Estudo da dinâmica do uso do solo na área destinada ao Parque Estadual do Tainhas, Rio Grande do Sul, Brasil, com ênfase na silvicultura de *Pinus* sp. e sua importância na perda de ecossistemas campestres

Thiago Silva dos Anjos[1]

Iuri Buffon[1]

[1] Laboratório de Gestão Ambiental e Negociação de Conflitos, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (GANECO/UERGS)

Rua Assis Brasil, 842, Centro, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP 95.400-000.

thiago.sv.anjos@gmail.com

iuribuffon@gmail.com

Abstract. Tainhas State Park is a "integral protection kind" protected area established in 1975, which has fewer than 5% of its land area regularized. Thus, economic activities still occur within its polygonal, among them forestry Pinus sp. In this context, the analysis of changes in land cover and use of this protected area using Geographic Information System can be an important tool for planning and management. Using the Landsat 5 TM satellite images (years 1984, 1997 and 2009), four categories of land use were established for analysis: native forest, Pinus sp, field/ground vegetation and water. It was observed in the field and undergrowth classes, a variation of -617.9 hec between 1984 and 2009, which means an average loss of area of 24.7 hec / year. In forest class, the variation between 1984 and 2009 was -239.6 hec, representing an average loss of 9.5 hec / year. In Pinus sp class, it was observed an increase of more than 60 times its initial area from 1984 to 2009 (+805.9 hec), representing an average increase of 32.2 hec / year. At the end, considering the current law, the cultivation of Pinus sp in Tainhas State Park is inconsistent with the conservation of biodiversity and maintaining the integrity of local ecosystems, as well as it is at odds with the concepts of "nature conservation", "preservation" and "integral protection" established by the "National System of Protected Areas", as well as the definition of permanent preservation area guaranteed by the Federal Law 4.771/65.

Palavras-chave: Geographic Information System, management of protected areas, image classification, Landsat 5 TM, Sistemas de Informação Geográfica, gestão de áreas protegidas, classificação de imagens, Landsat 5 TM.

1. Introdução

Vivemos em um mundo cada vez mais atento para as questões ambientais. Esta atenção faz com que a proteção de remanescentes de áreas naturais seja tema de grande importância, tanto quando se tenta isolar uma área da "influência" dos seres humanos, tanto quando se pretende protegê-la com a presença e a colaboração das pessoas. A legislação federal cria áreas com esta finalidade, em nosso país, chamadas de unidades de conservação (UC) (Lei Federal 9.985/00, Sistema Nacional de Unidades de Conservação).

O Parque Estadual do Tainhas, criado pelo Decreto Estadual nº 23.798 de 1975, é uma unidade de conservação pertencente ao grupo de Proteção Integral e seu plano de manejo traz como justificativa para sua implantação:

> *"Manter uma amostra representativa da paisagem típica dos campos de cima da serra, com sua fauna terrestre e aquática associadas" (Rio Grande do Sul, 2008).*

Além disso, o mesmo documento prevê a necessidade de manutenção da qualidade das águas do rio Tainhas. Outro objetivo proposto é o de que o parque:

> *"Em conjunto com outros atrativos naturais de alto valor paisagístico da região, contribua para o fomento e a sustentação do turismo e da educação ambiental nos municípios onde se insere" (Rio Grande do Sul, 2008).*

No entanto, apesar dessas considerações, pessoas residem no interior do Parque. Dentre as atividades econômicas mantidas na UC, para o sustento da população residente, a mais preocupante é a silvicultura, que se dá através do plantio em extensas áreas de *Pinus elliotii* Engelm, *Pinus patula* Schelcht et Cham e *Pinus taeda* L., além dos seus híbridos.

A silvicultura ocorre no interior da UC porque a regularização fundiária do Parque, durante esses 36 anos de criação, ainda não foi efetivada. Sua implantação começou a acontecer apenas em 2002, após a criação do Projeto Conservação da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul (PCMARS). Este projeto foi fruto de um convênio entre o Estado do Rio Grande do Sul e o Banco Alemão de Desenvolvimento (KFW, ou Entwicklunsbank). Na prática foram investidos 10 milhões de euros pelo KFW a fundo perdido, visando à proteção dos remanescentes do bioma Mata Atlântica no Rio Grande do Sul. Somente em dezembro de 2005 o Parque Estadual do Tainhas teve a sua primeira gestora nomeada, e somente em dezembro de 2008, como uma das contrapartidas do Estado no PCMARS, e com recursos oriundos de medida compensatória, houve a primeira indenização de proprietários no interior da unidade de conservação.

