

Análise multitemporal do uso e cobertura do solo na Área de Proteção Ambiental (APA) Tejupá, no período de 1984 a 2011

Anderson Antonio da Conceição Sartori¹

Diego Augusto de Campos Moraes ¹

Junia Karst Caminha Ruggiero¹

Célia Regina Lopes Zimback¹

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA

Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas - GEPAG

Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil

sartori80@gmail.com, diegomoraes@fca.unesp.br, junia_ka@yahoo.com.br,

czimback@gmail.com

Abstract. To observe and monitor changes in patterns of land use, has used the Remote Sensing and GIS, Featured. Thus, the vegetation indices are also important indicators of environmental quality, and are widely used in studies on environment. This study aimed to characterize the vegetation cover in the Environmental Protection Area - APA Tejupá, applying remote sensing techniques using vegetation indices NDVI and check the timeline changes which occurred in the period from 1984 to 2011 as a result of land use. Landsat-5 images were used for preparing the map of land use and for the vegetation index. It was observed during the 27 years the advancement of the urban area and reforestation and reducing annual crop, pasture and native forest in the study area. The big change during the study period was the class that was reforestation of 12,668.98 ha in 1984 and went there in 2011 to 36,430.30. The classes of annual crop, exposed soils, native vegetation and pastures became part of the reforestation areas. The study space / time showed the consequences of different conservation policies regarding the geographic restriction land uses. The study of landscape dynamics provides important elements for understanding the socio-spatial area investigated because it allows a look through the forms created or modified the temporal evolution of the processes that shape the reality. NDVI is a technique that is efficient to analyze temporal changes occurring in vegetation mapping allowing for comparisons between different periods and identify areas with greatest changes.

Palavras-chave: remote sensing, land use and cover changing, landscape, vegetation index, sensoriamento remoto, dinâmicas de uso e cobertura da terra, paisagem, índice de vegetação.

1. Introdução

O monitoramento da mudança de uso do solo são artifícios científicos com estrutura matemática e computacional para apoio ao Planejamento e Gestão Urbana e Regional. Permitem a análise dos condicionantes e das consequências da dinâmica dos usos do solo e quando cenários são utilizados, podem ainda dar suporte ao estabelecimento de políticas e ações de planejamento.

Expansão das áreas residenciais sobre áreas de florestas, conversão de florestas em áreas agrícolas ou pastagem e a fragmentação de áreas de vegetação natural, são alguns exemplos, entre outros, de mudanças de usos do solo que podem ocorrer em função das populações humanas em regiões com Áreas de Proteção Ambiental - APA. O potencial do impacto adverso dessas transformações depende de sua escala, extensão, padrão espacial e das dinâmicas relações entre os usos do solo (KUHN, 2005).

A análise de mudanças nos padrões de uso do solo tem despertado interesse em virtude do acelerado processo de transformações das últimas décadas, especialmente a intensa e progressiva urbanização mundial, e pelos potenciais impactos ambientais e socioeconômicos que essas mudanças estão trazendo, desde o nível local até o global.

Para observar e acompanhar as mudanças nos padrões de uso do solo, tem se utilizado o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento, em destaque.

Segundo Fonseca (2002), o uso de imagens de Sensoriamento Remoto como fonte de informação para a produção de mapas, é um dos grandes impulsionadores de inovações no

ramo do Geoprocessamento. O grande interesse de seu uso advém da temporalidade da informação juntamente com seu relativo baixo custo, quando se busca informações de uso e cobertura do solo. Como a paisagem é alterada constantemente pela ação do homem, a interpretação de imagens de satélite é uma fonte indireta para a determinação da dinâmica dos processos econômicos e a expansão urbana, em ambiente de Geoprocessamento.

De acordo com Jensen (2009), as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas desde a década de 1960 na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação, que podem ser medidos através dos índices de vegetação, denominados medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verdes e radiação fotossinteticamente ativa absorvida. Sendo assim, os índices de vegetação são também importantes indicadores da qualidade ambiental, além de serem bastante utilizados nos estudos sobre o meio ambiente.

