N	S U M	A G U	V M D	V I N	A F L	U R B D	A G R	U R D	P S T	S E X
Mín	1	1	8	8	6	4	5	4	8	11	8	6	6
Q1	5	8	11	12	11	10	12	11	13	15	14	13	13
Med	9	10	11	13	12	13	13	13	15	17	16	15	16
Q3	13	12	12	14	16	14	15	15	16	18	17	17	19
Máx	21	17	13	16	23	19	19	20	19	21	21	22	26



Tabela 7: Estatísticas obtidas para a imagem de outubro de 2007

	C P A	V A V	M A N	S U M	A G U	V M D	V I N	A F L	U R B D	A G R	U R D	P S T	S E X
Min	5	7	10	9	8	9	10	10	11	12	12	10	11
Q1	11	11	12	14	11	13	14	13	16	18	17	16	15
Med	12	13	13	15	13	14	15	14	17	19	18	18	17
Q3	14	14	13	18	16	15	16	15	18	20	20	19	20
Máx	17	16	14	22	22	18	18	17	21	24	23	23	26

Com base nos valores das tabelas mencionadas, o segundo ponto observado é a ocorrência de maiores valores de mediana de albedo nas feições antrópicas. Isso é esperado pois, de forma geral, o grupo de origem tipicamente antrópica é composto por classes com maior capacidade de reflectância, se comparadas ao conjunto de classes de origem natural.

Seus resultados estão relacionados diretamente com o fator colaborativo de cada classe para a variação de temperatura de superfície, corroborando com o fato que classes com características antrópicas possuem menores saldos de radiação de energia e maiores temperaturas de superfície, fato este sentido tipicamente em áreas com coberturas desta natureza, pois, uma parcela da energia refletida por estes alvos são convertidas calor sensível, enquanto que, classes com menores respostas de albedo, ou seja, que apresentam ocorrências nas menores faixas de albedo de superfície, fato este observado entre as classes de origem tipicamente natural, colaborando para maiores saldos de radiação de energia e, conseqüentemente, para temperaturas mais amenas em superfície.

O terceiro ponto observado é a sobreposição entre faixas de valores entre as classes analisadas, o que não proporciona a associação de uma única classe de uso e cobertura da Terra a um determinado valor de albedo e sim, quais as classes que ocorrem no dado intervalo. Em especial, deseja-se destacar um intervalo de valores de albedo que podem pertencer a todas as classes, doravante denominado *intervalo de transição*.

O quarto ponto observado diz respeito à avaliação da sazonalidade, com base nos valores de similaridade entre as distribuições para cada tipo de uso e cobertura dispostos na Tabela 8. As linhas indicam as classes analisadas e cada coluna refere-se ao par de amostras comparado,

Sendo assim, observam-se classes que

Tabela 8: Similaridades observadas entre as distribuições

	Fev- Abr	Fev- Ago	Fev- Out	Abr- Ago	Abr- Out	Ago- Out
CPA	0.931	0.992	0.975	0.955	0.848	0.948
VAV	0.996	0.961	0.993	0.974	0.979	0.926
MAN	0.999	0.998	0.995	0.999	0.997	0.999
SUM	0.999	0.995	0.999	0.995	0.999	0.997
AGU	1.000	0.997	0.993	0.997	0.992	0.997
VMD	0.999	0.996	0.995	0.999	0.990	0.983
VIN	1.000	0.997	0.996	0.998	0.994	0.986
AFL	0.994	0.993	0.994	0.998	0.976	0.977
URBD	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.998
AGR	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000
URD	1.000	1.000	0.997	1.000	0.997	0.997
PST	0.994	0.999	0.997	0.990	0.999	0.995
SEX	1.000	0.996	0.999	0.998	0.998	0.993

mantém o mesmo padrão de distribuição de valores de albedo ao longo do ano como, por exemplo, as classes AGR, URBD e URD. Em contrapartida, há classes em que a variação sazonal do valor do albedo é mais perceptível, como CPA, VAV e AFL.

O quarto ponto observado é a metodologia para definição de *outliers*, que não foi capaz de eliminar dados influenciados por nuvens ao longo da amostra. Mesmo selecionando imagens com baixas coberturas de nuvens, a concentração dessas nuvens em áreas de altitude influenciou os valores de albedo, aumentando a parcela da amostra com valores altos.

#### 4.2 Distribuição das classes por valores de albedo de superfície

A segunda análise tem por objetivo identificar, para um dado intervalo de valor de albedo, as classes mais prováveis de ocorrência dentre todas as demais. Os intervalos adotados neste trabalho foram de 1%.

