

Utilizzo di immagini quickbird-2 nella classificazione di tipologie forestali nel sud del Brasile

Vagner Alex PESCK (*), Attilio Antonio DISPERATI *(*in memoriam*),
Juliana DISPERATI (**), João Roberto dos SANTOS (***)

(*) UNICENTRO, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia Florestal PR-153. Km 7, Bairro: Riozinho, 84.500-000, Irati, Paraná, Brasil, email: vagneralex@yahoo.com.br
(**) Libero professionista, email: juliana.disperati@google.com

(***) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Departamento de Sensoriamento Remoto Av. dos Astronautas, 1758, São José dos Campos, SP, 12.227-010, Brazil, email: jroberto@dsr.inpe.br

Abstract

The main purpose of this study is to map the crowns of *Araucaria angustifolia* in a Quickbird-2 image using the classification object oriented technique. The study area is located in fragment of Araucaria forest located on National Forest of Irati – PR- Brazil. The object-oriented classification, was made using the composition 4R3G2B, it was tested the algorithm *K nearest neighbor* with a supervised classification and a classification based on *fuzzy logic* rules. The image Quickbird-2 was efficient for the identification of the species *Araucaria angustifolia* tested in both classifications.

1. Introduzione

La Foresta Ombrofila Mista (FOM) anche conosciuta come Foresta di Araucaria è considerata una parte dominante della Foresta Atlantica, si trova prevalentemente nella regione sud del Brasile, originariamente occupava circa 185.000 Km² estesa nella regione sudovest. Attualmente, a causa dello sfruttamento del suo legno e dello sviluppo economico derivato dalla occupazione delle terre con elevato potenziale agricolo e di allevamento nella regione sud, si è verificata una drastica riduzione di questa tipologia forestale, rimanendo attualmente 5% dell'area iniziale, con meno dell'1% di foresta considerata di formazione primaria. Il Ministero dell'Ambiente (MMA) realizza studi finalizzati a valutare la situazione delle foreste rimanenti e creare alcune "unità di conservazione" con l'obiettivo di mantenere i corridoi ecologici rimasti, recuperare gli ecosistemi di queste foreste devastate, così da minimizzare la condizione critica.

La disponibilità di dati satellitari di elevata risoluzione spaziale ha facilitato gli studi di mappatura e monitoraggio a livello locale di queste tipologie forestali (Dlugoz 2005, Lisboa 2009, Disperati et al, 2010) e all'interno di questo contesto sarà sviluppata questa ricerca. Pertanto, utilizzando le tecniche di classificazione orientata ad oggetto tramite l'algoritmo *K Nearest Neighbor* e la classificazione basata sulla logica *fuzzy* nel trattamento delle immagini Quickbird-2, si dimostra il potenziale di queste immagini nella classificazione e nel delineamento di *Araucaria angustifolia* in un frammento della Foresta Ombrofila Mista (FOM). Si ritiene in questo modo di poter contribuire alla pianificazione e gestione di questa tipologia forestale.

In accordo con la struttura metodologica, si è cercato di delineare le singole chiome o gruppi di Araucarie secondo i principi di Gougeon (1995), Brandtberg (1997), che nei loro studi hanno utilizzato diverse tecniche digitali per una successiva stima del grado di copertura di chiome, densità arborea e composizione delle specie di alberi che occorrono nelle aree considerate. Questi lavori sono stati condotti in foreste pure o miste con conifere. Secondo Warner (et al., 1999), la forma conica delle chiome delle conifere favorisce la delineazione automatica, visto che nelle immagini ad elevata risoluzione le chiome presentano bordi ben distinti e con un punto di riflettanza massima, in genere la cima dell'albero (local maximum). Al contrario, le chiome di latifoglie sono

più complesse per e struttura (tipicamente con molti punti di massimo e con bordi meno distinti) rispetto alle conifere ed a causa di ciò sono più difficili da delinearle automaticamente (WARNER et al., 1999).