Rosa (2009) afirma que os índices de vegetação utilizam as faixas do vermelho e do infravermelho próximo por conterem mais de 90 % da variação da resposta espectral da vegetação e, portanto, tais índices realçam o seu comportamento espectral, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos da mesma.

2. Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a cobertura da vegetação na Área de Proteção Ambiental - APA Tejupá, com aplicação de técnicas de sensoriamento remoto através de índices de vegetação NDVI e verificar as transformações espaço temporal ocorridas no período de 1984 á 2011, em decorrência do uso do solo.

3. Material e Métodos

Descrição área de Estudo

O Perímetro Tejupá possui uma área de 158. 830 ha, contendo parte dos territórios de 10 municípios: Barão de Antonina, Coronel Macedo, Fartura, Itaporanga, Pirajú, Sarutaiá, Taquaiá, Taquarituba, Tejupá e Timburí como mostra a (Figura 1).

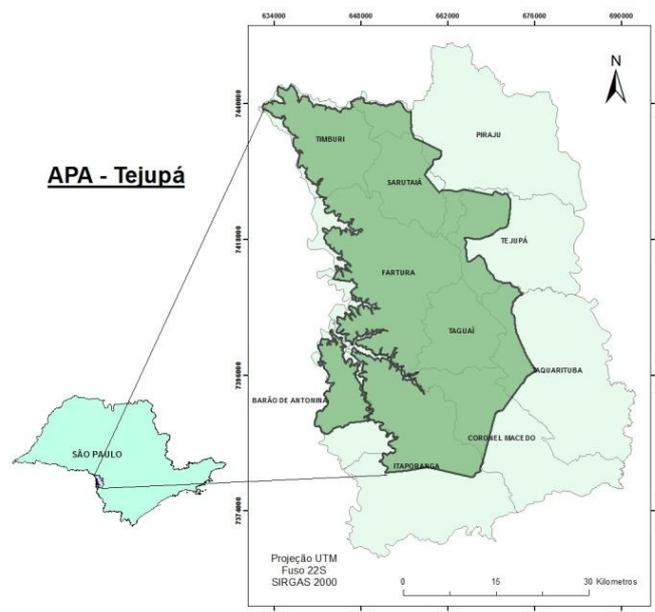


Figura 1. Localização da APA Tejupá, SP.

Pertence à UGRHI 14 (Alto Paranapanema). Este perímetro está localizado na região da Serra da Fartura, na faixa das Cuestas Basálticas entre a Depressão Periférica e o Planalto Paulista. É envolvido pelos rios Verde, Taquari e com maior presença o Paranapanema e suas duas represas, a Jurumirim e a Xavante, em sua porção paulista. Estes elementos juntos formam um conjunto cênico expressivo com potencial turístico de grande importância para a região.

Imagens orbitais

Imagens do satélite Landsat-5 *Thematic Mapper*, órbita/ponto 221/076, tomadas nos dias 01-10-1984 e 28-12-2011, foram utilizadas as bandas 3 (0,63 μm - 0,69 μm), 4 (0,76 μm - 0,90 μm) e bandas 5 (1,55 μm - 1,75 μm) na elaboração dos índices de vegetação e dos mapas de uso ocupação do solo. As imagens foram obtidas através da página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - <http://www.inpe.br>.

As imagens das duas épocas foram importadas e georreferenciadas utilizando-se o Sistema de Informação Geográfica SIG IDRISI-Selva.

Uso e cobertura do solo

Foi empregado o método de classificação não-supervisionada Cluster. Neste trabalho, foi executado o tipo de classificação cluster: *Fine* (CF), que permite que um pico possua vizinhos não diagonais com maior frequência, e separa em diferentes clusters todas as quebras de histograma. O método gerou os vinte e três clusters previamente definidos. Em seguida, os clusters foram comparados à imagem verdade de modo a realizar a reclassificação e agrupamento nas seis classes consideradas, conforme a classe mapeada por cada cluster.