Nas tabelas numeradas de 9 a 12, as linhas representam os intervalos de valores de albedo analisados. As colunas representam as diferentes classes existentes na área de estudo e estão representadas pelas abreviaturas contidas na Tabela 1. Os valores foram obtidos após a normalização das frequências relativas calculadas para cada intervalo e representam a probabilidade de ocorrer a respectiva classe no respectivo intervalo, em relação às demais classes consideradas na análise.

Para destacar os maiores valores em cada intervalo nas tabelas de 9 a 12, essas células receberam cores. Os valores destacados na tonalidade verde escuro indicam que há maior chance de associação entre a classe indicada na coluna e o intervalo de valores de albedo indicado pela linha, ou seja, aquela classe predomina sobre as demais. A tonalidade média de verde foi empregada para destacar as classes que apresentam o segundo maior valor para predominância. As demais classes com menor predominância são destacadas em tonalidade verde claro, até que a soma dos valores destacados nas três tonalidades de verde atinja 80% de toda a amostra, para um dado valor de albedo. A atribuição de cores

considera que os valores cuja diferença é menor ou igual a 1% possuem a mesma predominância e, portanto, recebem a mesma cor.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para a imagem de 23 de fevereiro de 2007. É possível perceber que classes de origem tipicamente natural, como: CPA, AGU, VAV e MAN predominam entre si e em relação às demais, concentradas nas faixas de menores valores de albedo de superfície, ocupando a primeira posição no *ranking* de predominâncias. Já na faixa de transição, nesta imagem definido pelos valores de albedo entre 11% e 13%, predominam as classes de origem tipicamente natural, com exceção a classe PST de origem antrópica.

Tabela 9: Predominância entre classes para a imagem de 23 de fevereiro de 2007

Albedo (%)	CPA	AGU	VAV	MAN	AFL	VIN	PST	URBD	AGR	URD	VMD	SUM	SEX
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	31,565	58,3711	10,0639	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	26,5646	61,5498	11,8856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	33,6449	48,0738	17,4799	0	0	0	0	0	0	0	0,8013	0	0
7	30,1797	41,4772	17,8096	0,6524	6,3344	0,3593	0,5694	0	0	0	1,5357	1,0823	0
8	28,8179	30,6697	22,8613	2,6912	4,5202	0,9586	1,2977	0	0	0	3,7536	4,1291	0,3006
9	24,0238	23,2879	24,0771	4,8023	3,7943	2,5955	2,771	0,4338	0	0,2896	7,6651	5,4323	0,8273
10	13,1651	13,2704	19,3797	19,9553	3,6637	4,6671	4,1256	0,9578	0	0,5308	9,9335	8,0427	2,3081
11	7,9704	6,1269	12,3659	30,6538	5,9722	5,6646	4,5301	1,4609	0,3732	0,7147	8,9706	12,2254	2,9713
12	8,1742	4,1758	10,565	15,7403	12,1788	8,5851	7,0477	2,5757	0,8239	1,4148	10,4965	12,4927	5,7295
13	6,5335	4,2867	7,8437	8,2444	13,6493	11,8559	11,2702	5,0977	1,5184	2,7862	11,9709	8,7721	6,1709
14	3,999	4,9233	4,7445	0	13,4357	13,5982	13,2115	10,8686	3,1168	5,3853	11,3487	7,1535	8,2148
15	2,9706	5,4255	2,6729	0	9,5919	13,9555	0	17,5073	6,9845	10,7375	9,5045	9,3988	11,251
16	1,8562	3,1481	1,13	0	5,871	8,247	12,6445	15,8394	12,7754	13,5573	4,885	7,9186	12,1275
17	1,37	2,8648	0	0	3,1526	4,9316	13,0443	13,2476	21,5901	16,5973	2,9085	5,8805	14,4128
18	1,4553	2,8037	0	0	1,8418	3,5521	10,0901	12,5887	30,0985	20,6759	2,1252	1,4222	13,3466
19	2,4945	2,9424	0	0	0	0	7,6844	12,2164	35,2124	25,7713	0	0,4136	13,2651
20	2,7839	3,2241	0	0	0	0	5,5825	11,9201	32,3081	30,9101	0	0	13,2711
21	0	3,8676	0	0	0	0	4,5517	0	34,4954	35,8589	0	0	21,2264
22	0	0	0	0	0	0	4,0729	0	40,3587	39,9455	0	0	15,6229
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0

Em contrapartida, classes com características de origem antrópica, como PST, URBD, URD, AGR e SEX (ver Tabela 1) predominam nas faixas de maiores valores de albedo.

