

# **TECNICAS DE PERSEPCION REMOTA Y SIG's APLICADAS A LA ACTUALIZACION Y VALIDACIÓN DE CAMBIOS EN SUELOS CON BOSQUE NATURAL Y REFORESTADO EN SAO JOSE DOS CAMPOS**

**Ing. Blanca Vega Dr. Yosio Edemir Shimabukuro Msc. Duarte Valdete**

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los recursos naturales (CLAS)**

Edificio multiacademico segundo piso, Universidad mayor San Simón

Telef: 540750 - 542775

## **RESUMEN**

El Instituto Nacional de pesquisas Espaciais estableció metodologías que permitan contar con información cuantificable del estado actual de los recursos naturales, utilizando técnicas y herramientas de percepción remota y teledetección. El análisis e interpretación de esos datos se ejecutan en softwares adecuados que tengan la capacidad de procesar todas éstas informaciones.

El área escogida para este trabajo abarca todo el municipio de São José Dos Campos, donde existe una variedad de tipos de cobertura del suelo, El conocimiento integrado del paisaje es considerado importante para adecuar las transformaciones impuestas por el hombre. La metodología utilizada en este trabajo fue adaptada por Duarte et al. (1999), consistiendo de una segmentación de imágenes por crecimiento de regiones y clasificación no supervisada de imágenes TM/Landsat-5, utilizando las bandas 3 ( 0.52 – 0.59  $\mu\text{m}$ ), 4 ( 0.63 – 0.69  $\mu\text{m}$  ) y 5 ( 1.55 – 1.75  $\mu\text{m}$  ) .

El objetivo de este estudio es obtener un mapa de cobertura del suelo, el software utilizado para efectuar todos los procesos es el SPRING . Que permite mejorar los resultados de dicha interpretacion se utilizo una imagen IHS con una resolución de 12.5 metros, obteniendo una mejor calidad y veracidad del producto. Finalmente se valido los cambios en la cobertura del suelo, mediante la aplicación de un scrip en LEGAL obteniendo como resultado el mapa de cambios para dos fechas diferentes, este estudio preliminar permitirá elaborar una planificación del uso del suelo disminuyendo los procesos degradativos, los resultados obtenidos demostraron que la metodología empleada en este trabajo es viable para el desempeño potencial de este tipo de estudios que monitoreen la dinámica del paisaje.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

Los ambientes naturales en la superficie de la tierra se mantienen según los cambios de energía y materia entre sus diferentes componentes (suelo, vegetación, rocas, clima etc.) que se articulan a través de mecanismos de funcionamiento e interdependencia tornándose en ecosistemas bastantes vulnerables a la acción antropica.

En la actualidad la mayor parte de las áreas con cobertura vegetal en la zona de estudio se encuentran alteradas, por el uso indiscriminado provocando graves desequilibrios al ecosistema ecológico y a la biodiversidad, como consecuencia de ello disminución de los recursos forestales, erosión del suelo, sobre pastoreo etc.

Se considera como una de las prioridades el conocimiento integrado del paisaje por medio de estudios y proyectos que brinden información cuantificable del estado actual de los recursos para la toma de decisiones en la planificación y ejecución de proyectos acordes a las necesidades, entendiendo la dinámica del ambiente. En la actualidad los sistemas que presentan información útil para el manejo de recursos son las técnicas de sensoriamiento remoto que se considera como una de las fuentes principales de manipulación de datos.

El empleo de imágenes de sensoriamiento remoto permite una visión sinóptica multiespectral y temporal de la superficie terrestre, aliada a su repetitividad se constituyen en herramientas extremadamente útiles en la detección, validación de los cambios en la cobertura vegetal

La Potencialidad de los recursos naturales principalmente cuando se tratan de áreas de gran magnitud, abaratando costos, tiempo y a la vez mejorando la calidad y precisión del producto, Para estos fines la metodología aplicada se basa en técnicas de segmentación y clasificación por regiones aplicadas en imágenes sin contraste, cuyo proceso genera una clasificación de unidades temáticas por clase, que posteriormente serán ajustadas por el foto interprete.

De esta forma el presente proyecto tiene por objetivo disponer de información actual de la vegetación natural y reforestada.

Los objetivos específicos se detallan a continuación:

- Creación de banco de datos, proyecto que permitan desarrollar todos los procesos posteriores en las imágenes.
- Segmentación y clasificación de imágenes correspondiente a todo el municipio de São José Dos Campos, permitiendo actualizar la información de cobertura del suelo
- Validación de áreas reforestadas y naturales a través del análisis temporal de dos imágenes correspondientes a fechas diferentes. (mapa de cambios)

- Creación de un box menor de tipo catastral, que permita discriminar mejor la vegetación adjuntando a una tabla (archivo contextual) de datos que permita disponer y conocer información referente al volumen aprovechable y potencial de dichas áreas.
- Detallar en una carta las unidades de paisajes con los recursos actuales del área de estudio, estableciendo un ordenamiento de dichas áreas que podrían considerarse de uso productivo potencial o de protección.
- Sugerir el diseño de un plan de manejo para un área menor probando la viabilidad con la utilización de información y herramientas de sensoriamiento remoto.

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEORICA**

#### **II.1. UTILIDAD E IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS DE SENSORIAMIENTO REMOTO.**

Segun Aspiazu C. et.al., (1981). la información presentada por los sensores remotos en la actualidad proporcionan una visión sinóptica e instantánea del paisaje y se constituyen en datos de gran potencial para los estudios que envuelven los mapeamientos integrados del paisaje, siendo de carácter interdisciplinario permitiendo una integración de profesionales de diferentes ramas.

La utilización de estos productos reduce los recursos financieros de personal y tiempo necesario para levantamientos de información. El sistema Landsat TM y otros sistemas ofrecen a los usuarios información visual y datos numéricos gravados en cintas magnéticas compatibles al computador.