Índices de vegetação por diferença normalizada - NDVI

A vegetação é caracterizada por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,63 - 0,69 μm) e por uma intensa energia refletida na região do infravermelho próximo (0,76 - 0,90 μm) causada pela estrutura celular das folhas. Várias transformações matemáticas dos dados das bandas 3* e 4** do Landsat 5 TM mostraram-se indicadores sensíveis da presença da vegetação verde e são referidos como índices de vegetação nestas bandas. A diferença dos valores dos dados das bandas 3 e 4 são proporcionais à refletância da cena vista, sendo a medida do grau de vegetação verde na imagem. Um índice básico muito utilizado é o “índice de vegetação com diferença normalizada” (NDVI), como definido em (Tucker, 1979):

O NDVI é expresso pela razão entre a diferença da medida da refletância nos canais do infravermelho próximo e vermelho e a soma desses canais, ou seja:

$$\text{NDVI} = (\rho\text{NIR} - \rho\text{Red}) / (\rho\text{NIR} + \rho\text{Red})$$

Onde: ρRed e ρNIR representam, respectivamente, os valores de refletância na região do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético de objetos na superfície terrestre.

Tradicionalmente estas imagens, em função do próprio modelo matemático apresentam resultados que variam de -1 a +1 em escala de tons cinzas. Entretanto é possível, por meio de outra sub-rotina do mesmo programa, (STRETCH), aplicar uma operação de reescalonamento transformando uma imagem, que antes variava entre -1 a +1, para uma imagem com valores de alcance de 0 a 255 (EASTMAN et al., 1995). Este procedimento foi aplicado com o objetivo de poder oferecer uma imagem com uma paleta de cores com maior variabilidade nos tons de cores e, desse modo, facilitar a observação visual (LOURENÇO, 2002).

Outra forma para a verificação de possíveis mudanças ocorridas nos mapas de NDVI durante o período estudado é por meio de uma operação matemática de subtração (Equação 1) entre os dois mapas. Esta operação é realizada por uma sub-rotina conhecida como OVERLAY da seguinte forma:

$$DIF_{11/84} = NDVI_{2011} - NDVI_{1984} \quad (1)$$

onde NDVI 1984 é o mapa do ano de 1984; NDVI 2011 é o mapa do ano de 2011.

4. Resultados e Discussão

Uma análise dos resultados obtidos sobre a dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal na APA Tejuπά, equivalente a área classificada de 142.250,46 ha, para os anos de 1984 e 2011, a partir da metodologia utilizada, foi identificada uma progressiva diminuição das áreas de floresta nativa. A figura 2 ilustra os mapas temáticos obtidos para os anos de 1984 e 2011.

