

## Evaluación de la acuracidad del mapeo de la vegetación del Inventario Forestal Nacional de Brasil

*Yeda Maria Malheiros de Oliveira, Embrapa <sup>1</sup>,  
Maria Augusta Doetzer Rosot, Marilice Cordeiro Garrastazu, Joel Penteadó Júnior,  
Patricia Póvoa de Mattos, André Biscaia de Lacerda, Embrapa  
Flávio Jorge Ponzoni, INPE,  
Joberto Veloso de Freitas, Guilherme Luis Augusto Gomide, Brazilian Forest Service,  
William Ciesla, Forest Health Management International*

*The land use mapping, nowadays greatly based on remote sensing, is one of the most important tools for the ecosystem management. In this sense, automated classification schemes are useful for the representation of features for large areas, assigning digital data to categories or classes previously defined. Part of the classification scheme, accuracy assessments are essential components of remote sensing projects, providing information regarding the reliability of the results for the decision making process. Quantitative accuracy assessment depends on the collection of reference data, also called ground truth. It is expected that reference data have high accuracy, what, normally is captured from ground visits. However, this is an expensive part of the project, considering that a reliable sampling scheme must be adopted and the accessibility to the remote and large areas might be difficult. Aerial sketchmapping is a simple, low cost remote sensing method used for detection and mapping of forest damage caused by biotic agents (insects, pathogens and other pests) and abiotic agents (wind, fire, storms, hurricane, ice storms) in North America. The method was introduced in Brazil via a USDA Forest Service and Embrapa Forestry technical exchange program in 2001, primarily for assessment of damage caused by insects and diseases in pine plantations in Southern Brazil. New applications have been investigated in the most recent campaigns, carried out since 2002 by the Brazilian team. This paper presents a proposal for assessing accuracy of classification schemes adopted by the Brazilian National Forest Inventory Project (NFI-BR), by the adoption of an aerial sketchmapping specific approach. The NFI-BR is being planned to be carried out in three complementary levels, one involving land cover (vegetation) mapping, a second one encompassing field data collection on forest quantitative and qualitative attributes, and the third one representing an intermediary level where a sampling procedure based on high resolution satellite imagery is used to assess some landscape attributes in a more detailed scale. It is suggested that the Google Earth application be used to assess the accuracy for "forest" and "non-forest" strata, while an innovative methodology using the aerial sketchmapping approach would be developed for accuracy assessment of landscape units mapping.*

*Key words: remote sensing, automated classification, aerial sketchmapping, sampling design*

### Introducción

El mapeo, hoy fuertemente basado en teledetección, es una de las más importantes herramientas para el manejo de los ecosistemas. En este sentido, los esquemas de clasificación automática de imágenes son muy útiles para la representación de grandes superficies, atribuyéndose a datos digitales, categorías o clases previamente definidas.

---

<sup>1</sup> Autor para la correspondencia: yeda@cnpf.embrapa.br

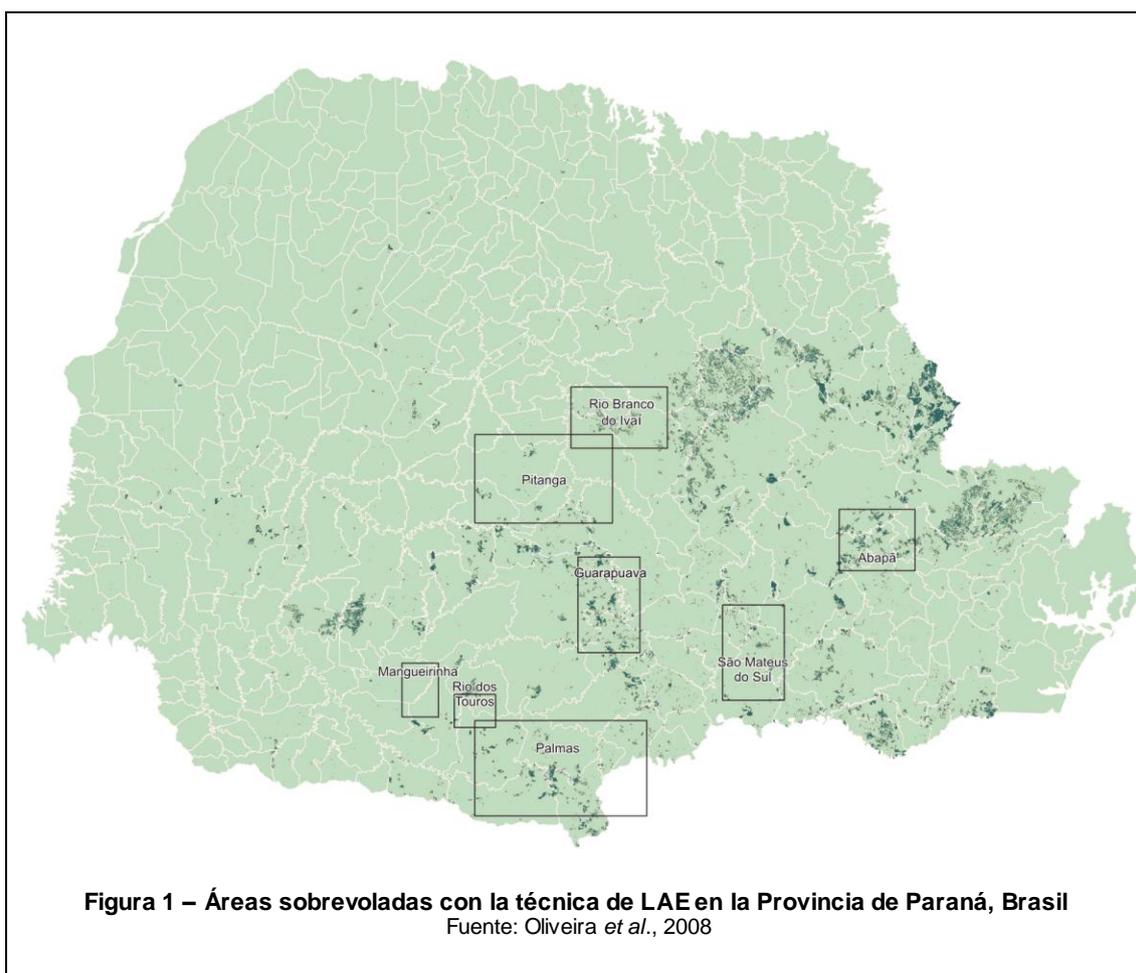
Siendo parte de la clasificación, la evaluación de acuracidad es una componente esencial del proyecto de teledetección, brindando información relativa a la confiabilidad de los resultados para el proceso de toma de decisiones. El mapeo y su respectiva evaluación de acuracidad son procesos complejos que requieren de una integración armónica entre las componentes espaciales y las evaluaciones de campo.