#### **II.2. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES SATELITARIAS**

De acuerdo con ichards (1986), los datos de imágenes se encuentran presentados en niveles discretos de brillo, generando una matriz de líneas y columnas, el empleo de los sistemas procesadores en el análisis de esta información multispectral posibilita una gran manipulación de datos contenidas en estos sensores. Dentro del procesamiento de imágenes se incluyen dos etapas que son:

- Técnicas de Pre-procesamiento,
- Técnicas de procesamiento

##### **II. 2.1. TECNICAS DE PRE-PROCESAMIENTO.**

La aplicación de técnicas de pre-procesamiento se refiere al tratamiento inicial de los datos brutos obtenidos por los sistemas sensores de modo de remover características indeseables producidas en la imagen ( Schowengerdt, 1983), una vez corregidas debidamente las imágenes estarán listas para ser sometidas a procesamientos posteriores, las técnicas de pre-procesamiento pueden ser agrupadas en tres tipos de corrección denominados atmosféricas, radiométricas y geométricas.

Las correcciones atmosféricas corresponden a los efectos de absorción y reflectancia, estos efectos pueden minimizarse a través de la aplicación de algunas técnicas de corrección que se basan en la asociación de datos de la imagen con el comportamiento espectral teórico.

Las correcciones radiométricas presentan degradaciones en líneas o píxeles en función a los desajustes en la calibración de los detectores, según Schowengerdt (1983) indica que los píxeles que generalmente presentan ruidos poseen un valor en el nivel de gris igual a cero. Para Novo (1989) indica que el objetivo de las técnicas de la corrección radiométrica es minimizar las diferencias entre los niveles de grises analizando las desviaciones de cada píxel con relación a su vecinaria minimizando datos defectuosos.

Finalmente las técnicas de corrección geométrica y de registro de imágenes se hace con el objetivo de reorganizar los píxeles de la imagen en relación a un determinado sistema de proyección cartográfica, este proceso de registro consiste en el alineamiento geométrico de dos o más imágenes ajustando al sistema de coordenadas de la carta topográfica, por medio de la utilización de puntos de control identificables carta - imagen según Jensen (1986). Este proceso es usado en casos que se quiera comparar imágenes multitemporales combinando con imágenes de diferentes sensores, permitiendo una utilización conjuncionada de imágenes para la generación de estudios multitemporales de la cobertura vegetal del suelo.

## **II.2.2. TECNICAS DE PROCESAMIENTO.**

Dentro de este proceso se encuentran las técnicas de realce y las técnicas de clasificación y segmentación.

Las técnicas de realce de imágenes tienen como objetivo mejorar la calidad visual de las imágenes, estos algoritmos actúan reduciendo el volumen de datos, y realizando los objetos de interés para la mejor visualización.

### **II.2.2.1. TECNICAS DE REALCE.**

Estas técnicas tienen como objetivo mejorar la calidad visual de una imagen, a través de algoritmos que actúan reduciendo el volumen de datos, destinado a la aplicación de imágenes originales con histogramas con niveles de grises de forma unimodal. Crosta, (1992)

### **II.2.2.2. TECNICAS DE SEGMENTACION.**

Según Erthal et.Al (1991); La segmentación de imágenes es una técnica de agrupamientos de datos en la cual las regiones espacialmente adyacentes pueden ser agrupadas, permitiendo el particionamiento de imágenes en regiones homogéneas, descritas por características como: la media, la variancia, el área y el perímetro, etc, en general la segmentación puede ser procesada en el análisis de imágenes digitales siendo realizada por el método convencional de clasificación estadística.

De acuerdo a González (1987) este proceso es basado en dos propiedades de los niveles de grises discontinuidad y similaridad, la discontinuidad corresponde a la detección de cambios abruptos en los niveles de grises de una imagen, por otro lado la similaridad se basa en el agregamiento de píxeles que guardan semejanza con los vecinos, cuya similaridad es determinada por la tolerancia (T) representado por una distancia euclidiana entre los centros de los segmentos, los cuales contienen un único rotulo de identificación. La definición del lineal de similitud determina la densidad de segmentación, si este parámetro es muy bajo el proceso agregara pocos píxeles a las regiones, la definición del lineal de área esta dado en número de píxeles para que una región sea individualizada

Este proceso consiste en identificar en las imágenes las respuestas de los diferentes componentes, generalmente los algoritmos de clasificación multispectral son divididos en dos tipos de clasificación: La supervisada y la no supervisada, en la

supervisada el analista tiene algún conocimiento sobre las clases presentes en la imagen. La clasificación no supervisada es utilizada cuando no se tiene ningún tipo de conocimiento sobre el área imageada Crosta (1992), al respecto esta clasificación se basa en el análisis del agrupamiento identificando en el espacio de atributos nubes o “cluster” agrupado por píxeles espectralmente semejantes.

Los algoritmos de clasificación no supervisada presentan algunos inconvenientes para su aplicación en áreas heterogéneas. según Bins et.al (1993) .

### **II.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICAS (SIG's)**

El desenvolvimiento de sistemas de información geográficas se torna posible por la automatización de tareas realizadas manualmente que facilita la realización de análisis complejos, eso se debe a la posibilidad de integración de datos de múltiples fuentes y de creación de bancos de datos geocodificados. Estos sistemas permiten el procesamiento la entrada, almacenamiento, manipulación, análisis y salida de datos espaciales y geográficos que auxilian en el proceso de toma de decisiones. Estos sistemas objetivizan la integración de soluciones rápidas y precisas para el problema al comportamiento espacial de datos.

#### **II.3.1.DESCRIPCIÓN DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA.**

Según Burrough (1986) en un SIG's todos los datos geográficos pueden ser reducidos entres conceptos topológicos básicos: el punto, la línea, y el área (polígonos), de esta forma en principio todos los fenómenos y/o aspectos de paisaje pueden ser representados por aquellos elementos.