2. Materiali e metodi

2.1 Area di studio

L'area di studio è ubicata nella Foresta Nazionale di Irati (FLONA di Irati), coordinate piane fuso 22, N=7.192.900 e E=543.100, localizzate nei comuni di Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, nello Stato del Paraná. L'area ha un'estensione di 3.495 ettari; la FLONA ha ancora il 36% di foresta ombrofila mista primaria, con predominio *Araucaria angustifolia*, il sottobosco è ricco di latifoglie come *Ilex paraguariensis*, *Ocotea porosa*, *Ocotea odorifera*, *Cedrela fissilis*. Per questa ricerca forestale è stato selezionato un settore di 10 ettari, precedentemente georiferito, con dettagliato inventario. Secondo la classificazione climatica di Köppen, la regione presenta clima del tipo Cfb con frequente gelo nella stagione invernale. La temperatura media massima è di 24,2°C e la media minima è di 11,0°C. La media delle precipitazioni mensile è di 194 mm e la media dell'umidità relativa mensile è del 79% (MAZZA, 2006).

2.2 Metodologia

In questa ricerca sono state utilizzate immagini Quickbird-2 nella composizione (4R3G2B) fuse secondo la metodologia dei Principali Componenti (PESCK, 2010). Fotografie aeree aventi scala 1:2000 sono state utilizzate come ausilio nell'identificazione della specie *Araucaria* tra le latifoglie; queste, unite alle informazioni ottenute dai sopralluoghi, hanno contribuito alla definizione dei segmenti di formazione e/o test per la valutazione della performance dei classificatori utilizzati.

Nella figura 1 è possibile osservare il diagramma di flusso delle attività svolte nella classificazione dell'immagine Quickbird-2, il cui procedimento ha previsto la definizione di 4 classi tematiche: *Araucaria*, Latifoglie, agricoltura e ombre.

Sinteticamente è possibile descrivere la metodologia utilizzata in questo modo: durante la segmentazione, a primo livello, è stato utilizzato l'algoritmo "edge based segmentation", con la sola manipolazione del parametro scala.

Quest'algoritmo unisce i pixels adiacenti con le stesse proprietà spettrali, date da:

(a) Simile grandezza: $|kri(x, y) - kri(x_0, y_0)| < T$ per qualsiasi soglia di differenza di grandezza T.

(b) simile orientamento: $|RI(x, y) - RI(x_0, y_0)| < A$ per un limite angolare A.

La quantità di segmenti (oggetti) generati dall'immagine dipende dalla definizione, dal parametro di scala e anche dell'utilizzo opzionale della funzione "merging segments" (secondo livello) contenuto nell'algoritmo utilizzato "Full Lambda-Schedule" (ROBINSON, REDDING AND CRISP; 2002). Nel presente caso i vari livelli di scala sono testati per il primo livello e è stato fissato un valore per il secondo livello. Al termine della fase di segmentazione dell'immagine, sono stati computati tutti gli attributi (spaziali, spettrali, tessitura e motivi di bande) degli oggetti e successivamente sono stati esportati nel software ArcGis 9.3[®], visualizzando il comportamento degli oggetti (segmenti) in relazione ad un determinato attributo, che sono stati spazializzati nell'immagine Quickbird-2.

Per classificare l'immagine Quickbird-2 sono stati adoperati due algoritmi implementati in *Envi Zoo*; uno è una classificazione supervisionata (*K Nearest Neighbor*) e l'altro una classificazione secondo regole via logica (*Fuzzy Membership Functions*). Nella classificazione supervisionata sono stati selezionati dei segmenti prova, basati sulla corrispondenza delle informazioni interpretative delle fotografie aeree e delle informazioni dei sopralluoghi; sono stati ottenuti: 70 campioni per la classe "Araucaria", 55 per la classe "latifoglie", 15 per la classe "agricoltura" e 15 per la classe "ombra".

Nella classificazione *fuzzy logic* in genere sono stati calcolati gli attributi delle immagini in maniera automatizzata, tramite le caratteristiche spaziali, spettrali, tessitura e motivi di banda, che possono

essere utilizzati insieme o singolarmente, per mappare le classi interessate. Per il presente studio, per le classi “Araucaria” e “latifoglie” è stato utilizzato NDVI, per la classe “agricoltura” sono state utilizzate le regole spaziali “area”, “elongation” e “valore minimo della banda verde” e per la classe “ombra” è stato utilizzato l'attributo “intensità”.

Per valutare i risultati delle classificazioni sono state generate matrici di confusione e analizzati i valori dell'indice *Kappa*.

3. Risultati e discussione

Nella prima fase della procedura di segmentazione dell'immagine QUICKBIRD sono stati testati diversi tipi di livello di scala (spaziale). Tra essi è stato poi scelto il migliore da utilizzare nella stratificazione come di seguito spiegato.

Nella Figura 2 è possibile osservare il risultato della stratificazione dei livelli 70, 75, 80 e 85.