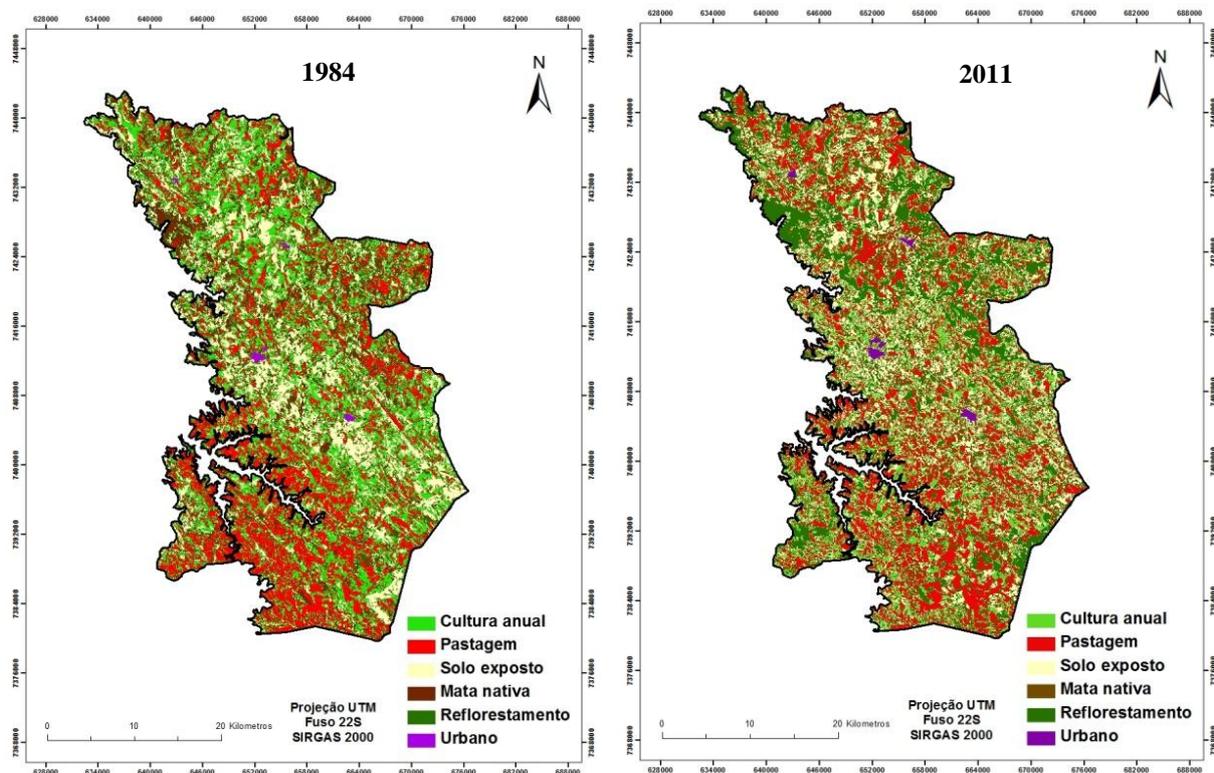


Figura 2. Uso e ocupação do solo nos anos de 1984 e 2011 da APA Tejuπά, SP.

Foi possível observar no período de 27 anos o avanço da área urbana e do reflorestamento e a redução de cultivo anual, pastagem e mata nativa na área de estudo conforme Figura 3.

Em 1984 a área urbana da APA Tejuπά era de 281.68 ha, com a expansão urbana passou para 564.27 ha no ano 2011, como mostra a Tabela 1. A expansão urbana esta relacionada às mudanças sociais, econômicas e ecológicas, que vem provocar mudanças na paisagem, resultando em impactos ambientais.

Outra mudança que teve destaque no período estudado foi a redução das áreas com cultivo anual, onde pode ser explicado pela época da imagem, pois o momento era de preparo de solos para próxima safra. Isto fica constatado com a classe de solos exposto que teve um grande aumento, de 30.524,92 ha passou para 33.350,41 ha sendo estes solos em preparo para próxima safra. Outro fator a ser considerado é que áreas de cultura anual passaram para reflorestamento.

A Tabela 1 demonstra a perda que à classe de mata nativa teve no período estudado, em 1984 era de 19.252,68 ha passando para 16.810,73 ha em 2011, resultando no índice negativo durante o período analisado. Um dos fatores que vem contribuindo para o aumento desse índice negativo, é a falta de conscientização dos pequenos e grandes produtores rurais que vem desmatando cada vez mais para aumentar sua área de cultivo.

A mata nativa cumpre funções ecológicas muito fundamentais para o equilíbrio ambiental. Ela protege o solo dos impactos das águas das chuvas, evitando o deslocamento das partículas do mesmo para o leito d'água. Sem cobertura vegetal podem ocorrer também outros problemas, como: perda da qualidade da água; erosão e perda de nutrientes do solo; assoreamento dos rios (contribuindo para ocorrência de enchentes); alteração do clima local (as plantas têm capacidade de absorção de calor); perda da biodiversidade, entre outros.

Tabela 1. Quantificação das classes de uso e cobertura do solo nos anos de 1984 e 2011 na APA Tejuapé.

