

## Cenários de estimativa dos impactos das atividades socioeconômicas sobre a vegetação remanescente do bioma Pampa.

Filipe Melechi Evangelista <sup>1</sup>

Charles Tebaldi <sup>1</sup>

Eliana Lima da Fonseca <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Departamento de Geografia  
Laboratório de Geotecnologias Aplicadas  
Caixa Postal 15001 - 91.501-970 - Porto Alegre, RS  
flp.me22@gmail.com  
charlestebaldi@gmail.com  
eliana.fonseca@ufrgs.br

**Abstract:** The economic exploitation of the Pampa biome done traditionally by farmers in this region has allowed the preservation of this biome and its economic use coexisted for a long period. Due to changes in the global economy, there was an intensification of agricultural activities in the region, especially the forestry activities. The aim of this study was to obtain scenarios to estimate the level of degradation of Pampa biome. Was carried out mapping and comparative analysis of changes of land use and land cover between 1987 and 2006 in the municipality of Pedras Altas - RS, identifying the following classes: "field-forest mosaic" (MCF) "forest-field mosaic" (MFC) and "Other Targets." The analysis of mapped areas for each class in different years has shown two trends: the decline of areas in the MCF class and the increase in class area Other Targets. For the scenarios construction was analyzed the average of the spectral response using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values versus the Gross Domestic Product (GDP) for the years 2002 to 2007. The relationship of NDVI with GDP is growing, but GDP growth is not explained by replacing the field areas by areas of forestry yet. Thus, further studies are necessary to have a better understanding about witch variables can be used to modeling the processes of change use and land cover and for scenarios construction.

**Palavras-chaves:** land use and cover, scenario construction, statistics, Rio Grande do Sul, uso e cobertura da terra, construção de cenários, estatísticas, Rio Grande do Sul.

### 1. Introdução

As formações vegetais que ocorrem ao sul do Brasil, o Pampa, são um dos sete biomas brasileiros classificados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), estando esse bioma restrito ao estado do Rio Grande do Sul. A vegetação desse bioma foi classificada por Veloso et al. (1991) como *estepe*, apresentando diferentes fisionomias: *arborizada*, *parque* e *gramíneo-lenhosa*. Muito comum na região é a utilização desta vegetação como suporte alimentar para a produção pecuária, devido à diversidade de plantas com alto valor forrageiro existente neste bioma (Nabinger et al., 2000), sendo que esse tipo de exploração econômica, baseada na criação extensiva de bovinos e ovinos, iniciou-se com a chegada dos padres jesuítas ao sul do Brasil, no século XVII e a prática do pastoreio determinou as características e a composição florística atual da vegetação.

A exploração econômica da vegetação natural ainda fundamenta-se na criação extensiva de animais de forma sustentável, mas devido às mudanças na economia mundial, que determinam a necessidade constante de intensificação das atividades agropecuárias, os danos à vegetação têm se tornado mais frequentes. A alta lotação de animais em pastejo (denominada superpastejo) ocasiona uma diminuição na ocorrência das espécies de maior valor forrageiro (preferidas pelos animais) devido à eliminação das gemas vegetativas, responsáveis pelo crescimento. Esta diminuição da variabilidade da vegetação desestrutura não só a comunidade vegetal, mas também o bioma como um todo (Rodrigues e Rodrigues, 1987). Também se tem observado, de forma cada vez mais freqüente, uma substituição da vegetação natural desse bioma por espécies vegetais exóticas, lavouras temporárias, como o

arroz e soja, bem como as espécies arbóreas. Essas transformações são decorrência da exigência de maior produtividade no setor agrícola (Overbeck et al., 2009), que tem como objetivo o aumento da rentabilidade da terra para o capital associado ao produtor rural.