Un sistema de evaluación del mapeo de regiones o provincias debe prever en su estructuración algunos elementos estratégicos que alíen la capacidad de estarse verificando grandes superficies a la garantía de obtención del nivel de detalle deseado. La evaluación cuantitativa de la acuracidad depende de la recopilación de datos de referencia, también conocidos como “verdad de campo”. Se espera que estos datos posean alta acuracidad, lo que normalmente se obtiene a partir de visitas al terreno.

Sin embargo, el recorrido en terreno es una etapa costosa del proyecto al considerarse que debe ser adoptado un esquema confiable de muestreo y que el acceso a áreas lejanas y extensas puede ser difícil o quizá imposible. En este sentido, aparecen como alternativas las técnicas de levantamiento aéreo, con ó sin adquisición de imágenes, pues de inmediato permiten establecer un compromiso entre superficie sobrevolada y escala de levantamiento.

El Levantamiento Aéreo Expedito (LAE) es un método simple y de bajo costo usado para el mapeo de daños forestales causados por agentes bióticos (insectos, patógenos y otras plagas) y agentes abióticos (viento, incendios, tempestades, huracanes, tempestades de nieve) en Norteamérica. La técnica consiste en sobrevolar extensas áreas usando aviones pequeños, a baja velocidad y a baja altitud de vuelo. El observador aéreo detecta visualmente el “evento” u objeto del levantamiento y lo dibuja o hace anotaciones relativas a él en un mapa-base previamente preparado para el vuelo, usando un sistema de codificación.

La técnica de LAE fue introducida en Brasil a partir del año 2001, a través de una cooperación entre la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa), más específicamente en su Unidad Forestal y el Servicio Forestal Americano (USDA FS). Inicialmente se establecieron proyectos -piloto para la evaluación de daños causados por insectos y enfermedades en plantaciones de *Pinus* spp. Luego nuevas aplicaciones fueron testadas, tales como el uso de la técnica para la clasificación de fases sucesionales en remanentes de bosques de *Araucaria* en el sur de Brasil, el monitoreo de cambios en el uso de la tierra y la evaluación de acuracidad de clasificaciones de imágenes satelitales. Solamente en 60 horas de vuelo fueron chequeados un 5% de la superficie de la provincia de Paraná (**Figura 1**), lo que equivale a 1.166.400 ha (Oliveira *et al.*, 2004).



A pesar de la interpretación visual de imágenes satelitales haber sido considerada como el medio más eficiente para mapear plantíos de *Pinus* spp en el sur de Brasil (Rosot *et al.*, 2003), la evaluación de la acuracidad ha demandado recursos financieros significativos, debidos, principalmente, a la necesidad de innúmeras salidas al terreno para la toma de puntos de control confiables en las plantaciones forestales. En esta misma época, durante los períodos de adaptación de la técnica LAE en Brasil, el equipo de Embrapa Florestas decidió elaborar cartas-imágenes para usar en los vuelos en vez de los tradicionales mapas topográficos. Los buenos resultados obtenidos conllevaron el uso del LAE para la evaluación de la acuracidad temática del mapeo de los plantíos de *Pinus* spp. en la Provincia de Paraná. El observador aéreo, entonces, no solo era responsable por la anotación de los daños forestales como también por la verificación de la tipología forestal, tarea esta que no presentó mayores dificultades. Los errores más comunes observados para la clasificación temática fueron:

- errores de omisión: la no clasificación de plantíos jóvenes, con menos de 8 años de edad; la no clasificación de plantíos jóvenes de *Pinus* spp (1 a 5 años de edad);
- errores de comisión: bosques y plantaciones de *Araucaria angustifolia*; plantíos de *Eucalyptus* sp.

La evaluación de acuracidad fue ejecutada en ambiente de SIG tomando por base los polígonos del mapa, o sea, los puntos de control fueron representados por los centroides de los polígonos dibujados por el observador aéreo, correspondientes a la “verdad de campo”.

Los resultados obtenidos en los vuelos y la excelente relación coste/beneficio del método conllevaron su proposición como alternativa para la evaluación de la acuracidad del mapeo para el Inventario Forestal Nacional de Brasil (IFN-BR), propuesta esa que será presentada y analizada en este paper.

El mapeo constituye una componente imprescindible al IFN-BR pues la definición de los estratos, el cómputo de las superficies, el diseño muestral y la alocaión de las parcelas en terreno dependen de

cartografía básica y temática actualizada en medio digital y formato vectorial. En general el mapeo de la cobertura de la tierra en grandes superficies divide los tipos de cobertura en clases específicas. Cuando se usan imágenes satelitales para el mapeo es normal que las clases asignadas en el mapa no siempre correspondan a lo observado en terreno, de forma que es imprescindible utilizar algún criterio de evaluación de la acuracidad para conferir confiabilidad al mapa.

En función de la diferencia de tiempo que suele transcurrir desde la toma de las imágenes satelitales hasta la elaboración del producto final, que es el mapa de vegetación ya listo para uso, muchas regiones señalarán cambios significativos en el uso de la tierra. Por ello será necesario evaluar la acuracidad de los mapas de vegetación del IFN-BR no tanto en lo que se refiere a la adecuación de los esquemas utilizados en la clasificación digital sino más bien con relación a la correspondencia actual entre las clases del mapa y del terreno.