#### **II.4. APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO.**

En el área de la vegetación los SIG's pueden entre otras aplicaciones presentar tecnología auxiliar en el manejo forestal y en mapeamiento y monitoreamiento de la cobertura vegetal, según Susilawati eWeir (1988), con el empleo de estos sistemas de información es posible actualizar y manipular facilmente y con rapidez una extensa faja de informaciones espaciales necesarias para aquella actividad, lo importante en el área forestal esta en la habilidad para ejecutar operaciones complejas de análisis espacial asi como operaciones de modelaje en apoyo a planes de manejo, procesos de desertificación y disminución de la productividad del suelo,

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODO

#### III.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El area de estudio se encuentra localizada al Este de estado de São Paulo en la zona del medio de Vale do Paraíba en el municipio de São José dos Campos, cuya región se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas geográficas de longitud Oeste  $45^{\circ} 42' 00''$  a  $46^{\circ} 07' 00''$  W y latitud Sud de  $22^{\circ} 48' 00''$  a  $23^{\circ} 19' 29''$ S, (Fig: 1), con una superficie aproximada de  $1107.2 \text{ Km}^2$ . Actualmente esta región es caracterizada por la presencia de un parque industrial bastante diversificado con importantes centros de tecnología y presencia de extensas áreas de pastage, áreas agrícolas y areas de explotación minera.

**Figura N° 1 (Ubicación del Área de Estúdio)**



Las características climáticas de la zona de estudio esta interacionada por varios factores, que determinan una temperatura media anual de  $19^{\circ} \text{ C}$ , las

temperaturas extremas estan entre 22<sup>0</sup> y 15<sup>0</sup> C para el mês más caliente y mas frio respectivamente, con una humedad relativa alta por la intensa evaporación marítima, caracterizandose por una precipitación anual de 1174mm.

La geomorfología se caracteriza según Almeida (1964) en tres zonas que se encuentran representadas en el área de estudio: Una zona constituida por la “sierra la Mantequeira” parte Noreste caracterizada por elevaciones entre ( 600 – 750 m) con declives acentuados. Una Segunda zona “Valle Medio del Río Paraíba”, parte central del municipio; área plana dedicada a la actividad agrícola. Una tercera zona “Sierra de Mar”, parte Sudeste, sustentada por sedimentos aluviales con formas predominantes.

La cobertura vegetal constituida en clases de vegetación secundaria en diversos estados de crecimiento, con pequeños reforestamientos predominantes de *Eucalyptus Sp.*, la cobertura herbácea con predominancia de gramíneas de crecimiento natural (anuales y bianuales), entremezcladas con arbustos de pequeño porte. Con relación a los cultivos predominantes de la zona se encuentran los cultivos anuales de arroz frijol y batata entre los principales.

Según el proyecto RADAMBRASIL, (1983), en este trabajo fueron discriminadas áreas de vegetación secundaria, con dominio de *vegetacion Ombrófila densa, vegetación Estacional Semidecidual, y sabanas* para la formación *gramíneo – leñosa* .

### III.2. MATERIALES A SER UTILIZADOS

Los materiales que fuerón utilizados en este proyecto se detallan a continuación :

#### III.2.1. INFORMACIÓN DE SENSORIAMIENTO (SENSOR/SATELITE, BANDAS,ETC), PRESENTADAS EN EL SIGUIENTE CUADRO.

**CUADRO N<sup>o</sup> 1  
INFORMACIÓN SATELITARIAS UTILIZADAS**

<b>Sensor / satellite</b>	<b>Orbita</b>	<b>Punto</b>	<b>Cuadrante</b>	<b>Formato</b>	<b>Bandas</b>	<b>Fecha</b>
TM - 5 Landsat	219	76	E	Digital CD-ROM	3,4,5	3-7-99
	219	76	E	Digital CD-ROM	3,4,5	12-9-88
PAN -7 Landsat	219	76	E	Digital CD-ROM	1	3-9-99



### III.2.2. INFORMACIÓN DE APOYO (CARTAS TOPOGRÁFICAS Y MAPA)

**CUADRO N° 2**  
**CARTAS TOPOGRÁFICAS: HOJAS, ESCALA Y FECHA**

<b>Cartas Topográficas</b>	<b>N° de Hoja</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
São José dos Campos	SF-23-Y-D-I-1	1:50000	IBGE - 1973
Igarata	SF-23-Y-D-I-2	1:50000	IBGE – 1984
Yacareí	SF-23-Y-D-II-3	1:50000	IBGE – 1974
Monteiro Lobato	SF-23-Y-B-V-3	1:50000	IBGE – 1973
Camanducai	SF-23-Y-B-VI-4	1:50000	IBGE - 1972
Mapa Temático	SF-23-Y-D-II-1	1:100000	IBGE - 1987

### III.2.3. SOFTWARES EMPLEADOS

- Software SPRING (Sistema para el Procesamientos de Información Georeferenciada )
- Software operacional Excel
- Software operacional Windows

### III.2.4. EQUIPOS DE PROCESAMIENTO

- Una computadora
- Una mesa digitalizadora
- Una impresora
- Material de escritorio

### III.3. METODOLOGÍA.

La metodología aplicada para este trabajo fue desembolvida en cuatro etapas articuladas en el fluxograma desarrollado en la Figura N° 1, las etapas, citadas y sus respectivos procedimientos se citan a continuación:

#### *1. Selección y Adquisición de Información.*

Corresponde a la selección del área de estudio, establecimiento de las técnicas de sensoriamiento remoto y metodología desembolvida por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, obtención de imágenes de satélite, cartas topográficas escala 1:50000, mapas temáticos de vegetación e información bibliográfica de apoyo referencial.

#### *2. Procesamiento Digital de Imágenes.*

Esta etapa comprende el pre-procesamiento (Corrección geométrica), y el procesamiento de las imágenes, que engloba los procesos de realce, segmentación, clasificación y mapeamiento.

### 3. Interpretación y Análisis de los Procesos.

Comprende el análisis, interpretación y corrección de los polígonos en el mapeamiento (edición y reclasificación)

### 4. Integración de Información

En esta etapa se desarrolla la elaboración de las cartas de cobertura del suelo y análisis y discusión de resultados para posteriormente proseguir con la redacción del relatorio final.