Considerando a questão da análise da paisagem, há ferramentas computacionais para o geoprocessamento, chamadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que são muito importantes na tomada de decisões sobre problemas urbanos, rurais e ambientais, através de seu potencial de sanar a carência de informações adequadas existente nestes temas no Brasil, com tecnologias de custos relativamente baixos e de forma que o conhecimento seja adquirido localmente (Câmara et. al., 2002).

Assim, a análise espaço-temporal de como o uso e a cobertura do solo se modificam em uma área destinada a unidade de conservação, sem a adequada regularização fundiária, pode ser utilizada para o planejamento da restauração ambiental dessa área, bem como para prevenir novos impactos similares.

Este estudo teve por objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo, com ênfase na expansão das áreas de *Pinus* sp, na região destinada ao Parque Estadual do Tainhas, entre 1984 e 2009.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A área de estudo está inserida nos municípios de Jaquirana, São Francisco de Paula, e Cambará do Sul, região nordeste do estado do Rio grande do Sul, e fica entre as coordenadas UTM 557400mE, 6773400mN e 564000mE, 6793300mN na zona 22 J (retângulo envolvente: -28º 50’ 12”, -50º 20’ 34” e -29º 9’ 59’’, -50º 24’ 35”).

O Parque Estadual do Tainhas possui uma área de aproximadamente 6.654 hectares (ha). Quanto ao seu clima, este é Cfb, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual entre 14 Cº e 16 Cº. O Parque se localiza inteiramente no bioma Mata Atlântica. Os tipos vegetacionais e ambientes encontrados na unidade de conservação são a Floresta Ombrófila Mista (ou Mata de Araucária), Estepe Gramíneo-Lenhosa e Estepe Parque (campos de altitude), banhados, turfeiras e afloramentos rochosos (Rio Grande do Sul, 2008).

2.2. Fontes de dados e programas utilizados

Para a realização deste trabalho foram utilizadas as cartas do exército Várzea do Cedro MI 2955/1 e Jaquirana MI 2938/3, de escala 1:50.000, em formato *Bitmap* (*bmp*) e resolução visual de 300 dpi. O limite do Parque Estadual do Tainhas foi obtido em arquivo vetorial (formato *Shapefile, shp*) no Datum Córrego Alegre, disponibilizadas pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado (SEMA). As imagens de satélite utilizadas foram as da órbita 221 ponto 80 do satélite Landsat 5 sensor *Thematic Mapper*, formato *Tiff*, datadas de 11/06/1984, 01/07/1997 e 23/01/2009, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). No auxílio à classificação dos usos do solo foram utilizadas, além das saídas a campo para verificação *in loco*, a visualização das imagens do satélite SPOT 5 dos anos de 2002 e de 2008, disponibilizados pela SEMA.

Para a criação do banco de dados e vetorização das classes de uso de solo da área de estudo foi utilizado o *software* Cartalinx (ClarkLabs, 1999). No georreferenciamento das cartas do exército e das imagens do satélite Landsat 5 TM, foi utilizado o *software* Idrisi Andes (ClarkLabs, 2006). E na obtenção das áreas de preservação permanentes (APP) ripárias, para o *buffer* dos rios e arroios, foi utilizado o *software* Arcview GIS 3.3 (ESRI, 1998).

O georreferenciamento das imagens de satélite teve por base as cartas do exército com a utilização de um número mínimo de 12 pontos de controle, distribuídos de forma regular na imagem. Após a plotagem dos pontos de controle, foi utilizado o módulo Resample e a função linear de mapeamento e reamostragem pelo método bilinear, do programa Idrisi. A resolução espacial das bandas espectrais de saída é de 30 metros, o erro médio quadrado (RMS) ficou inferior a 0,5 pixel e o Datum utilizado, Córrego Alegre, correspondeu ao da base cartográfica.

Todas as imagens do satélite Landsat TM 5 passaram pelo processo de composição falsa cor. Elas tiveram as suas bandas analisadas em histogramas de distribuição espectral que serviram de base para o contraste através do *software* Idrisi. Após o contraste foi realizada a fusão das bandas 3, 4 e 5. Neste módulo, foram criadas composições de todas as imagens, através de filtragem RGB (*Red, Green, Blue*) utilizadas no trabalho, RGB 543 e RGB 453.