La evaluación de la acuracidad a través de censo es impracticable, pues para ello sería necesario conocer los valores de todos los pixels (o conjunto de pixels o, aun, los polígonos). La alternativa consiste en emplear técnicas de muestreo para evaluar la acuracidad. Para ello se propone la utilización de la técnica de LAE que puede servir a un tiempo como método de evaluación de la acuracidad temática y también como herramienta de actualización de los mapas originales, dependiendo del nivel considerado (escala de reconocimiento o intermedia).

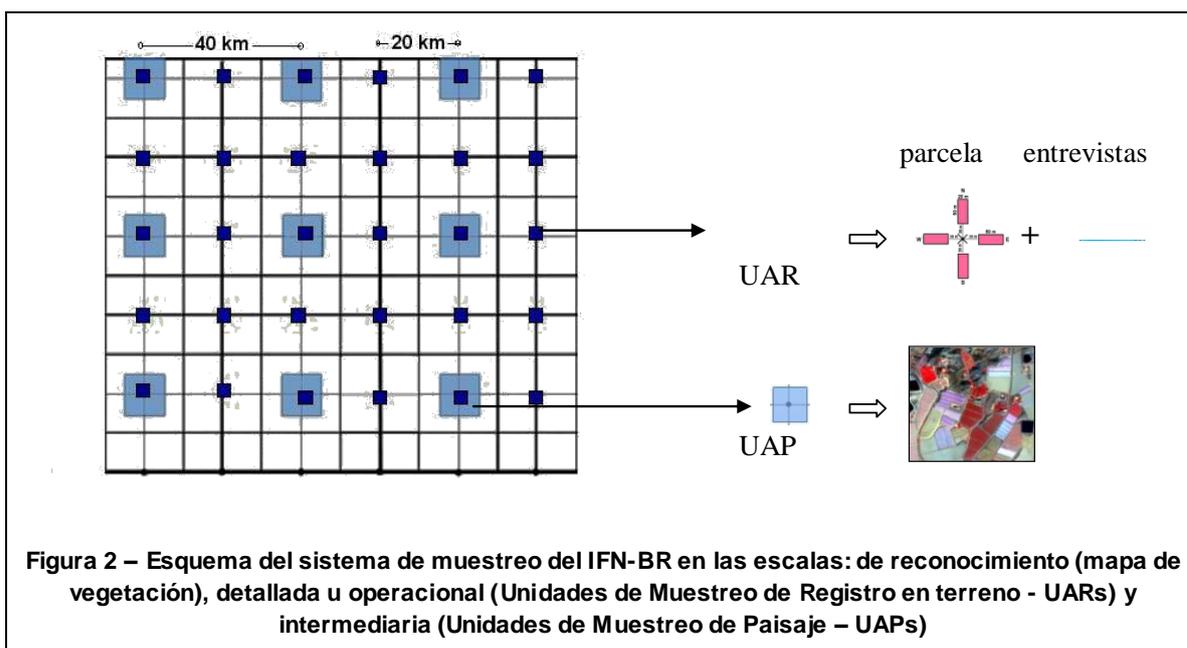
## Materiales y métodos

### Sistema de muestreo del IFN-BR

El IFN-BR está diseñado según un muestreo sistemático estratificado y presupone la adquisición de informaciones sobre los recursos forestales del país en nivel estratégico. Para ello serán considerados tres abordajes distintos y complementarios: el mapeo de los estratos boscosos del territorio nacional (escala de reconocimiento); la toma de datos cuantitativos y cualitativos en el bosque usando parcelas de muestreo en terreno y entrevistas socio-económicas en un rayo de hasta 2 km alrededor de la parcela (escala detallada u operacional) y; un tercer nivel (escala intermedia) que se basa en imágenes satelitales de alta resolución y tiene el objetivo de detallar el uso de la tierra en un porcentaje de la superficie cubierta por el muestreo en terreno (**Figura 2**).

El *grid* sistemático del IFN-BR está diseñado en intervalos de 648 segundos (aproximadamente 20 km), dentro del sistema de coordenadas geográficas no proyectadas de acuerdo a la metodología observada en la fase de edición de la Base Cartográfica Integrada Digital de Brasil al Millonésimo (IBGE, 2003) con referencial geodésico WGS84. Las intersecciones del *grid* constituyen los puntos de muestreo potenciales que abarcan todo el territorio brasileño.

El mapeo en nivel intermedio para el IFN-BR se plasmará en las denominadas Unidades de Muestreo de Paisaje (UAPs) que siguen el mismo *grid* del muestreo sistemático de las parcelas del IFN-BR, pero con intervalos aproximados de 40 km entre sí. En las UAPs se caracterizará el paisaje para una porción del terreno con distintos usos de la tierra, incluyendo en su centro geométrico la propia parcela de toma de datos en el bosque (UAR) siempre que este punto se refiera a la clase “bosque” o, entonces, otras clases de cubierta de la tierra correspondientes a los puntos potenciales de muestreo del tipo “no-bosque”, donde no se instalarán parcelas de registro en terreno. Este abordaje puede ser entendido como una caracterización del entorno del punto de muestreo, que utilizará imágenes satelitales de alta resolución y técnicas de geoprocamiento para su ejecución. La superficie de cada UAP es de 100 km<sup>2</sup> o de 10 x 10 km.