## III.3.1. SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN

En esta primera etapa se definió el área de estudio y las características respecto a su delimitación para posteriormente establecer los parámetros de salida de la imagen que engloba todo el municipio de São Jose dos Campos, con la ayuda de cartas topográficas y mapas temáticos de uso y cobertura del suelo, como información base de recopilación, cuyos parámetros y datos del proyecto son los siguientes:

- Proyección UTM /SAD – 69
- Meridiano Central o  $45^{\circ}00'00''$
- Parámetros del Rectángulo Envolvente

X1= 385478.3

X2= 427651.6

Y1= 7421693.3

Y2= 7478178.0

- Nivel de Corrección 5

## III.3.2. CREACIÓN DE UN BANCO DE DATOS Y PROYECTO.

Proseguendo fue creado un banco de almacenamientos de datos, un proyecto cuyo nombre fue definido en función de los parámetros de la imagen a analizar, seguido de un modelo de datos y planos de información, quienes recibieron la información registrada para posteriores tratamientos. Se creó un modelo de datos inicial donde se registraron un grupo de clases temáticas que representaron la asociación a los polígonos generados en la clasificación y mapeamiento de la imagen:

## III.3.3. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Esta etapa corresponde al pre-procesamiento (corrección geométrica, técnicas de realce y contraste), y el procesamiento (técnicas de clasificación digital).

### III.3.3.1. CORRECCIÓN GEOMÉTRICA Y REGISTRO DE IMÁGENES (ETAPAS DE PRE-PROCESAMIENTO)

El georreferenciamiento de las imágenes TM-Landsat5, fue hecho a través del registro de bandas asociando (líneas-columnas) de la imagen con las coordenadas geográficas (latitud-longitud), adquiridas de cartas topográficas escala 1:50000. En la ubicación exacta de los puntos de control carta-imagen, este proceso se dificultó, por la inexistencia de cartas topográficas actuales del área de estudio, y por tratarse de un área

cuyas características particulares de relevo del área la hacen bastante heterogénea. El objetivo de este proceso es para permitir la combinación de imágenes diferentes en una misma área, y de corregir las distorsiones existentes en la imagen por el sistema sensor y por imprecisión de datos de posicionamiento de la plataforma, También se estableció que esta imagen georreferenciada fue tomada como base para efectuar el registro de otras imágenes que se utilizarán dentro de este proyecto.

Entre las alternativas de registro disponibles en el SPRING se tiene por mesa, imagen y teclado, que fueron empleados a manera de aprendizaje y práctica.

### **III.3.3.2. REALCE DE CONTRASTE DE BANDAS.**

Las técnicas de realce de contraste en imágenes tiene por objetivo mejorar la visualización de las bandas, aumentando la discriminación de los objetos presentes en la imagen, ayudada por la manipulación de los histogramas de frecuencias en los niveles de grises de cada canal, para este trabajo se utilizó la opción de tipo lineal, que consiste en la forma más simple de manipular y controlar los parámetros de la inclinación en la recta y el punto de intersección con el eje "X" .para ello se diseñaron composiciones coloridas de tres bandas 3,4,5 (BRG) y 4,5,3 (RGB), almacenadas en planos de información, como imágenes "sintéticas", que permitieron alta capacidad en la asociación a los colores reales mejorando la calidad para la fotointerpretación y de las clases temáticas.

### **III.3.3.3. SEGMENTACIÓN DE IMAGENES (TÉCNICAS DE CLASIFICACIÓN DIGITAL) ETAPA DE PROCESAMIENTOS.**

La segmentación de bandas es una técnica de agrupamientos de información, permitiendo el particionamiento de la imagen en regiones de acuerdo a ciertas características de: discontinuidad, similaridad y lineal de aceptación descritos anteriormente en revisión bibliográfica. Para este estudio se optó por los siguientes parámetros de combinación; un lineal de similaridad de 25 bajo el cual dos regiones son consideradas similares, agrupándose en una única región y un lineal de área mínima de 50 dado en número de píxeles para que una región sea individualizada respectivamente (Bins et al., 1993). para segmentar la imagen.

En este Trabajo los parámetros de segmentación y clasificación fueron utilizados de acuerdo a recomendación de otros investigadores; ya que las características de tamaño del área y la poca capacidad de la máquina utilizada no permitieron efectuar pruebas que se adecuen al área y al estudio, con el análisis de esta información se obtuvo un área mínima de mapeo visual de 3.2 Has, para una escala en la imagen de 1:50000 con una resolución espacial de 25 mt en la imagen, generando segmentos que mejor representen la realidad en el terreno.

### **III.3.3.4. CLASIFICACIÓN Y MAPEAMIENTO DE LA IMAGEN.**

En la clasificación temática de las regiones en la imagen segmentada fue utilizada un clasificador tipo *ISOSEG* , disponible en el *SPRING*, a través de un algoritmo de datos no-supervisado, basado en técnicas de "clustering" aplicadas sobre el conjunto de regiones caracterizados por atributos estadísticos obtenidas por el

archivo de contexto, este clasificador utiliza esta información estadística para estimar el valor central de cada clase .

En este trabajo se definió los segmentos que poseen la misma similaridad estadística por medio de un nivel de aceptación de 95% que mejor se adecue para este caso, esta definición es una etapa crítica dentro del proceso ya que a medida que se disminuye ese valor de aceptación se aumenta el número de clases generadas, según Bins et al., (1992). Posterior a la clasificación se efectuó un mapeamiento, que consiste en la asociación de las clases originadas con las previamente definidas en el banco de datos.

### **III.3.3.5. CORRECCIÓN DE LA IMAGEN CLASIFICADA (EDICIÓN Y RECLASIFICACIÓN DE POLIGONOS)**

Esta etapa implica la rotulación de las clases temáticas de modo de corregir los polígonos y expresar más fielmente la realidad en el terreno, con la utilización de una imagen sintética con tipo acoplaje se evaluó en forma general el resultado de la clasificación para posteriormente establecer la delimitación de los segmentos en el mapeamiento. Finalmente para mejorar todavía más la calidad de los geo-objetos se creó un plano de información conteniendo una imagen IHS con resolución espacial de 12.5 mts. y la ayuda de un mapa temático de uso del suelo permitió una mejor edición e interpretación de geoclases, para ello importante la transformación para formato vectorial .