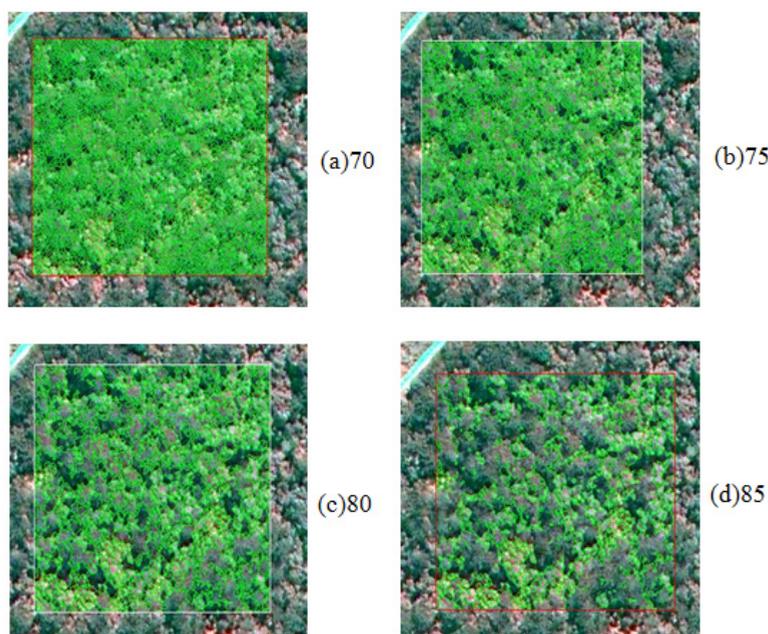


Figura 2 – Valori di scala testati.

I livelli di scala 70 (fig. 2a) e 75 (fig. 2b) presentano un elevato numero di segmenti, le cui scale non soddisfano lo standard delle chiome arboree. Il livello di scala 80 è stato quello che si è avvicinato maggiormente all'architettura della chioma, ma con la complicazione principale dovuta alla presenza di più di un segmento che separa un'unica chioma. Il livello di scala 85 ha prodotto un risultato eccessivo rispetto alle aspettative, poiché ha generato segmenti che raggruppavano molte chiome, non riproduceva infatti la realtà e/o se confrontato con il delineamento fotointerpretativo delle fotografie aeree. Prendendo il valore 80 come riferimento al primo livello di segmentazione, successivamente è stato applicato e definito il valore di scala 90 per il secondo livello di segmentazione.

Dopo le prove di segmentazione sono state eseguite due classificazioni. Nella figura 3 è possibile vedere il risultato tematico della classificazione supervisionata *K Nearest Neighbor*, la cui analisi di prestazione ha mostrato una precisione media dell'89% e l'indice *Kappa* uguale a 0,83 (varianza *Kappa* di 0,001577). Secondo i criteri di LANDIS e KOCH (1977) il valore di precisione si interpreta come un livello eccellente di classificazione.

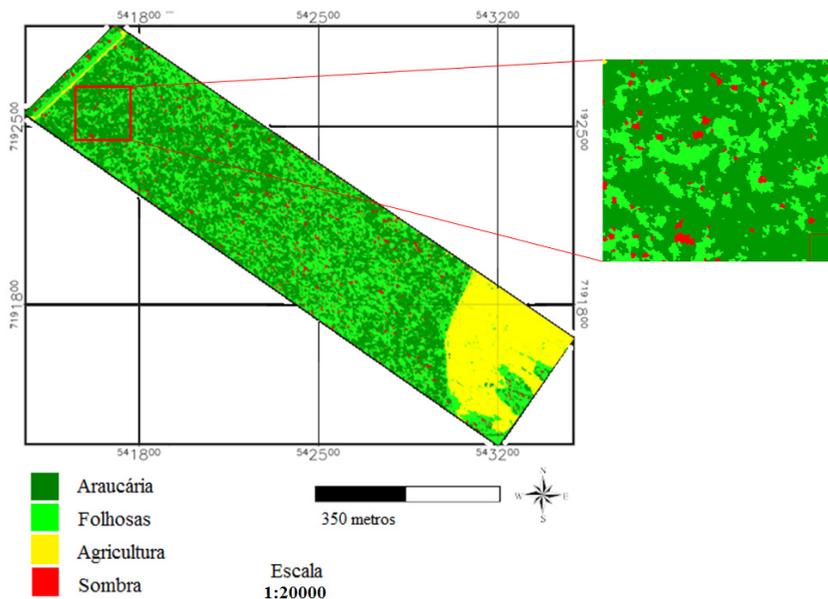


Figura 3 – Mappa tematica risultante della classificazione supervisionata.