Observando os dados contidos nas tabelas 10, 11 e 12 que contém, respectivamente, os resultados obtidos a partir do processamento das imagens de 12 de Abril de 2007, 02 de Agosto de 2007 e de 05 de Outubro de 2007 é possível observar que:

a) intervalos de transição oscilam ao longo do ano, de modo que o valor mínimo oscila entre 10% e

12%, enquanto o valor máximo oscila entre 13% e 14% de albedo de superfície;

b) apesar de não ser possível associar de forma inequívoca os valores de albedo às respectivas classes de uso e cobertura da Terra, é possível identificar classes mais prováveis;

c) é possível identificar a variação de valores entre dois grupos de classes, aqueles com característica de origem natural, o qual as classes tendem a predominar nas menores faixas de valores de albedo e aquelas com característica tipicamente antrópica que tendem a predominar entre as

maiores faixas de valores de albedo.

d) há grupos de classes com probabilidades próximas de ocorrência por valor de albedo, revezando-se no ranking ou empatando entre si

(diferença de probabilidade menor ou igual a 1%). Como exemplos existentes na Tabela 8, podem ser citadas as classes CPA e AGU, assim como AGR e URD.

Tabela 10: Predominância entre classes para a imagem de 12 de abril de 2007

Albedo (%)	CPA	AGU	VAV	MAN	SUM	AFL	VIN	URBD	PST	AGR	URD	SEX	VMD
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	98,8756	0	1,1244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	84,4723	0	15,5277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	73,507	0	26,493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	41,4691	33,173	17,497	0	0	6,2211	0	0	0	0	0	0	1,6398
6	27,295	45,3268	18,3069	0	0	6,1018	0	0	0	0	0	0	2,9695
7	27,76	30,2438	25,7598	0	0	9,1907	1,1819	0	0	0	0	0	5,8637
8	21,6099	31,6347	25,8648	1,37	1,9798	6,3084	2,4847	0	0	0	0	0,8634	7,8845
9	19,6028	21,5581	25,6227	3,7244	3,5777	6,0809	4,7719	0,7983	0	0	0,4587	2,4686	11,3359
10	9,7045	14,6567	20,5661	15,1036	5,6225	6,5717	7,0656	1,3183	2,5473	0,883	0,767	2,847	12,3468
11	4,1519	7,2826	12,0195	33,5764	10,2377	5,933	6,6726	1,9484	2,6222	1,0965	0,9319	4,3453	9,182
12	4,0271	6,097	10,2392	19,007	15,8198	8,4907	8,7737	3,561	4,0306	1,7152	1,7144	5,0676	10,5568
13	4,976	6,0571	8,1644	9,8905	12,8423	12,018	11,8569	7,3466	1,1921	2,7863	3,5903	7,4656	11,8138
14	3,8044	4,6101	5,2103	5,0576	8,0587	11,632	13,1936	13,2398	5,3864	4,2424	6,2109	7,9464	11,4072
15	2,819	4,4692	2,752	0	6,401	9,784	11,8204	15,5807	13,3961	7,1737	9,3739	7,6322	8,7979
16	2,4048	3,631	1,3769	0	6,0874	7,8197	8,6925	14,0278	16,2378	12,2833	12,8373	9,1645	5,4371
17	1,7725	4,0066	0,7349	0	6,0616	6,7527	5,6336	10,2981	16,9574	17,2963	14,9408	12,3016	3,2438
18	1,7667	3,4359	0	0	7,6692	3,2827	3,9053	8,6343	16,2721	21,3588	17,022	14,6993	1,9536
19	2,6605	2,4294	0	0	5,549	2,6577	2,5216	7,9371	13,8465	23,2536	20,7294	16,9186	1,4967
20	4,0398	2,7308	0	0	1,1882	2,1659	0	7,9529	10,3189	30,2845	24,5499	16,7691	0
21	7,6423	2,1775	0	0	0	4,5114	0	0	0	35,2953	32,5454	17,8281	0
22	9,536	4,2755	0	0	0	6,0284	0	0	0	34,3668	34,1249	11,6684	0
23	25,1121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,4714	25,4166	0
24	44,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53,4	0
25	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 11: Predominância entre classes para a imagem de 02 de agosto de 2007