**Figura 2 – Esquema del sistema de muestreo del IFN-BR en las escalas: de reconocimiento (mapa de vegetación), detallada u operacional (Unidades de Muestreo de Registro en terreno - UARs) y intermedia (Unidades de Muestreo de Paisaje – UAPs)**

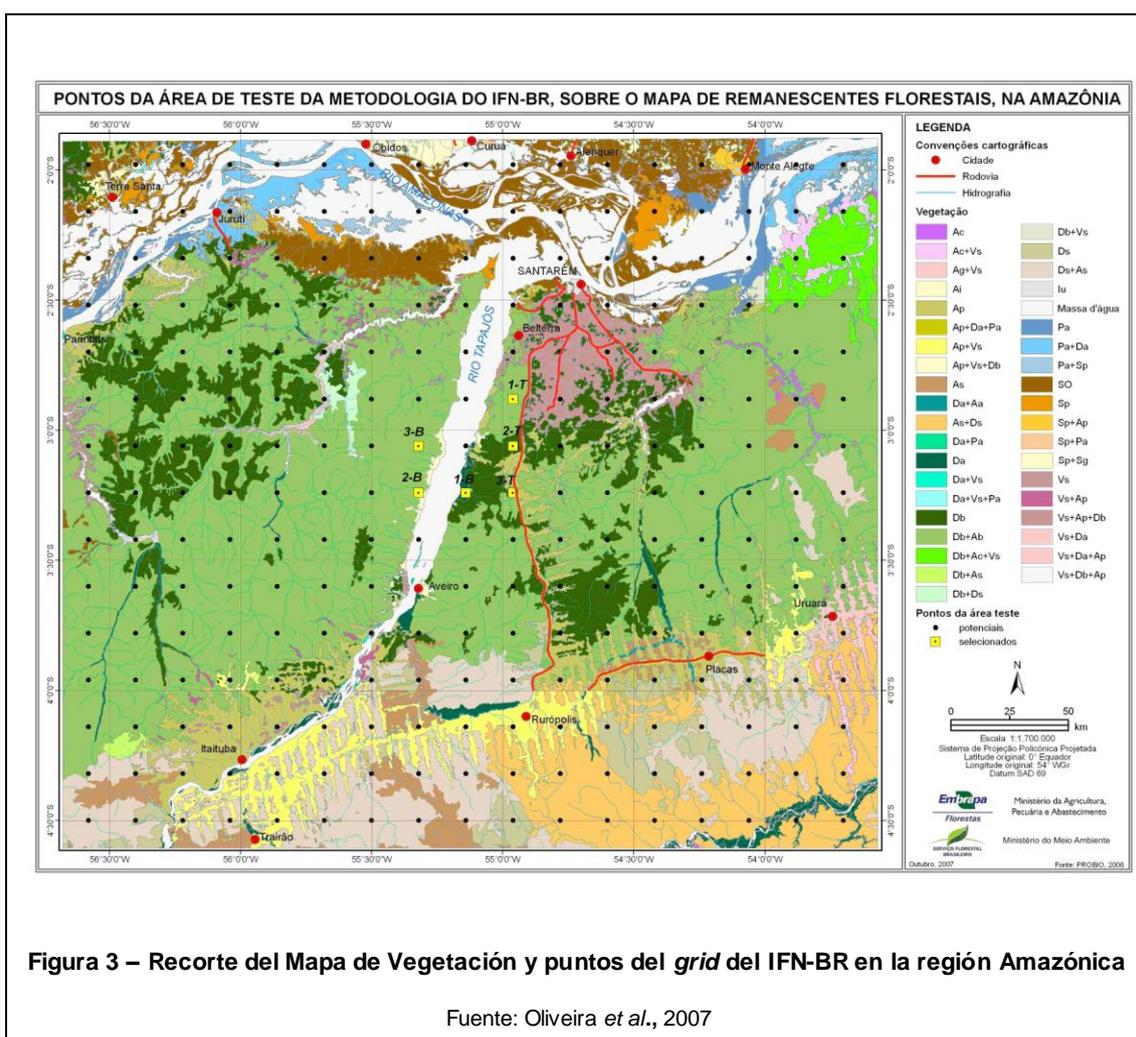
El muestreo en las UAPs tiene como objetivos:

1. Verificar la acuracidad, actualizar y refinar, en términos de tamaño mínimo de fragmentos, la clasificación de cubierta de la tierra entregada por el mapeo del IFN-BR en cada ocasión, además de contribuir con informaciones para los mapeos subsecuentes;
2. Permitir la extrapolación de áreas y el refinamiento de cada clase de uso muestreada en la UAP para el total del estrato correspondiente, en cada bioma;
3. Mapear la extensión y las condiciones de las áreas de preservación permanente en la UAP y el analizar el contexto de las arboles fuera del bosque;
4. Monitorear los cambios de uso de la tierra a lo largo de las ocasiones de medición del IFN-BR e evaluar la participación de cada clase en el paisaje con énfasis en el bosque;
5. Mapear los fragmentos de vegetación nativa y calcular métricas para análisis de paisaje, tales como tamaño promedio de fragmentos, distancia promedio entre fragmentos, análisis de conectividad entre otros.

#### **Estrategia para la definición de acuracidad temática del mapa de vegetación del IFN-BR**

La leyenda del mapa de vegetación preparado para el IFN-BR sigue el Manual de Clasificación de la Vegetación Brasileña (IBGE, 1992) actualizado por el Manual Técnico del Uso de la Tierra (IBGE, 2006) y la escala de los productos es 1:250.000. Considerando en nivel estratégico de reconocimiento, las informaciones del mapa serán tratadas en el Sistema de Informaciones Geográficas del IFN-BR (SIG IFN-BR), generando una capa simplificada que contiene apenas las clases “bosque” y “no-bosque”. Específicamente para la primera ocasión del IFN-BR – que tiene periodicidad de 5 años – la definición de estos estratos se dará con base en el Mapa de los Remanentes de la Cubierta Vegetal de los Biomas Brasileños (PROBIO), elaborado sobre imágenes del año 2002 obtenidas por el sensor ETM del satélite Landsat.

El mapa de vegetación puede ser dividido en regiones según la conveniencia administrativa, operacional o logística en cada fase del IFN-BR. En este caso se hace una conversión del *grid* para la proyección policónica y Datum SAD69, conforme se puede observar en la **Figura 3**.



**Figura 3 – Recorte del Mapa de Vegetación y puntos del *grid* del IFN-BR en la región Amazónica**

Fuente: Oliveira *et al.*, 2007

Los puntos de muestreo efectivo en terreno serán seleccionados a través de una consulta al SIG IFN-BR donde se buscan las intersecciones localizadas sobre puntos que pertenezcan al estrato “bosque”. Ahí reside la importancia de la evaluación de la acuracidad temática del mapa, pues toda una logística de desplazamiento en terreno se basa en los resultados de esta consulta.