Todo processo transformador da realidade produz um impacto, que pode ser visto de maneira positiva ou negativa. Positivo quando seu efeito transformador é absorvido dentro do ambiente em que se instala e auxilia na direção dos conceitos de equilíbrio e sustentabilidade. E negativo quando altera o ambiente em que ocorre na direção contrária aos conceitos acima mencionados. Entretanto, um impacto pode beneficiar um lado das variáveis econômicas, sociais e ambientais, sem chegar a uma condição de equilíbrio, pendendo para um lado ou para outro. Essa não será uma boa situação de impacto, pois estará priorizando apenas um lado da questão. Portanto, uma estratégia de desenvolvimento regional que pretenda equacionar o impacto das transformações, deve levar em conta o equilíbrio entre as variáveis, sem ser preservacionista a ponto de se pensar em uma Natureza intocada, mas sustentável a partir dos recursos existentes, viável do ponto de vista econômico e igualitário do ponto de vista social. Para que se possa pensar nessa direção recomendável do equilíbrio entre os três conjuntos de variáveis (econômicas, sociais e ambientais), é extremamente necessário o conhecimento da realidade, das tendências de comportamento e de relação existente entre o conjunto de variáveis, pois somente assim é possível discutir e planejar os caminhos do desenvolvimento regional.

Os objetivos desse trabalho foram: a) avaliar e quantificar a supressão da vegetação natural do bioma Pampa no município de Pedras Altas e b) modelar matematicamente a supressão da vegetação natural do bioma Pampa em relação aos dados socioeconômicos. Dessa forma espera-se obter um cenário que permita estimar o impacto das atividades socioeconômicas na degradação do bioma Pampa, analisando os dados de substituição da vegetação natural frente à intensificação das atividades de agricultura e silvicultura.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo (Figura 1) compreende a totalidade do município de Pedras Altas, situado no sul do estado do Rio Grande do Sul.

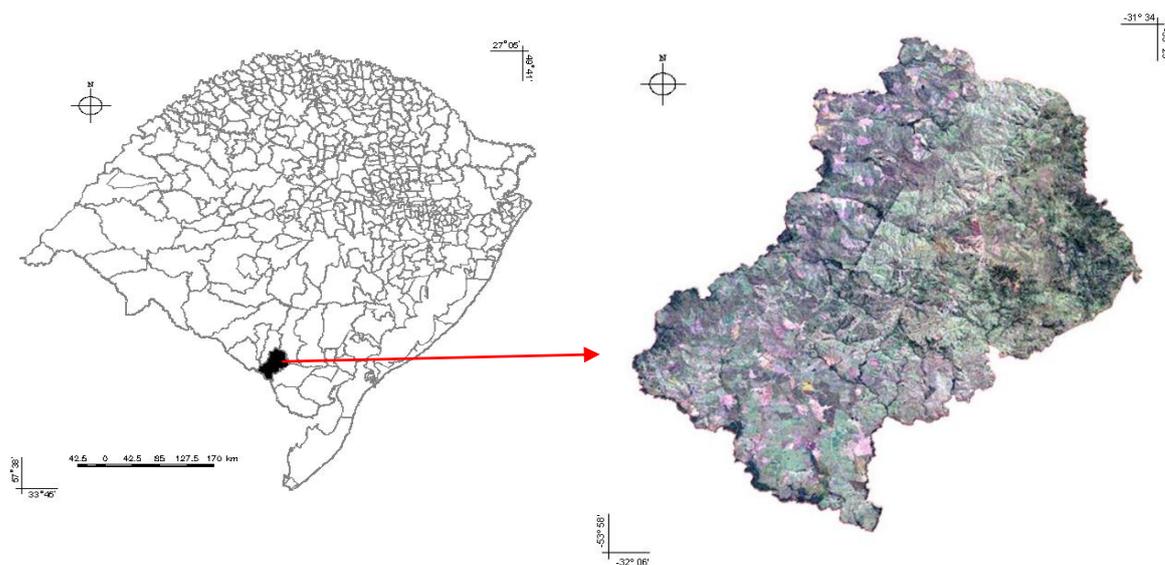


Figura 1 – Localização da área de estudos no estado do Rio Grande do Sul, em destaque o município de Pedras Altas - RS.

O município está inserido na mesorregião do Sudeste Rio-Grandense e a microrregião das Serras de Sudeste. Faz fronteira com o Uruguai ao Sul; com o município de Herval ao Leste; com município de Pinheiro Machado ao Norte e com os municípios de Candiota e Aceguá ao Oeste (IBGE, 2010). Foi selecionado por ser um município característico do processo de substituição da vegetação natural que está atualmente em curso.