Foram importadas para o *software* Cartalinx todas as cartas do exército georreferenciadas que serviram como base (*backdrops*) no processo de vetorização. Através da vetorização, realizada no mesmo *software,* foram criados planos de informação correspondentes aos objetos geográficos encontrados nas cartas do exército, altimetria e hidrografia. As imagens do satélite Landsat TM 5 serviram como base para a vetorização de usos do solo do Parque.

O *software* Cartalinx permitiu, além da vetorização, a criação de um banco de dados alfa-numérico de qualificação dos objetos.

Todos os arquivos vetoriais, depois de revisados em relação aos seus atributos do banco de dados, foram exportados para o formato *shapefile*, padrão de todos os produtos finais do trabalho. Os arquivos *raster* (matriciais) derivados dos dados vetoriais foram exportados para o formato *GeoTiff*.

A partir do modelo numérico de terreno, foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) no *software* Idrisi. As classes hipsómetricas foram geradas através de reclassificação dos valores do MDE, bem como as classes de declividade que foram expressas em percentuais. Estes dados serviram para a definição de APP relacionada ao relevo.

2.3. Mapeamento dos usos de solo

Usando como base as composições coloridas RGB 453 e 543, de todos os anos estudados, no *software* Cartalinx foi elaborada a vetorização dos usos de solo do Parque, onde foram estabelecidas as seguintes classes:

a) *Pinus sp* – Uso caracterizado pelo plantio de *Pinus elliotii* Engelm, *Pinus patula* Schelcht et Cham e *Pinus taeda* L., apresentando limites geralmente em linhas retas, sendo possível observar em seu interior as estradas utilizadas para a remoção da madeira.

b) Mata nativa – Floresta ombrófila mista de diversos estágios sucessionais.

c) Água – Leito do rio Tainhas e pequenos corpos hídricos como açudes.

d) Campo e vegetação rasteira – Classe de uso mais genérica que representa a matriz da paisagem, formada pelos campos nativos (savana ou estepe gramíneo-lenhosa), áreas desmatadas, pastagens, vegetação arbustiva rasteira. Devido à baixa resolução espacial das imagens, os banhados e turfeiras se incluem nessa categoria.

A classe de uso do "solo agricultura" não foi incluída no estudo devido a limitação de resolução espacial e por apresentar menos de 1% (0,58%) da área do Parque, segundo seu plano de manejo (Rio Grande do Sul, 2008).

3. Resultados e discussão

A dinâmica do uso e cobertura de solo do Parque Estadual do Tainhas, em hectares, dos anos de 1984, 1997 e de 2009, esta representada na Tabela 1. Visualmente é apresentada nas Figuras 1 e 2.

Tabela 1: Dinâmica de uso e cobertura do solo no Parque Estadual do Tainhas, nos anos de 1984, 1997 e 2009.

	1984 - 1997		**1997 - 2009**		**1984 - 2009**	
	Alteração da área (ha)	**Alteração média anual (ha)**	**Alteração da área (ha)**	**Alteração média anual (ha)**	**Alteração da área (ha)**	**Alteração média anual (ha)**
Pinus	+ 236,2	+ 18,16	+ 569,7	+ 47,4	+ 805,9	+ 32,2
Campo e vegetação rasteira	-59,1	- 4,5	- 558,9	- 46,5	- 617,9	- 24,7
Mata nativa	- 191,9	- 14,6	- 47,7	- 3,7	- 239,6	- 19,9

Como pode ser observado na Tabela 1, dentro do período analisado a matriz da paisagem (classe d, campo e vegetação rasteira) sofreu uma mudança de sua área de 5.259,1 ha em 1984 para 4.641,1 ha em 2009, uma redução de 618 ha (9,29%) que representa uma média anual de redução de campo de 24,7 ha. De 1984 a 1997, a média anual de redução desta classe foi de 4,5 ha, através da alteração da área de campo de 5.259,1 ha para 5.199,9 ha, reduzindo 59,1 ha (0,89%). Enquanto que, de 1997 para 2009, a redução foi bastante brusca, diminuindo de 5.199,9 ha para 4.641.1 ha, o que representa uma perda de 274,4 ha (8,4%) e uma diminuição média anual de 46,5 ha. Essas variações na área de campo ocorreram principalmente devido ao aumento das áreas de *Pinus* sp.