Considerando la escala de reconocimiento adoptada para este nivel de información, se propone evaluar la acuracidad del mapa de vegetación del IFN-BR con base en el aplicativo *Google Earth* ([www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)). En este trabajo, específicamente, se plantea el establecimiento de seis áreas de muestreo, una en cada bioma de Brasil, con dimensiones de 100 x 100 km cada (1.000.000 hectáreas). Como los puntos de intersección del *grid* original del IFN-BR ocurren aproximadamente a cada 20 km, en cada área de muestreo (de 100 km por 100 km), habrá cerca de 36 puntos a ser examinados cuanto a la correspondencia de su leyenda de clasificación (“bosque” o “no-bosque”) y lo observado en las imágenes del aplicativo.

### **Estrategia para la definición de acuracidad temática en las Unidades de Muestreo de Paisaje (UAPs) del IFN-BR**

Como no se prevé visitas al terreno para el mapeo de las UAPs, es aun más importante evaluar la acuracidad de las técnicas de clasificación empleadas en este abordaje. Para ello, un teste de metodologías será llevado a cabo en cada bioma de Brasil, con el intento de caracterizar situaciones específicas del uso de la tierra y estandarizar los procedimientos de procesamiento digital de imágenes que después serán empleados en la totalidad del territorio.

El proceso de evaluación de la acuracidad de las UAPs sigue el mismo esquema adoptado para el muestreo del mapa de vegetación, pero en un nivel jerárquico de mayor detalle y considerando todas las

clases de uso de la tierra y no solo “bosque” y “no-bosque”. También por cuestiones operacionales, las UAPs que serán utilizadas para verificación de la acuracidad temática estarán dentro del área mayor (de 100 x 100 km) usada para la verificación del mapa de vegetación. Las intersecciones del *grid* en esta superficie contienen nueve UAPs, de las cuales tres serán escogidas al azar para verificación usando la técnica de LAE.

### **Parámetros para evaluación de la acuracidad**

La calidad de la clasificación de imágenes orbitales es evaluada por medio de índices de acuracidad (acuracidad global, *kappa* y *tau* son los más conocidos), calculados a partir de matrices de errores que expresan la concordancia entre la imagen clasificada y la “verdad de campo”, en este caso representada por los resultados obtenidos a partir del *Google Earth* y de la técnica de LAE.

La acuracidad global puede ser obtenida a través de la matriz de confusión, así como la acuracidad del usuario y la acuracidad del productor del mapa (Congalton & Green, 1999), siendo que los valores de cada estrato o clase pueden ser ponderados por un peso (*w*) dado por el porcentual de superficie de cada clase.

El coeficiente *K* (*kappa*) expresa la reducción proporcional entre el error generado por un proceso de clasificación comparado con el error de una clasificación completamente al azar (ERDAS, 1997). Esta estadística sirve como un indicador de la extensión con que los valores porcentuales correctos de una matriz de errores son debidos a concordancias “reales” versus concordancias “al azar” (Lillesand & Kiefer, 1994).