Pedras Altas se encontra sobre a estrutura geológica Escudo Sul-Riograndense, formado basicamente por rochas graníticas. O clima do município é classificado como temperado (*Cfb*), com verões moderados, invernos relativamente frios (com grande ocorrência de geadas) e temperatura média anual de 16,0°C. O mês mais quente é janeiro, com temperatura média de 21°C, enquanto o mês mais frio é julho, com média de 11°C. A pluviosidade média anual é de 1.380 mm, com chuvas regularmente distribuídas.

### 3. Material e Métodos

Foi realizado o mapeamento e a análise comparativa das mudanças do uso e cobertura do solo entre os anos de 1987 e 2006. O mapeamento foi feito a partir de interpretação visual de imagens de satélite. Para isso foram selecionadas imagens de satélite a partir do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram utilizadas imagens provenientes dos sensores Landsat-TM e CBERS-CCD. Utilizaram-se imagens adquiridas em quatro diferentes anos: 1987, 1994, 2000 e 2006 (Tabela 1). Não foram utilizadas imagens de outros anos devido à ausência de imagens livres de nuvens sobre a área de estudos.

Tabela 1 – Satélite, sensor, data de aquisição e órbita/ponto das imagens utilizadas.

Satélite	Sensor	Data de aquisição	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	27/06/1987	222/82
Landsat 5	TM	27/04/1994	222/82
Landsat 5	TM	14/06/2000	222/82
CBERS 2	CCD	23/04/2006	159/135
CBERS 2	CCD	23/04/2006	159/136

As imagens foram integradas em um banco de dados georreferenciados, que foi montado utilizando o aplicativo Spring, versão 4.3.3. As imagens do sensor TM cobrem integralmente o município de Pedras Altas, já quando se utiliza o sensor CCD são necessárias duas imagens para cobrir integralmente a área de estudos. Ressalta-se que as diferentes resoluções espaciais dos sensores utilizados (30 metros no sensor TM e 20 metros no sensor CCD) não prejudicam o andamento do estudo.

Para entender as características da paisagem da região foi realizado um trabalho em campo durante os dias 13 e 14 de agosto de 2009. Foram observados os padrões do relevo e da vegetação natural, suas interações bem como a existência e distribuição do cultivo das espécies arbóreas exóticas ao bioma. Nessa oportunidade, definiu-se a legenda para o mapeamento das áreas naturais como: “mosaico campo-floresta” (MCF) onde o predomínio é de vegetação campestre e a presença de espécies arbóreas nativas é esparsa, “mosaico floresta-campo” (MFC) onde o predomínio é de espécies arbóreas nativas e a vegetação campestre é esparsa e “Outros Alvos” áreas de cultivos, corpos d’água e manchas urbanas que foram classificadas separadamente nesse mapeamento. Na Figura 2 é mostrado os padrões que definem respectivamente em 2A a classe MCF e 2B a classe MFC.