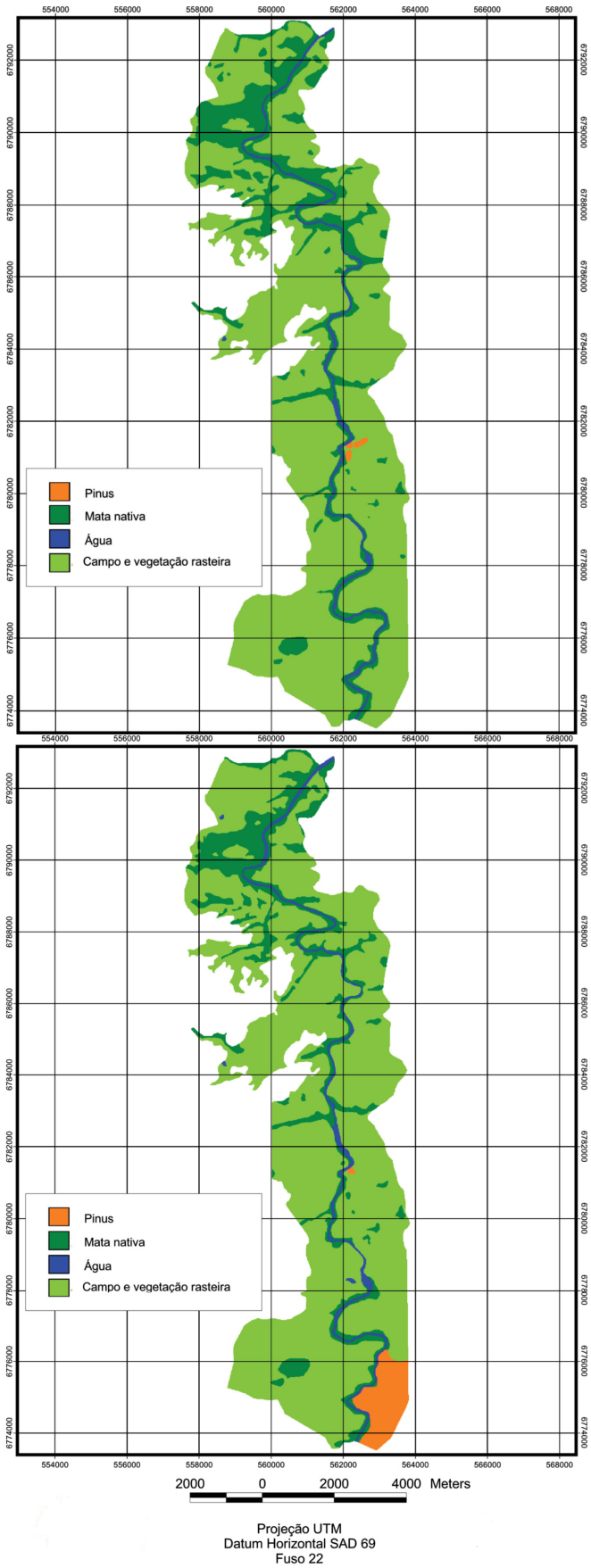

Figura 1. Uso e ocupação do solo no Parque Estadual do Tainhas entre os anos de 1984 (superior) e 1997 (inferior).