Classes de uso	Uso 1984 (ha)	Uso 2011 (ha)	Ganhos	Perdas
Cultura anual	43.399,16	21.342,76	-	2.2056,4
Pastagem	36.404,72	34.316,26	-	2.088,46
Solo exposto	30.524,92	33.350,41	2.825,49	-
Mata nativa	19.252,68	16.810,73	-	2.441,95
Reflorestamento	12.668,98	36.430,30	23.761,32	-
Urbano	281,68	564,27	282,59	-
Total	142.531,58	142.531,58	26.869,4	268339,86

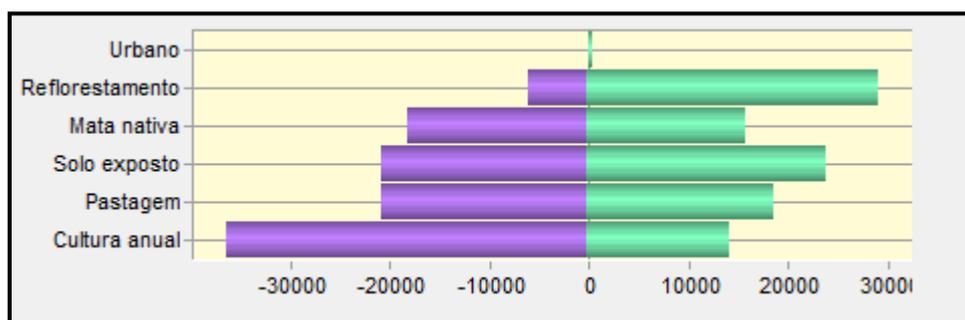


Figura 3. Perdas e ganhos nas classes de uso do solo na APA Tejuapé.

A grande mudança no período estudado foi à classe de reflorestamento que era em 1984 de 12.668,98 ha e passou para 36.430,30 há em 2011. Pode ser observado pela Figura 4, que áreas de cultura anual, solos expostos, mata nativa e pastagens passaram a integrar áreas de reflorestamento. O plantio de espécies exóticas vem ganhando grande destaque tornando se q principal atividade econômica da região, que vem aos poucos substituindo as antigas fazendas destinadas à agropecuária.

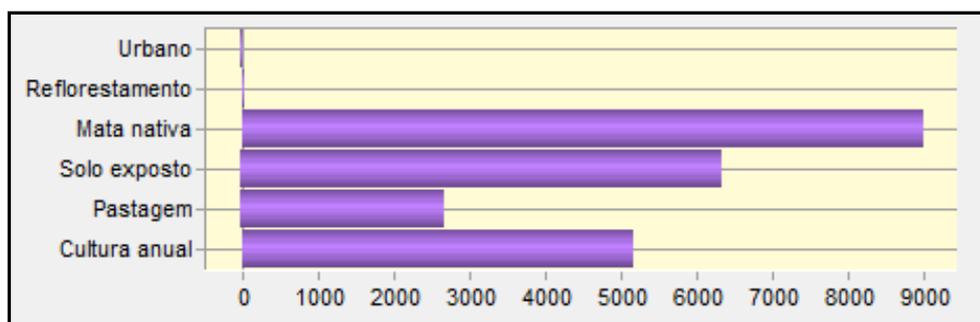


Figura 4. Classes de uso que contribuíram para aumento do reflorestamento na APA Tejuapé.

A Figura 5 ilustra os mapas de NDVI referente aos anos de 1984 e 2011. Como se pode observar nos mapas de NDVI dos anos de 1984 e 2011, as áreas que apresentam cores que tendem do amarelo claro para o roxo indicam maior densidade de vegetação. Por outro lado, as cores que tendem do amarelo claro para o marrom indicam áreas de menor densidade de vegetação. Pode-se também verificar uma considerável diferença de intensidade de tonalidade entre os dois períodos, ou seja, as áreas com intensidade de roxo escuro são mais marcantes no ano de 1984 do que no ano de 2011, indicando dois cenários: em 1984 ocorriam extensas áreas de vegetação em estado natural e poucas áreas com nenhuma vegetação, tais como as áreas urbanas e industriais; no ano de 2011 observa-se uma tendência de modificação da paisagem, as áreas que no ano de 1984 se apresentavam com maior intensidade de roxo escuro no ano de 2011 se mostram menos intensas.