### **III.3.3.6. TRANSFORMACIÓN IHS.**

Para obtener esta composición colorida de componentes IHS (Intensidad, Matiz y Saturación) fue necesario seleccionar tres bandas 345 de Landsat 5 con resolución espacial de 25 mts. y una pancrómica de landsat 7 con resolución de 12.5mts. y generar una combinación 3(B),4(R),5(G) de modo que la vegetación sea representada en color roja, considerándose la mejor composición para discriminar la vegetación. Después de obtener las bandas individuales de (intensidad, saturación y matiz) se aplica un aumento de realce en el contraste de los componentes (H y S), posteriormente a esa operación se efectuó la transformación inversa IHS---RGB, reemplazando la banda pancrómica por la saturación (S) obteniendo una composición colorida con una resolución espacial correspondiente a la imagen PAN.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología implementada y en cumplimiento a los objetivos establecidos anteriormente, se analiza y discute los resultados obtenidos en este trabajo.

#### IV.1. SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PRELIMINARES.

Se trata de toda la información y datos utilizados como unidades bases para desarrollar el presente proyecto, los datos respecto a imágenes de satélite fueron seleccionadas para dos fechas 12/09/1988 y 3/07/1999 del formato de archivos solo se escogieron tres bandas (3,4,5) para cada año respectivamente la información temática de apoyo proveniente del proyecto RADAMBRASIL (1983) sirvió de gran ayuda a para la identificación de los elementos presentes en la imagen.

#### IV.2. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES.

##### IV.2.1. CORRECCIÓN GEOMÉTRICA. (PRE-PROCESAMIENTO)

Para esta operación fue realizado el registro, corrigiendo distorsiones existentes en la imagen a través de la adquisición de puntos de control imagen–carta para tres imágenes de fechas diferentes, en estas correcciones se aplicó el registro por mesa, teclado y tela procedimientos disponibles en el SPRING, para ello se utilizó corrección de un polinomio de primer grado, para una escala de trabajo de 1:50000 y un error de teste menos de un pixel. La información respecto al número y error en los puntos de control para tres imágenes se detallan en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 3**  
**INFORMACIÓN CUANTITATIVA DE CORRECCIÓN GEOMÉTRICA**

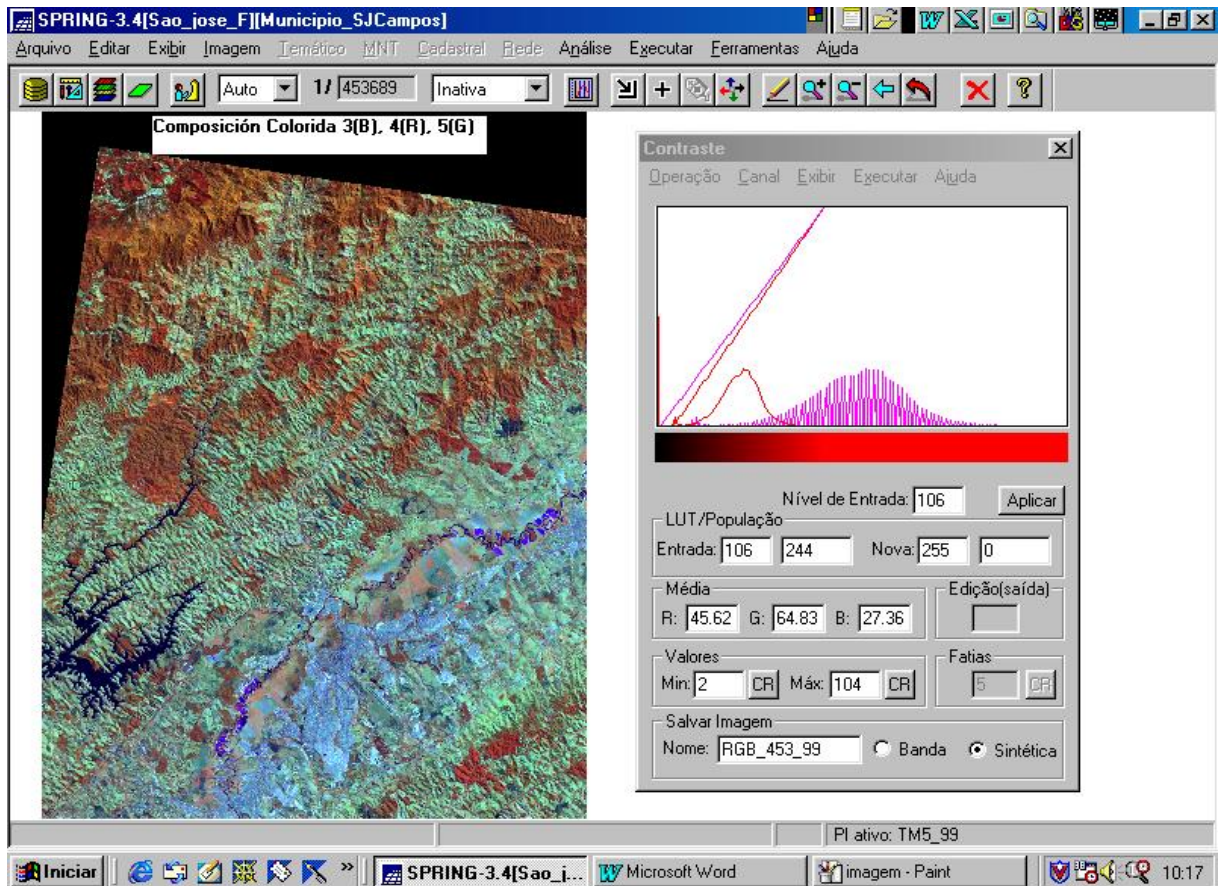
<b>Imagen/ Fecha</b>	<b>Total de Puntos</b>	<b>Puntos de Teste</b>	<b>Error de Puntos de Control</b>
Landsat 5/99	10	6	0.685
Landsat 5/88	6	4	0.364
Landsat 7/99	6	4	0.428