Nella classificazione secondo *fuzzy logic* (Figura 4), come indicato nella metodologia, si sono definite come regole gli attributi spaziali, spettrali e motivi di banda, provati in maniera singolare o in gruppi, per l'identificazione e la stratificazione di temi nell'immagine Quickbird2. Per le classi "Araucaria" e "latifoglie" è stata definita la regola *bandratio* (NDVI), che si è dimostrata migliore rispetto alle altre. Tale regola è stata delimitata in un intervallo compreso tra $0 > 0.4200$ per le "Araucaria", e per la classe "latifoglie" inserita la negazione "not" con il medesimo intervallo. SOUSA et. al (2010), hanno utilizzato NDVI come banda ausiliaria per classificare le due specie dominanti di conifere (*Quercus suber* e *Pinus pinea*) nella regione di Alentejo-Portogallo, con la rilevazione della vegetazione nelle immagini Quickbird-2, ed evidenziano che il periodo di acquisizione delle immagini è un fattore fondamentale nella possibilità di distinguere le due specie forestali.

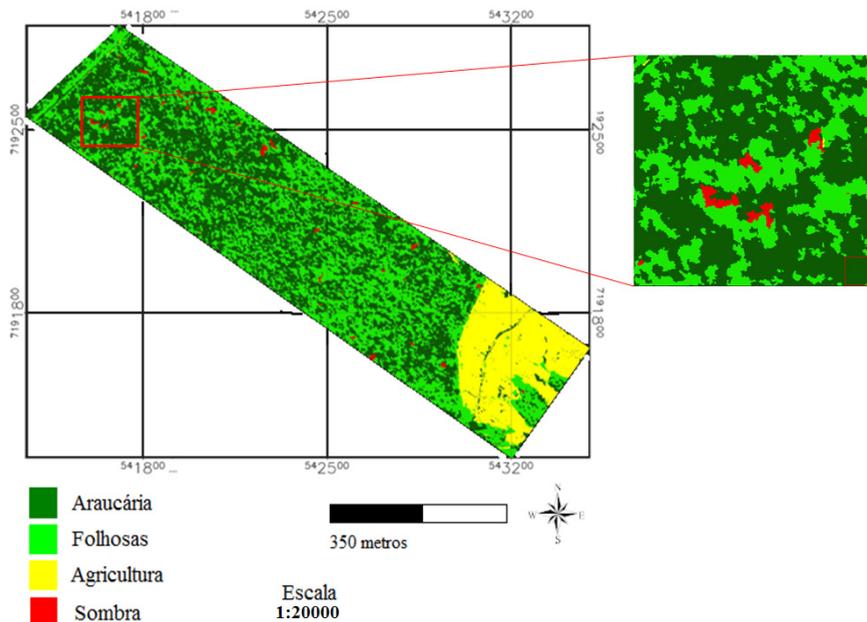


Figura 4 – Mappa tematica risultante della classificazione con la metodologia fuzzy logic.

Nella classe “agricoltura” è stata applicata la regola “area” inserita in un intervallo compreso tra 1316,56 – 311419,66 pixels, tale superficie corrisponde alla dimensione del segmento generato. Tuttavia, quando è stata applicata questa regola alla classe “agricoltura”, un raggruppamento di chiome di Araucaria è risultato incluso tra le aree risultanti dalla classificazione; affinché le chiome venissero distinte è stato necessario aggiungere anche la regola “valore minimo di banda 2 (verde)” con l'intervallo tra 0 e 17 (DN).

Questo *range* da 0 a 17 è il valore digitale del segmento sopra descritto, in modo da eliminare questo gruppo dalla classe “agricoltura”. È importante evidenziare che per tutte le regole è stata utilizzata una tolleranza *fuzzy* di 5%, eccetto che per la regola “valore minimo di banda 2” (classe “agricoltura2), perchè il gruppo di chiome riferito si trovava esattamente in questo intervallo. Nella classe “ombra” è stato applicato il valore minimo della banda 2 (verde) con intervallo tra 9 e 12,5 a causa dei bassi valori di riflettanza osservata in questa classe.