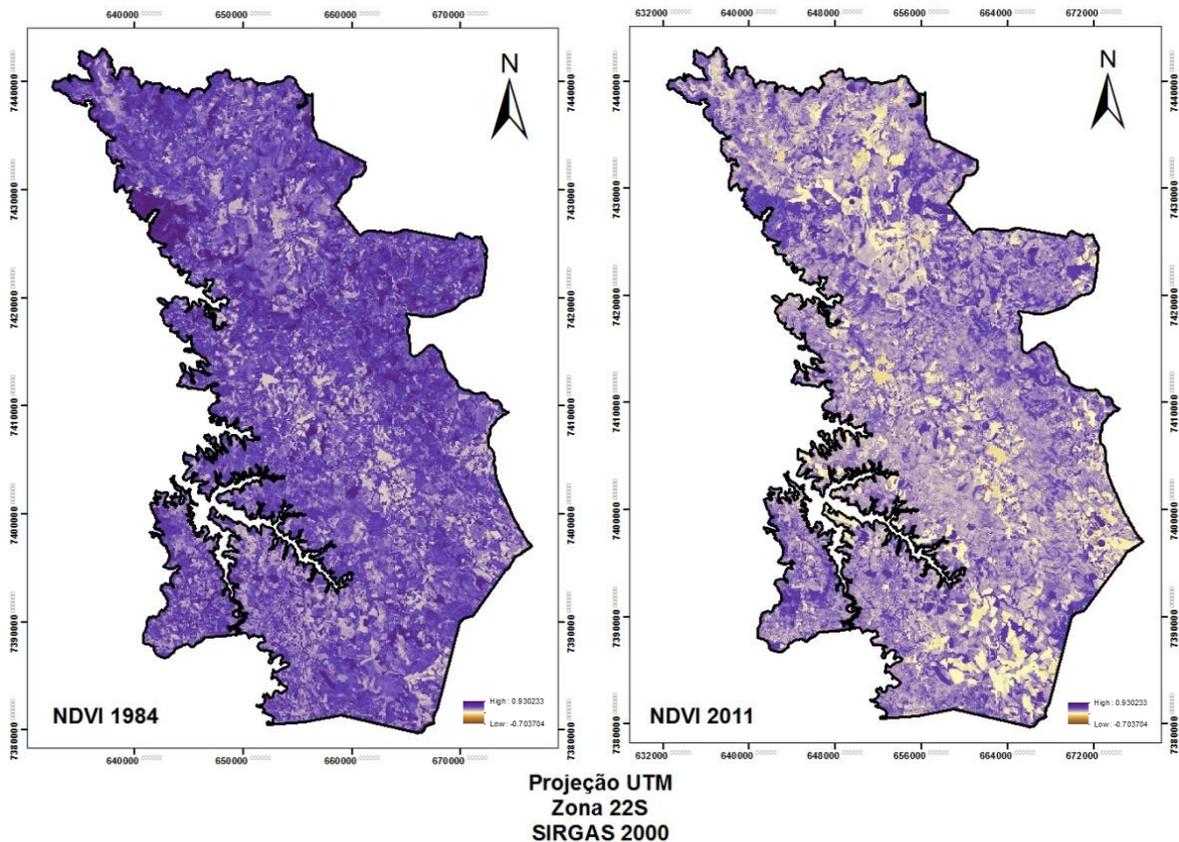


Figura 5. Mapas do Índice de vegetação por diferença normalizada referente aos anos de 1984 e 2011.

O resultado da operação dos mapas por diferença foi um mapa com escala contínua de valores negativos aumentando para valores positivos (Figura 6), onde é indicado que quanto maior for o valor positivo isso significa maior ganho de NDVI e inversamente quanto maior o valor negativo, maior a perda de NDVI. Conseqüentemente as áreas com valores próximos a zero não apresentam mudanças significativas.

Outro ponto de consideração sobre essa diferença pode ser explicado pelas considerações de Ponzoni e Shimabukuro (2010), quando mencionam a influência das sombras do dossel nos valores de NDVI. Para eles, em áreas com vegetações mais espaçadas os dados podem ser superestimados devido à maior ação das sobras das plantas. Desta forma, no caso analisado, as baixas diferenças nos valores de NDVI podem estar associadas a essa questão, uma vez que, quanto mais vegetada a área menor as influências das sombras.