Albedo (%)	CPA	VAV	MAN	SUM	URBD	AGR	SEX	URD	PST	VIN	VMD	AGU	AFL
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	92,5159	7,4841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	99,6163	0,3837	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	91,2051	8,7949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	47,427	34,6876	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3782	0	14,5072
5	48,4048	32,6086	0	0	0	0	0	0	0,6949	7,4395	0	10,8523	0
6	29,7314	27,968	0	0	0	0	0,9319	0	0,9729	2,164	7,2102	23,8181	7,2034
7	26,5989	36,6691	0	0	0	0	3,5066	0	2,3155	4,6215	10,4692	7,4686	8,3506
8	18,6984	31,918	3,0413	0,5222	0,7275	0	3,1606	0,7094	3,4435	6,993	11,5681	10,8894	8,3286
9	12,9967	25,4328	6,1575	1,0298	2,0253	0	3,8354	1,1191	4,42	8,7757	12,8097	11,965	9,433
10	8,971	17,5651	13,2002	5,116	2,299	0	5,239	1,206	4,749	9,268	12,6413	8,9369	10,8085
11	5,3193	8,5558	30,4088	9,6436	2,4558	0,691	3,832	1,397	3,7066	6,7726	8,3404	11,8957	6,9812
12	5,4065	6,531	21,3219	18,2568	4,2764	1,1976	4,6448	2,7081	4,5175	7,4798	8,3863	7,0061	8,2672
13	6,4189	5,2817	7,9449	16,0159	9,0913	2,5415	5,9905	5,8973	6,3261	10,0368	10,1236	4,4784	9,8531
14	5,2155	3,5863	0	10,6938	13,9375	4,9196	6,887	9,9863	8,0807	11,6391	10,2953	5,2034	9,5555
15	3,1951	2,0326	0	7,6275	15,2726	8,9635	7,0464	13,4718	9,6597	10,464	7,793	6,6893	7,7846
16	2,0704	1,2053	0	4,9698	14,2133	15,489	8,2718	14,3432	12,007	8,544	5,3455	7,3172	6,2236
17	1,4822	0,7634	0	0	10,7395	23,1944	11,5573	14,8031	14,5851	6,0211	3,3383	7,8876	5,628
18	1,1255	0	0	0	8,5113	29,4656	9,8411	15,6992	14,8436	4,1974	2,1726	8,8773	5,2663
19	0,8926	0	0	0	6,4717	26,4274	22,359	15,1824	13,7266	2,9867	1,5969	7,5634	2,7932
20	0,5198	0	0	0	0	23,2221	27,2679	20,0415	15,8933	0	0	8,0808	4,9746
21	0,1256	0	0	0	0	19,4805	39,5338	20,9313	14,2138	0	0	5,715	0
22	0	0	0	0	0	0	76,6567	0	11,4795	0	0	11,8638	0
23	0	0	0	0	0	0	88,8663	0	0	0	0	11,1337	0
24	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0

Tabela 12: Predominância entre classes para a imagem de 05 de outubro de 2007

Albedo (%)	CPA	AGU	VAV	MAN	AFL	VIN	URBD	URD	AGR	SEX	PST	VMD	SUM
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	84,3181	0	15,6819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	30,3014	61,6493	8,0494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	39,115	39,0517	20,0127	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7567	0,0639
10	27,7795	36,6255	22,6517	0,6986	4,7347	0,5233	0	0	0	0	0,1849	3,4071	3,3947
11	26,2183	25,2102	24,9432	3,1413	5,4022	1,783	0,0854	0	0	0,477	0,4088	6,5719	5,7588
12	16,7193	12,7324	17,8479	23,1085	5,0735	4,3892	0,3852	0,1856	0,0319	2,1047	0,8752	9,898	6,6487
13	9,4839	4,8755	14,2501	30,6559	11,525	6,8898	1,0439	0,4248	0,1627	3,073	1,4047	10,7487	5,462
14	9,3896	3,6481	10,1809	10,5982	16,6288	12,718	2,5812	1,1019	0,6657	5,9493	3,0797	13,9009	9,5576
15	5,228	5,672	5,852	0	16,0578	16,6142	6,6459	3,1212	1,9437	8,1699	6,1937	13,6667	10,8349
16	2,4298	6,7269	2,4913	0	9,5476	15,1758	14,9578	7,6368	5,3874	8,8055	10,4186	8,9326	7,4899
17	0,6859	5,5716	0	0	2,6548	8,9084	20,4194	13,7098	10,5473	9,7982	14,3117	4,7626	8,6303
18	0	4,2334	0	0	0,3648	4,8585	18,3015	18,3087	15,6796	9,9844	16,2972	2,9122	9,0598
19	0	3,8687	0	0	0	0	14,4093	19,6936	21,01	12,0052	18,5894	0	10,4237
20	0	3,4168	0	0	0	0	9,9458	21,1266	26,5676	12,4299	17,7744	0	8,7388
21	0	2,2602	0	0	0	0	7,92	23,494	28,2359	21,8844	13,2804	0	2,9251
22	0	2,7826	0	0	0	0	0	28,8598	36,0555	24,2049	7,1114	0	0,9859
23	0	0	0	0	0	0	0	28,9692	44,7082	21,1085	5,2141	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	64,5833	35,4167	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs-se a analisar a variação dos valores de albedo de superfície observados em diferentes tipologias de uso e cobertura da Terra na região da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ.