La classificazione secondo le regole ha rilevato un indice *Kappa* di 0,82 (varianza di *Kappa* = 0,001634), definendo la classificazione come eccellente ed una accuratezza globale dell'88%. DISPERATI et al. (2009), hanno verificato l'utilizzo della banda infrarosso vicino nell'immagine Quickbird, non ortorettificata, per mappare le chiome di Araucaria ottenendo un indice *Kappa* di 0,79, un valore inferiore a quelli trovati nel presente elaborato.

Nel calcolo della precisione del produttore e dell'utilizzatore la classe “Araucaria” ha presentato i valori di 84,4% e 85,3% rispettivamente nella classificazione per regole e supervisionata. Nell'accuratezza dell'utilizzatore nella classificazione secondo regole, le classi “latifoglie” e “Araucaria” hanno presentato i valori più elevati, 96,36% e 92,86% rispettivamente.

4. Conclusioni

Nella segmentazione di immagine Quickbird i livelli di scala più adeguati per delimitare le chiome della specie *Araucaria angustifolia*, sono stati per il primo e il secondo livello rispettivamente i valori 80 e 90. Comparando la performance delle classificazioni tramite regole (*Fuzzy Membership Functions*) e la classificazione supervisionata (*K Nearest Neighbor*) è possibile verificare che non

esiste una differenza significativa nei valori dell'*indice Kappa* e la precisione globale. Essendo quindi entrambi i procedimenti adeguati per la distinzione e delineamento di *Araucaria angustifolia* per la copertura ed utilizzo del suolo dove domina la Foresta Ombrofila Mista. È importante notare che la classificazione tramite regole necessita di maggiore tempo computazionale, a causa della definizione degli attributi e le sue variazioni per classificare l'immagine, la quale rende importante una maggiore conoscenza e controllo sul comportamento spaziale e spettrale degli oggetti in studio.

Ringraziamenti

Il supporto tecnico della SULSOFT.

Il programma di Master in Scienze Forestali – Unicentro.

Il Prof. Ing. Attilio Antonio Disperati (*in memoriam*) per l'incentivazione alla ricerca delle foreste di Araucaria.

5. Bibliografia

BRANDTBERG, T. Remote sensing for forestry application – a historical retrospect. 1997. 9 p. [www.dai.ed.ac.uk/CVonline/ LOCAL_COPIES/BRANDTBERG/UK.html](http://www.dai.ed.ac.uk/CVonline/LOCAL_COPIES/BRANDTBERG/UK.html).

DISPERATI, A. A., PESCK, V. A., DISPERATI, J., [SANTOS, J. R.](#), RUDEK, A., [FIGUEIREDO FILHO, A.](#) Identificazione di chiome di *Araucaria angustifolia* nella banda dell'infrarosso vicino, fornite da Quickbird 2, In: *13ª Conferenza Nazionale ASITA* (Federazione Italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali), ANAIS, 2009, Bari - Itàlia. p. 1005-1010, 2009.

DLUGOSZ, F. Classificação orientada a regiões na discriminação de tipologias da Floresta Ombrófila Mista usando imagens orbitais Ikonos. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, PR. 135 p. 2005.

GOUGEON, F. A. Automatic individual tree crown delineation using a valley-following algorithm and a rule-based system. In **International Forum Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry**, Victoria, Canada, Canadian Forest Service, pp. 11-23, 1999.

LANDIS, J., KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**. v.33, n. 3, p. 159-179, 1977.

LISBOA, G.S. Fotografias aéreas de escala grande e imagem Ikonos-2 no mapeamento de copas de *araucaria angustifolia*. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais – Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, Irati, PR. 104p. 2009.

MAZZA, Carlos Alberto da Silva. Caracterização ambiental da paisagem da Microregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR. **Tese de Doutorado**, São Carlos/SP: UFSCar, 2006. 147 p.

PESCK, V.A. Classificação orientada ao objeto de imagem Quickbird-2 para a identificação da Araucária. **Dissertação de Mestrado**, Irati, PR : UNICENTRO, 2011. 76 p.

ROBINSON, D. J., REDDING, N. J., AND CRISP, D. J. *Implementation of a fast algorithm for segmenting SAR imagery*, **Scientific and Technical Report**. Australia: Defense Science and Technology Organization 2002.

SOUSA, A.M.O.; MESQUITA, P.; GONÇALVES, A.C.; SILVA, J.R.M. Segmentação e classificação de tipologias florestais a partir de imagens Quickbird. **Ambiência** - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais V. 6 Edição Especial. 2010. p 57 - 66.