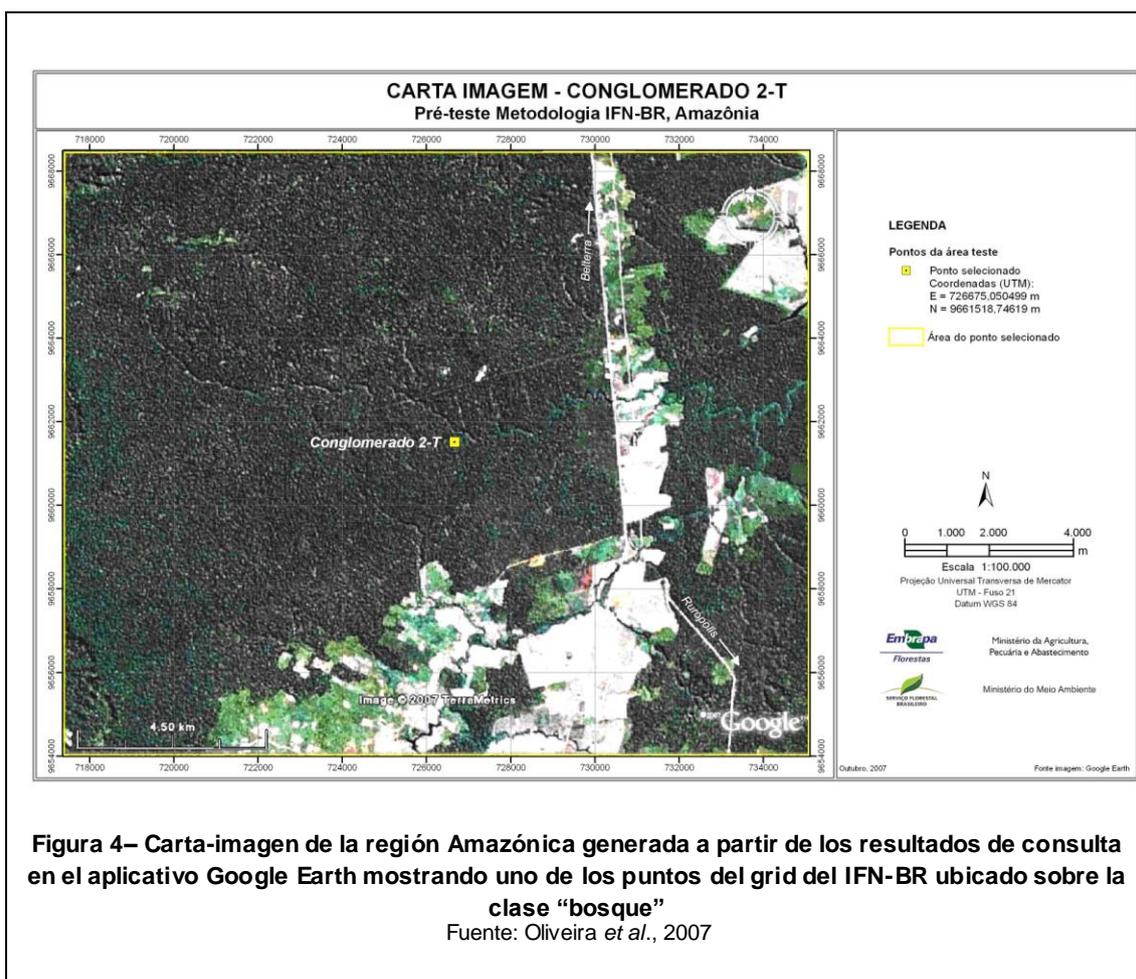
### **Resultados**

En la evaluación de acuracidad temática, para todos los niveles de información, las regiones de muestreo serán re proyectadas para el Sistema de coordenadas UTM según el fuso correspondiente usando el Datum WGS84 que es estándar de la herramienta *Google Earth*.

#### **Acuracidad temática del mapa de vegetación para los estratos “bosque/no-bosque”**

Para cada área de muestreo los 36 puntos del *grid* serán exportados al formato *kml* y luego examinados en el aplicativo *Google Earth* para verificar si están ubicados sobre el estrato “bosque” o “no-bosque” (**Figura 4**). Esta información será codificada y registrada para cada punto, siendo que el conjunto volverá a incorporarse al SIG IFN-BR.

Usando técnicas simples de geoprocésamiento serán computados los errores y aciertos del mapa para cada punto. La próxima etapa consiste en la elaboración de la matriz de errores y evaluación de los parámetros de acuracidad.



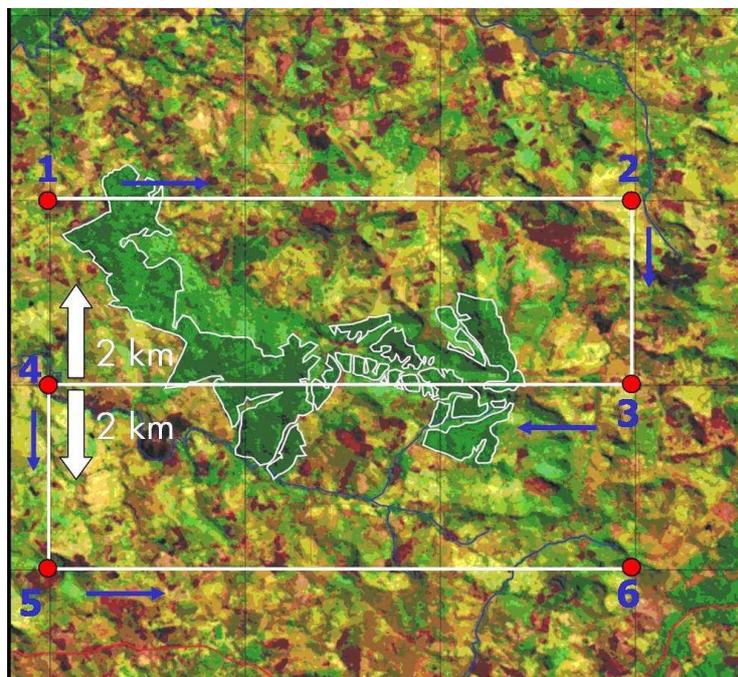
### Acuracidad temática de las Unidades de Muestreo de Paisaje (UAPs)

Oliveira *et al.* (2004) describen detalladamente la aplicación de la técnica de LAE cuando fue introducida en Brasil. Imágenes de satélite disponibles eran usadas como imagen de fondo para construir cartas-imagen, añadiéndose otras *layers* auxiliares como los caminos y la red hidrográfica y también los polígonos objeto de la evaluación o monitoreo (**Figura 5**).

Dependiendo de la superficie a ser sobrevolada se definía un intervalo para las líneas de vuelo, normalmente de 4 en 4 km y que correspondía al intervalo del *grid* de la carta en coordenadas UTM. En este caso, cada uno de los dos observadores aéreos sería responsable por la observación del terreno en una extensión de 2 km a partir de la línea de vuelo, a la izquierda y a la derecha del avión, respectivamente.

Los vértices de las líneas de vuelo eran numerados y marcados a lápiz sobre el *grid* de la carta, generando una secuencia de coordenadas insertadas en el GPS utilizado en el vuelo. Esta secuencia era utilizada por el piloto para seguir la ruta de vuelo y también para orientar los observadores aéreos en relación a la ubicación de los polígonos en la carta-imagen, una vez que la posición de la aeronave es señalada en la pantalla del GPS.

En el sistema manual, las operaciones de pos-procesamiento ya en tierra, incluían la transferencia de las anotaciones del observador para un acetato transparente y su conversión para medio digital vía scanner. Tras la vectorización de los polígonos, toda la información era trasladada al ambiente SIG para los análisis posteriores.



**Figura 5 – Recorte de carta-imagen de una región sobrevolada con la técnica de LAE en el centro de la Provincia de Paraná, con las líneas de vuelo señaladas en blanco**

Fuente: Oliveira *et al.*, 2004

Aunque la técnica de LAE se mantenga como alternativa simple y de bajo costo para monitoreo aéreo, se observa una tendencia de migración de un sistema manual para el digital como aquél desarrollado en los últimos años por el *Forest Health Technology Enterprise Team* (FHTET) del Servicio Forestal Norteamericano (Ciesla, 2008) y que se pretende utilizar también en la evaluación de la acuracidad de las UAPs. El sistema LAE digital (LAED) usa una computadora del tipo *laptop* que posee una pantalla *touch screen* especialmente diseñada para el ambiente dentro del avión, o sea, con mucha luz solar incidente (**Figura 6**).