##### IV.2.2. REALCE EN EL CONTRASTE DE IMAGÉNES.

Entre las diferentes técnicas de realce se aplicó la “Ampliación Linear de Contraste” por tratarse la más común en la visualización, ya que el objetivo de este proceso es mejorar la detección y discriminación de los diferentes componentes en la imagen, se desarrolló dos tipos de composiciones en la primera se asoció las tres bandas a los colores primarios que más relacionan la respuesta espectral a la realidad 3(B), 4(G), 5(R) y la segunda combinación linear 3(B),4(R), 5(G), donde la vegetación aparece en falso color que se muestra en la Figura N° 1

# FIGURA N° 1

## REPRESENTACIÓN Y COMBINACIÓN DEL TIPO DE REALCE APLICADO A LA IMAGEN-99



Esta composición 4(R), 5(G), 3(B) fué la más empleada dentro este proyecto para identificar e interpretar las diferentes respuestas espectrales en la imagen y por constituirse en la que mejor discrimina los tipos vegetación dispersa en pequeñas manchas. Posterior a esta a ello se recorto los (PI's) en función del plano límite del municipio de São José Dos Campos.

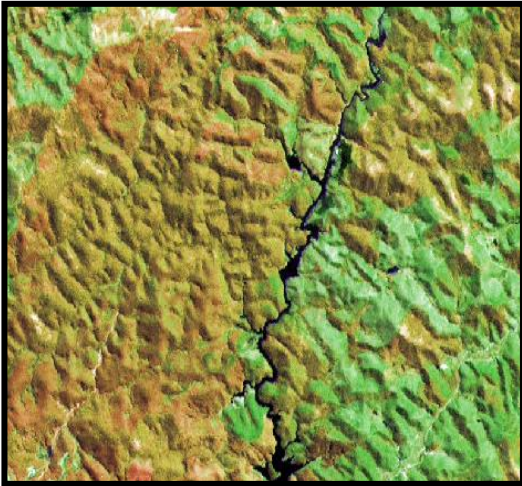
### IV.2.3. TRANSFORMACIÓN IHS.

Esta técnica de transformación por componentes "IHS" en una imagen permite la manipulación individual de cada constituyente. En la Figura N° 2 se observa la representación de la vegetación, el urbanismo y la agricultura resultado de la transformación aplicada.



**FIGURA N° 2**

**SECUENCIA DE RESPUESTAS PARA TRES COMPONENTES**



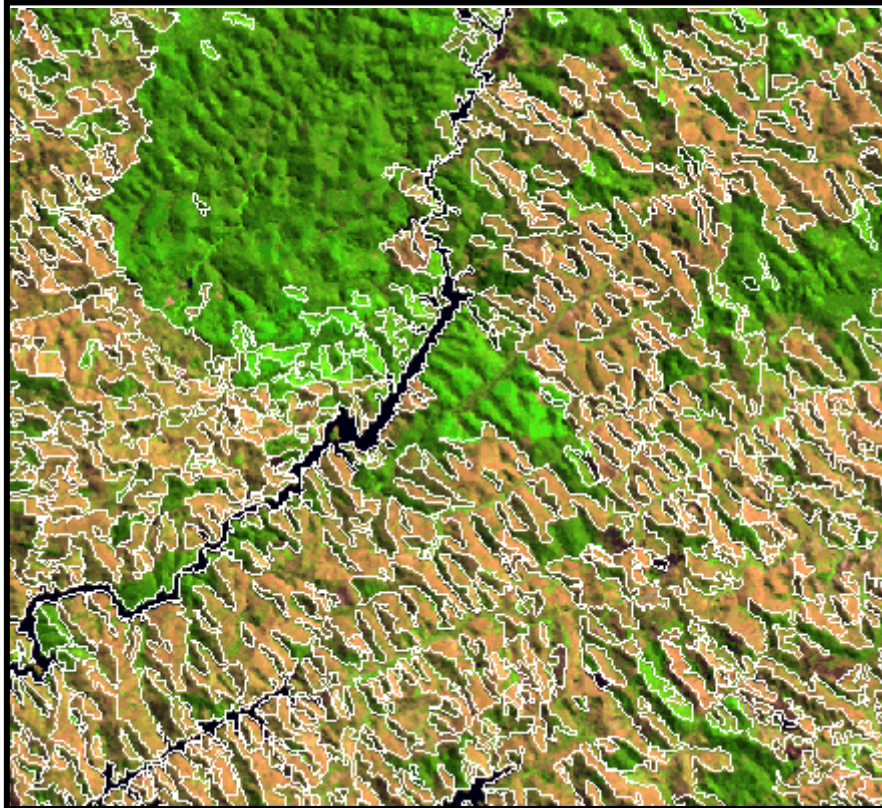
Con la imagen sintética 4(R), 5(G), 3(B) se aplico este tipo de transformación que genera bandas “I”, “H”, “S” (Intensidad, Matiz y Saturación) de las cuales; los componentes “H” y “S” sufrieron modificaciones en los histogramas de frecuencias permitiendo un aumento en el contraste de los colores. Por medio de la operación de adición “Ganho y Offset”, tendiendo a enfatizar el color asociado a ella, tal adición promueve el dislocamiento del histograma de frecuencias para la derecha del intervalo de niveles de cinza, de modo de intentar centralizarlo y mejorar la exposición de colores se aplico un valor de +50, +40, +30, manteniendo la adición de +30 para el componente “S” y de +45 para el componente “H”, dando como resultado una mejor separabilidad de las clases espectrales presentes en el paisaje principalmente cuando se considera la sensibilidad de este producto para detectar las diferentes unidades mapeadas.

Este procesamiento fue aplicado para poder diferenciar una cierta confusión manifestada en las clases mapeadas. Según este análisis se indica que los productos de la transformación (IHS) de manera general aumenta grandemente el contraste y la separabilidad de los componentes tornandose más favorable para la interpretación visual.