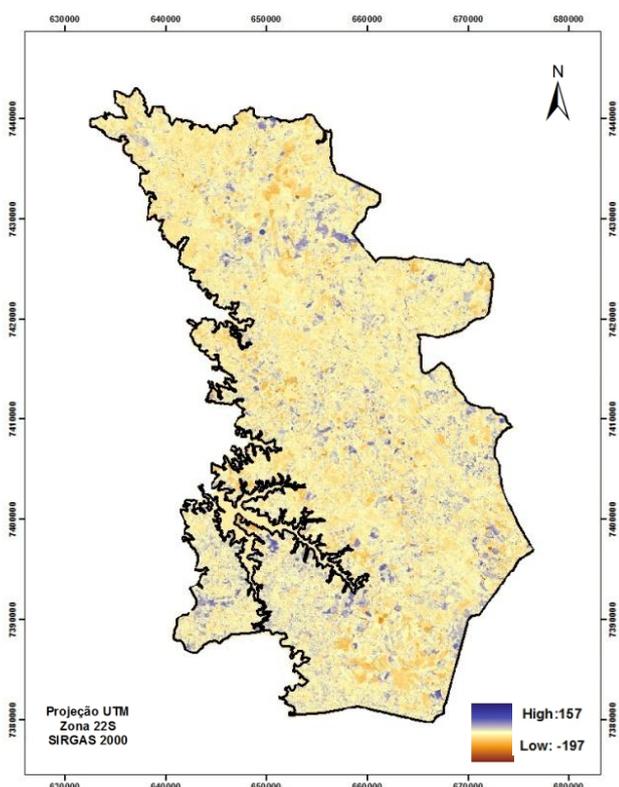


Figura 4. Mapa das diferenças de NDVI de 1984 para 2011.

5. Conclusões

A metodologia se mostrou válida para retratar a distribuição de usos do solo em diferentes períodos, assim como para analisar as mudanças ocorridas e seus principais condicionantes.

O estudo espaço/temporal mostrou as consequências de diferentes políticas conservacionistas referentes à restrição geográfica a usos do solo. Por exemplo, a inexistência de qualquer política conservacionista acarreta potencialmente em uma significativa expansão de áreas com intervenção antrópica e perda de áreas de mata dentro da área atualmente delimitada como APA Tejupá, que é a área de interesse de preservação ambiental.

Nesse contexto, o estudo da dinâmica da paisagem fornece importantes elementos à compreensão da realidade sócio-espacial da área investigada, pois permite observar através das formas criadas ou modificadas a evolução temporal dos processos que conformam essa realidade e além disso, como tais processos, nesse caso antrópicos, interagem com o ambiente natural a partir de uma visão holística e integradora.

O uso de imagens de satélite é uma ferramenta de grande auxílio nesse processo, pois possibilitou a identificação das formas e suas transformações ao longo do tempo.

Outro ponto refere-se ao cálculo do NDVI. Essa técnica se mostrou eficiente para analisar as mudanças temporais ocorridas na cobertura vegetal possibilitando elaboração de mapas para comparações entre períodos distintos e identificar áreas com maiores mudanças.

6. Referencias

Eastman, J.R.; Mckendry, J.E e Fulk, M. A. **Change and Time Series Analysis**. UNITAR. Clark University, Worcester, USA. Second Edition, 1995.

Fonseca, L. M. G. **Processamento Digital de Imagens**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p

Kuhn, Caroline. **Uma análise sistêmica das transformações de uso como suporte à decisão para o planejamento de Unidades de Conservação, 2005**. 166p. UFRGS. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Lourenço, R.W. **Modelagem geostatística por geoprocessamento em uma área da Baixada Santista**. Tese (doutorado) UNESP – IGCE, Rio Claro-SP, 257 p., 2002.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7.ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264 p.

Tucker, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n.2, p. 127-150, 1979.