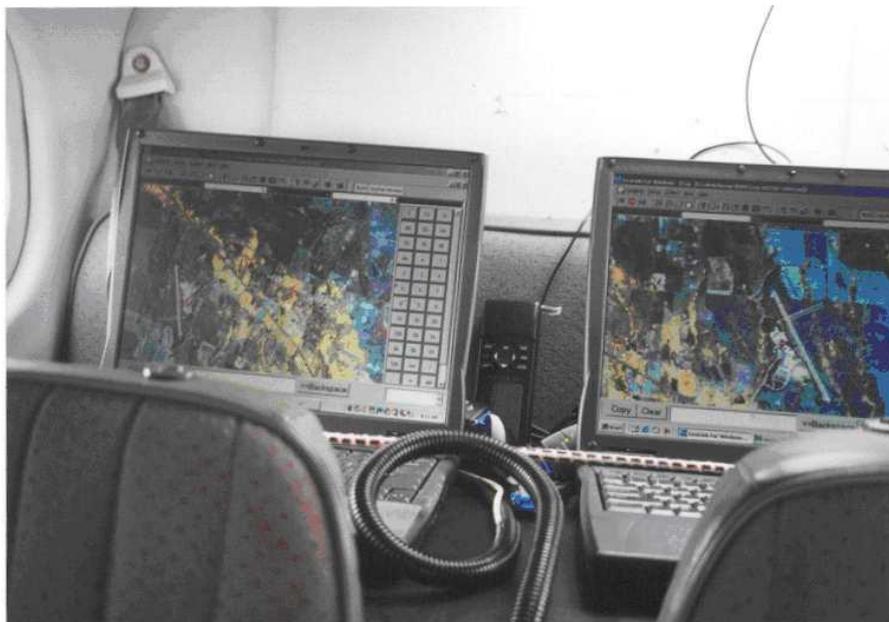


Figura 6 – Pantalla de los *laptops* usados en el Levantamiento Aéreo Expedito Digital

Fuente: Oliveira *et al.* 2008

La parte principal del sistema es el *software GeoLink* (Michael J. Baker Inc.) que incorpora la señal de GPS a la pantalla *touchscreen*, entregando a los observadores aéreos la visualización de un mapa que se mueve en tiempo real en la pantalla. Esta actúa como instrumento de entrada de informaciones a través de botones e íconos estándar Windows. Líneas, puntos y polígonos pueden ser dibujados con un lápiz óptico especial, y códigos pre-establecidos son accionados por el operador para representar las clases de uso de la tierra u otra observación relevante. *GeoLink* entonces traduce estos datos para el formato ESRI *shapefile*. Los mapas de fondo pueden ser activados o desactivados según la conveniencia, como, por ejemplo, alternando cartas topográficas por cartas-imagen y vice-versa. La posición del avión también es señalada en la pantalla, facilitando sobremanera al observador hacer la correspondencia entre características en el terreno y en el mapa (Ciesla, 2008).

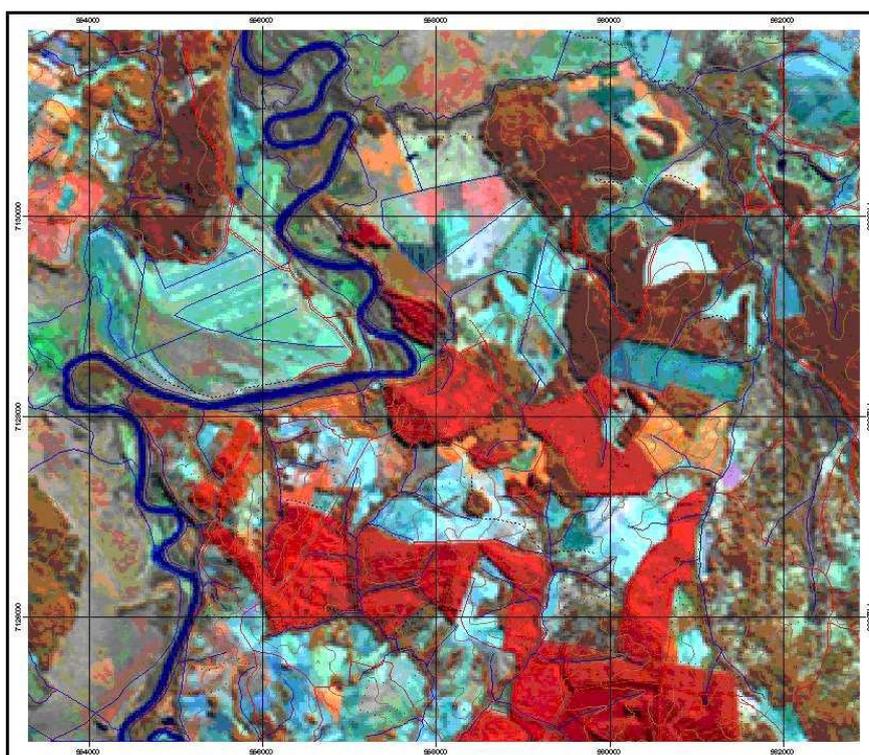
El mapa de uso de la tierra de cada UAP, generado a partir de imágenes satelitales de alta resolución, será insertado en el sistema LAED. Las líneas de vuelo tendrán un espaciamiento de 2 km entre ellas, totalizando 5 líneas para el sobrevuelo de un área de 10 x 10 km. Cada observador aéreo será responsable por una faja de 1 km de ancho en cada lado de las líneas de vuelo.

En la pantalla de los *laptops* estarán presentados los elementos del mapa en formato vector, superpuestos o no a una imagen satelital de fondo, que preferencialmente debe ser la misma imagen utilizada para la clasificación (Figura 7). Si hay concordancia entre lo observado en terreno a través de la ventana del avión y la clase del mapa, el observador no necesita hacer ninguna anotación en la pantalla. Sin embargo, si esa correspondencia no se verifica hay dos situaciones posibles: a) la forma y dimensiones del polígono en terreno son las mismas presentadas en el mapa, pero ocurrió un cambio de uso (por ejemplo, todo el polígono fue convertido de cultura agrícola a pasto); b) la forma y dimensiones han cambiado, lo que denota una alteración parcial no sólo del polígono observado como también de sus vecinos. En el primer caso el observador debe anotar sobre el polígono el código de la clase de uso actual. En el segundo caso será necesario dibujar los nuevos polígonos o sus límites (cuando se tratara de un único polígono subdividido) y asignar códigos de uso a cada uno de ellos.