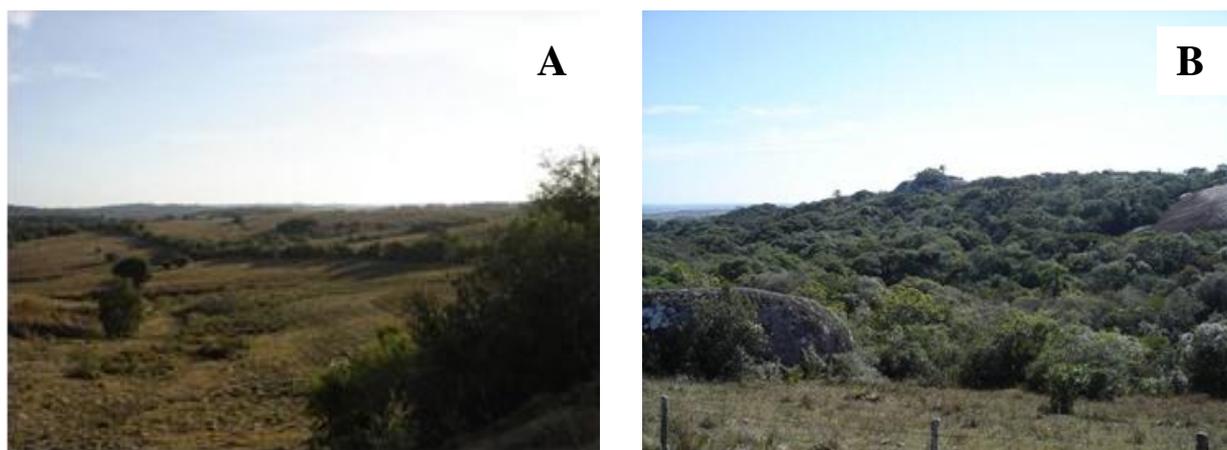


Figura 2 – Padrão observado em campo para as áreas de mosaico campo-floresta (MCF) (A) e as áreas de mosaico floresta-campo (MFC) (B).

Para a interpretação visual foram utilizadas as imagens das bandas espectrais das regiões do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, pois as mesmas permitem a identificação e a diferenciação dos padrões das formações vegetais (Campbell, 2006). Para cada ano foram montadas composições coloridas e a partir dessas composições os limites das classes foram digitalizados. Inicialmente foi feito o mapeamento completo do ano de 1987, no qual os polígonos foram individualizados e classificados de acordo com a legenda definida. O mapeamento para os demais anos avaliados foi feito a partir da verificação da permanência ou não do limite digitalizado no ano anterior e sempre que necessário foi feito o ajuste do polígono conforme as mudanças observadas. Após o término dos mapeamentos a área de cada uma das classes, nos diferentes anos analisados, foi quantificada e esses valores foram exportados para um aplicativo de planilha eletrônica, onde foram analisados.

Para um melhor entendimento das mudanças do uso e cobertura mapeados foram analisados os dados econômicos do município de Pedras Altas, a saber: Produto Interno Bruto (PIB) municipal (Reais); área colhida de arroz, milho e soja (hectares); efetivo bovino e ovino (cabeças); e produção de toras para celulose e para outros fins ( $m^3$ ), obtidos a partir do banco de dados agregados do IBGE (IBGE, 2010). Um inconveniente dessa análise é que o município de Pedras Altas se emancipou em 2001, por essa razão os dados econômicos anteriores a esse ano sobre a área de estudos não puderam ser obtidos.

Foram utilizados dados de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para analisar a dinâmica sazonal da vegetação da área de estudos. Para a obtenção dos valores de NDVI foram utilizadas imagens do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), que possuem 250 metros de resolução espacial. Essas imagens foram integradas em um banco de dados georreferenciados também construído com o aplicativo Spring, versão 4.3.3. Foram utilizadas as imagens de máximo NDVI obtido entre o período de 26 de junho a 10 de julho (16 dias), para os anos entre 2001 e 2007. Essas imagens de máximo valor têm por objetivo minimizar a influência das nuvens nos valores do NDVI. As imagens foram obtidas a partir do site da NASA e já vem em produtos pré-processados, com correções atmosféricas e radiométricas. Foi utilizado o produto MOD13, que já traz o máximo NDVI calculado para o período de 16 dias. Os dados de NDVI foram comparados com os dados de PIB do município de Pedras Altas. O período dessa análise ficou restrito a seis anos devido à disponibilidade de dados de PIB para a comparação. Para a extração dos valores sobre o município de Pedras Altas foi utilizado o vetor do contorno do município e o módulo extração de estatísticas de imagem do aplicativo Spring, obtendo-se dessa forma o valor médio de NDVI de todos os pixels que estão no interior do contorno do município. Esses

valores foram exportados para o aplicativo de planilha eletrônica, onde foram analisados em conjunto com os dados de PIB.

#### 4. Resultado e Discussão

A partir do mapeamento do uso e ocupação feito para os anos de 1987 (Figura 3A), 1994 (Figura 3B), 2000 (Figura 3C) e 2006 (Figura 3D) podem ser identificadas algumas características na ocorrência e distribuição das classes na área estudada e sua evolução ao longo do período estudado.