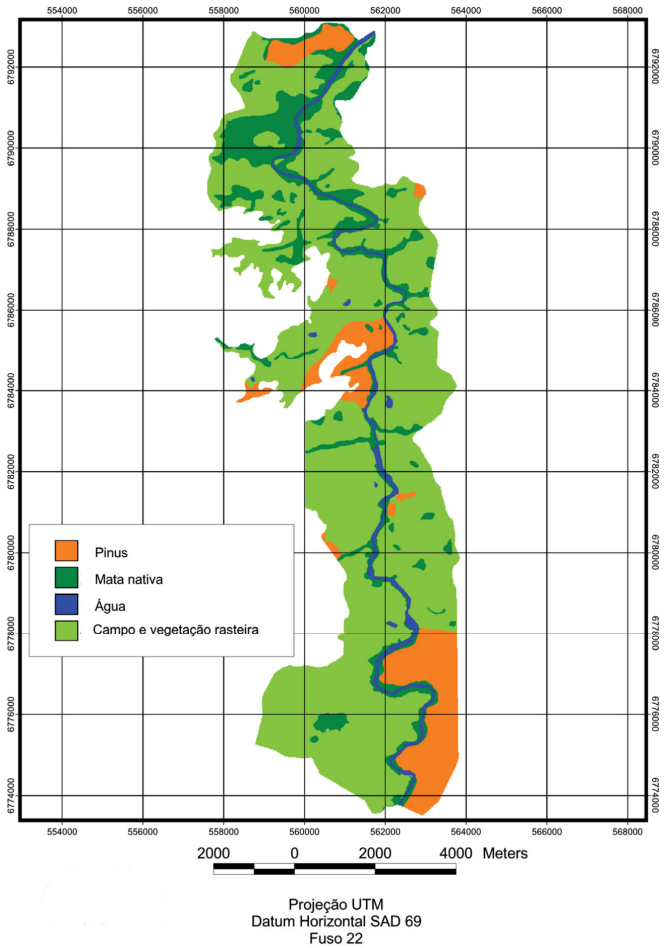

Figura 2. Uso e ocupação do solo no Parque Estadual do Tainhas no ano de 2009.

A transformação ocorrida na classe de segunda maior presença, b (mata nativa), de 1984 a 2009, foi de 1.198,9 ha para 959,3 ha, o que representa uma redução de 239,67 ha (3,6%), com uma perda anual média de 19,9 ha. Entre 1984 e 1997 houve uma diminuição de 1.198,9 ha para 1.007,0 ha, representando diferença de 191,9 ha (2,89%). Entre 1997 e 2009 a perda de área desta classe foi de 3,7 ha (0,71%). Uma ínfima parte dessa alteração ocorre por conta do aumento do nível do rio Tainhas durante o período e pela criação de açudes. Dentro dessa diferença também se encontram alguns desmatamentos (perceptíveis nos mapas, Figuras 1 e 2, na parte norte do Parque), mas o crescimento do cultivo de *Pinus* sp é o principal fator dessa alteração.

A mudança ocorrida na classe *Pinus* sp foi uma expansão de mais de 60 vezes a sua área entre 1984 e 2009, de 13,5 para 819,4 hectares, o que representa um aumento de área de 805,9 ha. O incremento anual médio foi de 32,2 ha. Os 13,5 ha de 1984 passaram a ser 249,7 ha em 1997, um acréscimo de 236,2 ha (3,55% da área do Parque, com aumento anual médio 18,1 ha). Entre 1997 e 2009 esta classe mais do que triplicou sua área, passando de 249,7 ha para 819,4 ha, um aumento de 569,6 ha (8,56%). Isto representa um incremento anual médio de 47,4 ha. A expansão ocorreu principalmente sobre a classe d (campo e vegetação rasteira), mas também em pequena parte sobre a classe b (mata nativa). Na região sudeste da unidade de conservação esta evolução aconteceu de forma massiva e homogênea, dentro da área de uma empresa de celulose, no município de Cambará do Sul (responsável por 478 dos 819,4

hectares de *Pinus* observados dentro do Parque em 2009). O restante está distribuído pela unidade de conservação em manchas menores, como pode ser observado nas Figuras 1 e 2.

As variações ocorridas na classe c (água) são causadas principalmente por alterações na vazão do rio Tainhas.

As transformações ocorridas na paisagem do Parque Estadual do Tainhas, apresentam dois problemas principais. O primeiro é a grande velocidade da expansão das áreas de *Pinus* sp (32,2 ha/ano). Nesta proporção de transformação da cobertura do solo dentro da unidade de conservação, há o risco de, num futuro não muito distante, a paisagem do Parque se tornar uma matriz de *Pinus* sp com fragmentos de paisagem natural.

Esta perda das paisagens naturais do Parque Estadual do Tainhas, segundo o seu plano de manejo (Rio Grande do Sul, 2008), provoca alterações negativas na vazão dos lençóis freáticos e no ecossistema, eliminando o hábitat de diversas espécies da fauna e flora. Além disso, fragmenta as áreas naturais e impede o fluxo gênico das populações, principalmente no que tange à dispersão de indivíduos e propágulos.

O segundo problema é o fato desta expansão estar ocorrendo sobre áreas de Estepe Gramíneo-lenhosa (campos de altitude). Segundo Ziller e Galvão (2001) a disseminação de *Pinus* sp em áreas de Estepe Gramíneo-Lenhosa implica:

> *"A perda de biodiversidade de um ecossistema sobre o qual não há informação científica suficiente para levar a ações satisfatórias de restauração ambiental, tomando por princípio que as mesmas devem buscar a restituição de processos ecológicos naturais."*

A preocupação dos referidos autores em relação aos campos é corroborada por Carvalho e Batello (2009). Ele aponta que, juntamente com os florestamentos da silvicultura, a expansão das áreas de cultivo de soja, o plantio de pastagens e o excesso de lotação das pastagens naturais são responsáveis pela redução dos Campos Sulinos, tendo em vista que, em 1970, estes somavam 14.078 milhões de hectares e, em 1996, passaram para 10.524 milhões de hectares. Atualmente a sua superfície estimada é de nove milhões de hectares, segundo Carvalho e Batello (2009).