En función de los múltiples objetivos en el análisis de las UAPs otros elementos, además del uso de la tierra, deben ser observados, tales como cambios ocurridos en caminos, en la red hidrográfica u otras estructuras.

El vuelo propiamente dicho debe ser ejecutado en avionetas de ala alta para permitir una observación panorámica a través de la ventana. La tripulación es constituida normalmente por cuatro personas: a) el piloto; b) un observador aéreo responsable por la observación del terreno al lado derecho del avión que tiene, además, la función de navegador, sentándose a la derecha del piloto; c) un observador aéreo sentado al lado izquierdo del avión, atrás del piloto, encargado de observar el terreno al lado izquierdo de la aeronave; d) eventualmente una cuarta persona sentada atrás del observador-navegador que puede estar siendo entrenada en la función de observador. Toda la comunicación dentro del avión ocurre vía un sistema de audífonos.

Las operaciones pos-vuelo incluyen la transferencia y edición (cuando necesaria) de todos los datos al SIG-IFN-BR. La estructuración de la matriz de errores requiere la conversión de los datos a formato *raster* y la ejecución de cálculos sobre el número de pixels pertenecientes a cada clase de uso de la tierra. Luego son realizadas operaciones de álgebra de mapas para encontrar la cantidad de pixels coincidentes entre el mapa original y los resultados del LAE y también el número de pixels para todas las otras combinaciones de clases, dos a dos, de ambos mapas. Estos elementos permitirán calcular los parámetros de acuracidad y evaluar la confiabilidad de las informaciones en el mapeo de las UAPs.



**Figura 7 – Anotaciones del observador aéreo sobre la pantalla mostrando imagen satelital al fondo. En blanco, el dibujo de un nuevo polígono generado por cambio de uso de la tierra con su respectiva codificación**

## Conclusiones

La propuesta presentada en este paper será implementada por ocasión de los testes de metodología del IFN-BR en el ámbito del proyecto TCP/BRA/3103 desarrollado en conjunto por Embrapa, Servicio Forestal Brasileño y la FAO. Se espera entonces poder detallar y refinar la secuencia de procedimientos descritos anteriormente, adecuando los métodos de acuerdo a la realidad y a las peculiaridades de cada bioma.

También es relevante obtener y reportar las informaciones relativas a la infraestructura y logística de los vuelos, tales como tipos de aeronaves disponibles, existencia de aeropuertos y combustible en las regiones

más lejanas, habilidad del personal técnico encargado de la observación aérea e interés en entrenamiento para nuevos observadores aéreos.

Informes detallados de tiempo y costos son fundamentales para evaluar la factibilidad de aplicación de la técnica. La propuesta concretada representará la consolidación de la técnica como un todo en Brasil y una nueva y potente herramienta para el tema de la acuracidad que frecuentemente es poco explorado.

Finalmente, se espera poder avanzar en términos de utilización del LAE para definir una metodología de actualización temática coherente a los principios cartográficos y al nivel de detalle exigido por la escala y la leyenda del mapa.

---

## Bibliografía

- Ciesla, W.M. 2008. Technologies and observer training for improved aerial forest health surveys in the United States. In: Disperati, A. A.; Santos, J.R.dos. In: *Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Floresta*, 8., Curitiba, 07 a 09 de outubro de 2008. *Anais ...* Curitiba, FUPEF, p. 628-633, 1 CD-ROM.
- Congalton, R.G., e Green, K. 1999 *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practice*, New York: Lewis Publishers,
- ERDAS. 1997. *Erdas Field Guide*. Manual ERDAS Imagine 8.3. 4. ed. USA:
- IBGE. 2003. *Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo - Versão 1.0 para ArcGis Desktop/ArcView*. Rio de Janeiro. 1 CD-ROM,.
- IBGE, 1992 *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE. 92 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).
- IBGE, 2006 Manual Técnico de Uso da Terra. In: *Manuais Técnicos em Geociências* n° 7. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/usodaterra/manualusodaterra.pdf>. Acesso em 30/04/2009
- Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3rd. Edit. Crawfordville, John Wiley and Sons, 750 p.
- Oliveira, Y.M.M.de, Rosot, M.A.D., Ciesla, W.M., Johnson, E., Rhea, R., Penteado Jr, J., Luz, N.B.da, 2004. O mapeamento aéreo expedito para o monitoramento florestal no sul do Brasil. In: *Aplicações de Geotecnologias na Engenharia Florestal*. Editores: Attilio Antonio Disperati e João Roberto dos Santos. Curitiba, PR, Copiadora Gabardo Ltda. 298 p
- Oliveira, Y. M. M. de; Garrastazú, M. C.; Rosot, N.C.; Rosot, M. A. D.; Soares, A. de O.; Penteado Jr, J. F., Ciesla, W., Johnson, E. 2007 Levantamento Aéreo Expedito (LAE). Colombo: Embrapa Florestas. (*Embrapa Florestas*. Documentos, 157). 1 CD-ROM Segunda edição revisada e corrigida, 2008. Primeira edição.
- Oliveira, Y.M.M. de; Rosot, M.A.D.; Pova, P.P.; Garrastazu, M.C; Lacerda, A.B. 2007. *Relatório Final: Teste de Metodologia do Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR) na Amazônia*. Relatório não publicado.
- Rosot, M.A.D.; Oliveira, Y.M.M de.; Ellenwood, J.; Viana, F. de M.; Zonta, M. 2003. Evolução e situação atual dos reflorestamentos com *Pinus* spp no Estado do Paraná. In: *Congresso Florestal Brasileiro*, 8., 2003, São Paulo. Conferências, Painéis, Trabalhos Convidados e Pôsteres. *Anais ...* São Paulo, SBEF/SBS, p. 259-259. 2 CD-ROM (disco 2).