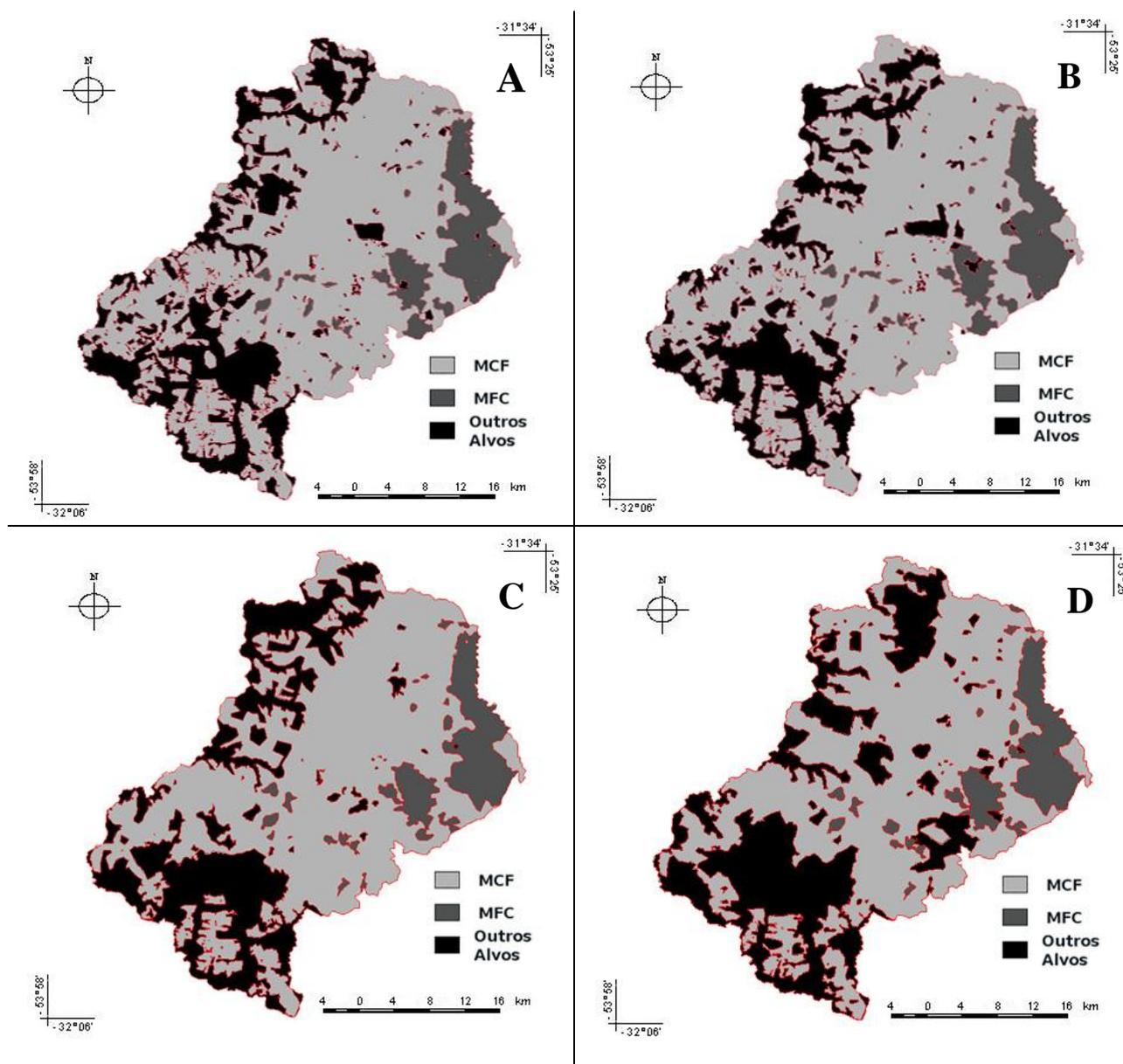


Figura 3 – Mapas de uso e ocupação do município de Pedras Altas para os anos de 1987 (A), 1994 (B), 2000 (C) e 2006(D).