#### IV.2.4. SEGMENTACIÓN Y EXTRACCIÓN DE REGIONES EN LA IMAGEN.

En la Figura se observa la segmentación de la parte Norte correspondiente a la “Sierra de la Mantequeira” del área de estudio, detallando la separación entre diferentes respuestas espectrales en los componentes praderas y vegetación .

**FIGURA N° 3**  
**SEGMENTACIÓN DE LAS BANDAS 3,4,5 SBREPUESTA A UNA IMAGEN**



Los poligonós producidos por el proceso de segmentación con algoritmo “*ISOSEG*” y la aplicación de un linear de similaridad de 25 tiende a agregar regiones espectralmente proximas, omitiendo algunas áreas que no fueron diferenciadas por el segmentador, que posteriormente precisaron la agregación de clases durante el mapeamiento.

La confusión presentada en la segmentación se manifiesta entre reforestamientos y vegetación natural y suelo expuesto entre areas urbanas, estableciendo un incremento en el proceso de edición de segmentos para incluir esas clases, este proceso fue aplicado con los mismos parámetros para ambas imagenes del 88 y para el 99. La aplicación y elección del linear de similaridad debe ser efectuado con criterio, llevando en consideración la disminución o aumento del volumen de ediciones, depende de ese parámetro, del objetivo de trabajo y de las características del área de estudio; la utilización de bandas originales para esta operación (sin transformación de la variancia)

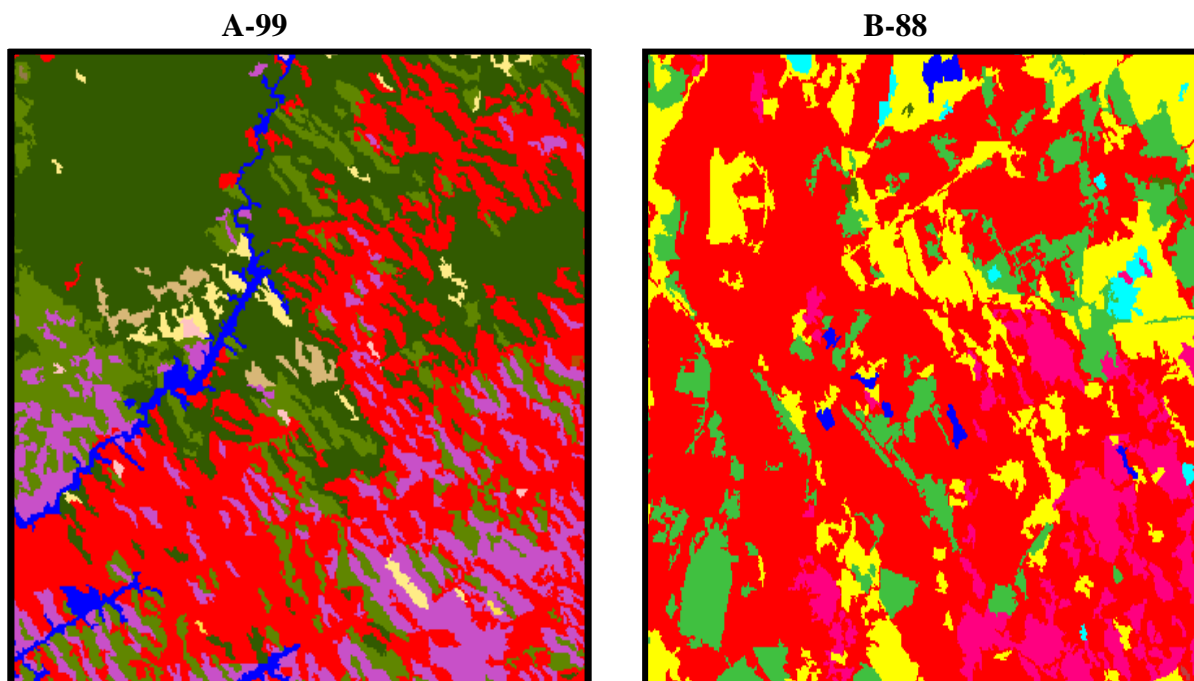
Para concluir se puede indicar que los resultados generados por la segmentación fueron satisfactorios y de gran utilidad para discriminar unidades.



#### IV.2.5. RESULTADO DE CLASIFICACIÓN Y MAPEAMIENTO

A partir de la imagen segmentada se realizó el proceso de extracción de regiones para obtener los atributos estadísticos, y obtener la clasificación con un linear de aceptación del 95% considerando este parámetro como valor medio en la definición de clases, finalmente se obtuvo el mapeamiento asociando cada tema de cada clase creada en el banco de datos del *SPRING*, en la Figura N° 4 se observa dos áreas: A-99 que detalla la clasificación de la vegetación y B-88 que detalla la clasificación del área urbana, correspondiente a dos fechas temporales.

FIGURA N° 4



#### IV.2.6. PROCESO DE EDICIÓN Y CLASIFICACIÓN.

En esta etapa se asignó corrección a aquellas clases que manifestaron confusión, por medio de un acoplaje a una imagen, relacionando a la clase verdadera, para obtener mayor facilidad en la comparación se transformó la imagen de (raster-vector) después de finalizada las correcciones con la combinación de la imagen “sintética” se efectuó una nueva comparación definitiva con una imagen “IHS” con resolución espacial de 12 mts, resaltando mejor las bordas y eliminando dudas en relación a la respuesta de algunas clases que confundían su identificación. Las clases utilizadas para este mapeamiento se desarrollan a continuación:

- **Vegetación Secundaria.** Se refiere a la vegetación natural dominante que actualmente se presenta perturbada en virtud del proceso selectivo de aprovechamiento de las especies, vegetación en diversos estados de crecimiento.
- **Vegetación Reforestada.** Se refiere a la reposición de la vegetación alterada, estableciendo formaciones arbóreas homogéneas con predominio de una sola especie, que en este caso son formaciones de bosque de *Eucalyptus Sp.*, y de *coniferaceas*.