A análise foi dividida em duas vertentes: a primeira avaliou as estatísticas dos valores de albedo organizados por tipo de uso e cobertura do solo; a segunda avaliou quais classes de ocorrência predominante em determinadas de valores de albedo.

A partir dos valores de albedo de superfície calculados e de um mapa de uso e cobertura do solo, foram identificados os valores que ocorreram em cada tipo de uso e cobertura terrestre, sendo observadas:

- a heterogeneidade das distribuições dos valores observados em cada classe;
- a ocorrência de maiores valores de mediana de albedo nas feições antrópicas;
- a sobreposição entre faixas de valores entre as classes analisadas
- a ocorrência de diferentes padrões de distribuição de valores de albedo ao longo do ano entre as classes;

Analisando o conjunto de tabelas das predominâncias apresentadas, observou-se

faixas de valores com alta predominância de um único tipo de uso e cobertura enquanto em outras foi possível identificar vários tipos com probabilidade de ocorrência próximas. Também foi possível observar a influência das características dos alvos, tais como tonalidade, rugosidade, presença ou ausência de cobertura vegetal, concentração de matéria orgânica, dentre outras. Essas características são determinantes para a capacidade de reflectância do alvo, o que pode colaborar para a compreensão do comportamento observado entre as classes analisadas.

Dentre as contribuições e aplicações deste trabalho, destaca-se a possibilidade de utilização desta metodologia para gerar insumos adicionais na classificação não supervisionada, combinando o mapa de albedo com outras bandas de imagens orbitais. Outra aplicação possível é o monitoramento das mudanças na cobertura terrestre com base nas variações do albedo, servindo como indicador dos usos e coberturas que podem contribuir de forma positiva ou negativa para o balanço de energia de superfície.

## 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, 97 p. 2002.
- BASTIAANSEN, W. G. M. **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 Bibliotheek, Den Haag. 272 p. 1995.
- BASTIAANSEN, W. G. M. Sebal based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v.229, p. 87-100, 2000.
- BARROS, V. R., 2012. **Avaliação da Evapotranspiração Utilizando o Algoritmo SEBAL e imagens Landsat5-TM- Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha, RJ**. 159 p. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/COPPE, 2012.
- BERGALLO, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; ROCHA, C. F. D.; UZÊDA, M. C.; COSTA, M. B.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V.; SANTOS, M. A.; COSTA, T. C. C.; COZZOLINO, A. C. R. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 344 p, 2009.
- BOWKER, E.D., DAVIS R.E., MYRICK, K.L., STACY, K. & JONES, W.T. **Spectral Reflectances of Natural Targets for use in Remote Sensing Studies**. NASA Reference Publication 1139, Scientific and Technical Information Branch. 184 p, 1985.
- BRAGA, L. P. V. **Introdução à mineração de dados**, 2ª edição: edição ampliada e revisada. Editora E-papers, 212 p, 2005.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição, São Paulo: Edgard Blücher, 188 p, 1980.
- CIDE. **Mapa de uso e cobertura do solo: Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CIDE, 2003. Escala 1:50.000.
- GIONGO, P. R. **Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural, 2008. 92 f. Il.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (RJ). **Mapa de unidades de conservação: estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IEF-RJ, 2002.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. **Radiometric properties of U.S. processed LANDSAT MSS data**. *Remote Sensing of Environment*, 22(1): 37-71, 1987.
- NOVAS, M. F. B. **Mapeamento das Estimativas do Saldo de Radiação e Índices de Vegetação em Área do Estado de Alagoas com Base em Sensores Remotos**. Dissertação de Mestrado, UFAL, Maceió, AL, Brasil, 158 p, 2008.
- PEDREIRA, B. C. C. G.; ABREU, M. B.; FIDALGO, E. C. C. **Proposta de legenda para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Macacu, RJ** – Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 91). Modo de acesso: <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>
- PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; FADUL, M. J. A.; BASTOS, E. C. ; SILVA, S. A.; ZAINER, N. G.; PELUZO, J. **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Guapi-Macacu e Caceribu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 65 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 136).
- TASUMI, M. **Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery**. 2003. 355 p. Thesis, Dept. Biological and Agricultural Engineering - University of Idaho (USA), 2003.