Outros passivos ambientais causados pelo cultivo de *Pinus* sp são: o uso de fertilizantes e agrotóxicos (principalmente nos primeiros anos de cultivo para evitar as perdas causadas por formigas) que podem causar a contaminação dos lençóis freáticos e do solo. Segundo Poggiani (1996) isto pode eliminar formas de vida existentes e causar verdadeiros desastres ecológicos. A compactação do solo ocasionada pela utilização de máquinas pesadas durante a colheita diminui a sua porosidade, dificultando a infiltração da água e a disponibilidade de oxigênio para as raízes e para a biota. Além disso, após o corte raso, ocorre forte redução no processo de evapotranspiração, modificando o regime hídrico da microbacia (Poggiani, 1996). Ainda segundo este autor, o nível do lençol freático aumenta, causando acréscimos no escoamento superficial, alterando o deflúvio dos rios e prejudicando a qualidade das águas.

Considerando as curvas de nível e a hidrografia das cartas do exército da região estudada, as APP do Parque do Tainhas somam, entre ripárias e declivosas, 1.003,7 ha. Destas, 991,3 ha são APP ripária e 12,4 ha por declividade.

Dos 819 ha de *Pinus* sp presentes na unidade de conservação em 2009, aproximadamente 61 ha encontravam-se em APP. Destes, 55,8 ha encontravam-se margeando corpos hídricos, enquanto 5,4 ha eram plantios ou dispersão natural em locais com declividade superior a 45º.

4. Conclusões

Entre 1984 e 2009 a área de cultivo de *Pinus* sp. no interior do Parque Estadual do Tainhas aumentou mais de 18 vezes. Atualmente, a unidade de conservação conta com 819,4 ha de *Pinus* sp em seu interior. A taxa média de crescimento anual de silvicultura no interior do Parque, em vinte e cinco anos, foi de 32,2 ha/ano. Isto inclui plantios em APP.

A falta de regularização fundiária da área destinada a unidade de conservação, criada em 1975 e hoje com menos de 5% dos proprietários indenizados, é o principal fator por trás desta falta de controle do Estado sobre o território do Parque. O cultivo de *Pinus* na unidade de conservação é contraditório com o seu objetivo de proteção da biodiversidade, além de estar em desacordo com as normas e diretrizes estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei Federal, 9.9885/2000). Entretanto, se torna bastante limitada a ação dos gestores quanto a este problema, uma vez que a aquisição de áreas depende de recursos estaduais que devem ser previstos em orçamento, o que não tem sido feito historicamente. A única propriedade até o presente adquirida foi comprada com recursos de medidas compensatórias oriundas da construção de barragens. Isso nos leva a seguinte indagação: até que ponto vale a pena criar inúmeras unidades de conservação no papel, sem que elas façam parte de uma política estadual de gestão ambiental? Sem que na prática, estas áreas possam cumprir a sua função de proteção da biodiversidade?

A metodologia utilizada na realização deste trabalho se mostrou eficaz, podendo, entretanto, ser melhorada, principalmente através da utilização de imagens de satélite com maior resolução espacial.

5. Referências Bibliográficas

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M.V. 2001. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos. INPE. 345 p.

Carvalho, P.C.F; Batello, C. 2009. **Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: the natural grasslands dilemma**. Livestoc Science Vol. 120 (1): 158-162.

ClarkLabs. 1999. **Cartalinx**: the spatial data builder. Versão 1.2.

ClarkLabs. 2006. **Idrisi: The Andes Edition.** Versão 15.00.

ESRI. 1998. **ArcView GIS.** Versão 3.3.

Poggiani, F. 1996. **Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas naturais adjacentes.** Série Técnica IPEF Vol.10 (29): 22-35.

RIO GRANDE DO SUL, 2008. **Portaria SEMA Nº 093 de 26 de dezembro de 2008.** Aprova o Plano de Manejo do Parque Estadual do Tainhas.

Ziller S. R.; Galvão, F. 2001. **A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*.** Floresta Vol. 32 (1): 41-48