- **Vegetación de Galeria.** Comprende la vegetación que mantiene un deliniamiento fijo de desarrollo, siguiendo la trayectoria de rios y quebradas, característica de áreas húmedas.
- **Prederas.** Incluye a aquellas áreas con cobertura predominante de gramíneas de crecimiento anual, bianual, entremezcladas con pequeños arbustos, tambien se atribuye a los pastos mejorados de barbechos de la agricultura.
- **Cultivos.** Incluye cultivos de tipo anual perenne como: papa, maíz mani,etc.
- **Urbanismo.** Comprende toda el área edificada , parte industrial y loteamientos nuevos que ocupa el suelo .

#### IV.2.7. CUANTIFICACION DE LAS CLASES MAPEADAS EN EL MUNICIPIO DE SÃO JOSE DOS CAMPOS.

Las clases registradas en la imagen del 88 y del 99 se muestran en las siguientes cuadros que representan la superficie y el porcentaje de ocupación de cobertura de suelo; como tambien los resultados del mapa de cambios extraidos a partir de mapas temáticos correspondientes a los años de interés. puede indicarse que la clase mapeada con mayor porcentaje representada por Pasturas/suelo con 47% , seguidas se encuentran la vegetación secundaria.

La semicuantificación respecto al año 1988, indican que del total de superficie del área de estudio existe un 47% correspondiente a la clase temática pasturas/suelo seguida de la clase temática vegetación secundaria con 30%, y un 0.4% correspondiente al porcentaje de la clase temática vegetación reforestada, representado la categoria más baja.

**CUADRO N° 4  
RESULTADOS DE LAS CLASES TEMÁTICAS RESPECTO A DOS FECHAS**

Clases Temáticas	Area en 1988		Area en 1999	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Areas Urbanizadas	83.87	7.6	109.4	9.8
Areas agrícolas	70.97	6.4	66.7	6.0
Areas Deforestadas	46.66	4.2	0.0	0.0
Pasturas/Suelo	526.8	47.5	496.8	44.3
Vegetación secundaria	335.3	30.2	335.4	30.9
Vegetación de Galeria	15.80	1.4	36.5	3.3
Vegetación Reforestada	3.530	0.3	39.3	3.5
Otras	25.12	2.3	24.0	2.2
<b>Total</b>	<b>1108.13</b>	<b>100</b>	<b>1108.13</b>	<b>100</b>

Los resultados correspondientes al mapeamiento 99 registran un 44%, de la clase temática pastura/suelo, seguida de un 30% de vegetación secundaria, se determina que existe un leve incremento en las clases temáticas de urbanismo,vegetación reforestada y

áreas agrícolas en relación a los resultados del 88. El Gráfico siguiente demuestra la distribución porcentual de clases temáticas correspondiente a 1988

#### IV.2.8. SEMI-CUANTIFICACIÓN DE LAS CLASES TEMÁTICAS DE CAMBIOS EN EL MUNICIPIO DE SÃO JOSE DOS CAMPOS.

Estos porcentajes de información cuantificable fueron provenientes del cruzamiento de información referente a los mapas de cobertura del suelo 88-99, a través del cruzamiento de información realizada en el *SPRING* y por la aplicación de un pequeño programa en *LEGAL* que definió la representación de las clases temáticas que sufrieron alteraciones durante este periodo de tiempo.

La información semi-cuantificable se detalla en el Cuadro N° 6, expresados en porcentajes de uso, que representan a las clases que más alteración sufrieron durante este periodo de tiempo, destacando a la vegetación secundaria, que fue sometida a procesos de aprovechamientos y talas selectivas.

**CUADRO N° 6  
PORCENTAJES Y ÁREAS DEL MAPA DE CAMBIOS 88-99**

<b>Clase 88</b>	<b>Clase 99</b>	<b>Superficie Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Veg_Secundaria	Veg_Reforestada	28.4	4.4
Veg_Secundaria	Pasturas_Suelo	69.4	10.9
Pasturas_Suelo	Veg_Secundaria	96.7	15.3
Pasturas_Suelo	Areas_Agrícolas	6.7	1.0
Pasturas_Suelo	Veg_Galeria	14.4	2.3
Veg_Deforestada	Veg_Reforestada	1.1	0.2
Veg_Deforestada	Suelo_Pastura	31.0	4.9
Areas_Comunes	Areas_Comunes	384.7	60.8
<b>Area Total</b>		<b>632.4</b>	<b>100</b>

Según esta semicuantificación se determina alteraciones en la clase temática Pasturas/ Suelo expuesto, para vegetación secundaria, es decir que incremento la vegetación, pudiéndose tratar de reforestamientos o matorrales, no se tiene certeza del tipo de vegetación que fue alterada, ya que la falta de información de campo es imprescindible para determinar con exactitud del tipo de vegetación de la que se está tratando.

#### IV.2.9. RECORTE DE UN AREA CON BOX MENOR MAPA DE VEGETACIÓN TIPO CATASTRAL .

Esta parte del trabajo se elaboró con la finalidad de tener un mapa con clases de tipos de vegetación lo importante de esta parte del trabajo es de tener práctica en la formación de bancos de datos, que sirva como base en la actualización constante y progresiva de información referente a este tipo de recursos. Según este tipo de información obtenida por este proceso se establece una herramienta de gran importancia y utilidad en el mapeamiento de recursos forestales en especial, en lo que respecta a la inventariación para elaboración de planes de manejo.

## CONCLUSIONES

1. El uso de imagenes Landsat de diferentes fechas se constituyen en fuentes valiosas de informacion para estudios medio ambientales.
2. La utilizacion de herramientas de sensoriamiento remoto permiten el procesamiento digital de imagenes, consideradas de gran importancia para el analisis y control en el manejo de recursos naturales de grandes areas, obteniendo resultados con mayor rapidez y precision reduciendo sustancialmente l;e tiempo y costos.
3. La aplicacion de metodologias basadas en tecnicas de segmentacion y clasificacion por regiones fue optimamente satisfactoria, recomendando para otros estudios.
4. Los resultados semicuantificables obtenidos de estos procesos se indica un incremento de la vegetation reforestada para la gestion del 99, siendo la clase tematica de mayor enfasis