Em 1987, a maior parte das áreas de MFC está presente no nordeste do município, de forma bastante agrupada e com pouquíssima presença próxima de áreas da classe “Outros Alvos”. Existem polígonos menores dessa mesma classe distribuídos na região central do município. Já nas partes sul, sudoeste, oeste e noroeste do município, a ocorrência de áreas da classe “Outros Alvos” é grande, porém bastante fragmentada intercalando-se com áreas da

classe MCF. A classe MCF é a que apresenta maior área, presente em maior grau no centro e norte do município, mas com presença em todas as outras partes também.

No ano de 1994, há pouca alteração nas áreas da classe MFC, as mudanças mais significativas ocorrem nas áreas referentes a MCF e “Outros Alvos”, existindo um aumento de área da primeira em detrimento da última. A redução de áreas da classe “Outros Alvos” ocorre principalmente à oeste e à noroeste, mas na parte sul vemos um aumento da área desta classe sobre áreas que pertenciam a classe MCF.

No ano 2000, diferentemente da estabilidade entre 1987 e 1994, nota-se uma pequena redução da área de MFC ao leste, com a área sendo agregada a classe MCF. O que se destaca é o aumento considerável das áreas de classe “Outros Alvos” no sul do município, o que começa a caracterizar uma tendência de domínio da classe “Outros Alvos”.

Em 2006 observa-se o aparecimento de áreas da classe “Outros Alvos” na parte leste, principalmente substituindo áreas que pertenciam a classe MCF. Nas áreas da classe MFC, observa-se novamente uma diminuição na parte leste, porém também se nota o aparecimento de uma área de MFC na parte noroeste, onde sempre houve pouca presença de áreas desta classe. Também no noroeste mudanças nas áreas da classe “Outros Alvos” são observadas. Na parte sul novamente percebe-se a expansão das áreas da classe “Outros Alvos”, expandindo-se em maior grau também para sudoeste.

A análise dos números absolutos do total das áreas de cada classe nos diferentes anos analisados permite verificar se há alguma tendência de aumento ou diminuição das áreas, permitindo assim verificar quais os motivos da tendência observada. Os resultados dessa análise são apresentados na Figura 4.

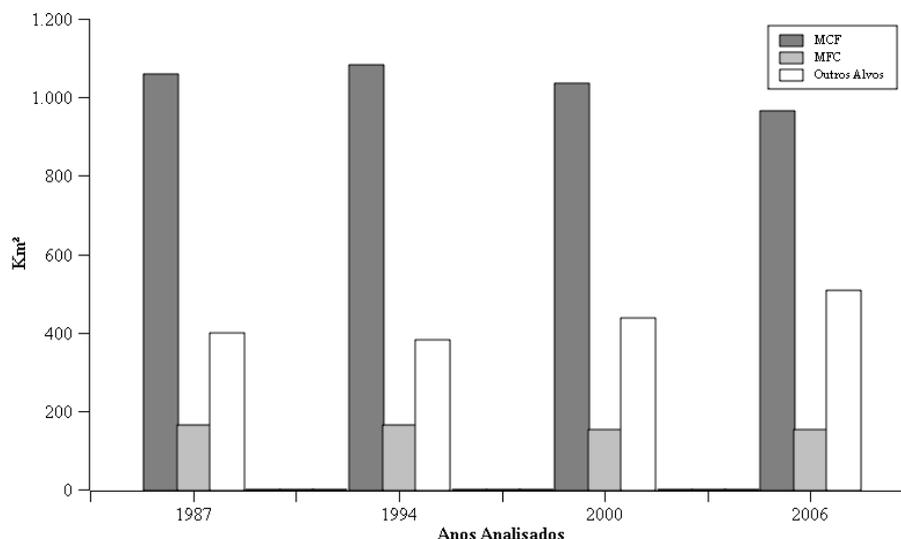


Figura 4 – Histograma de frequência da ocorrência das áreas das classes Mosaico Campo-Floresta, Mosaico Floresta-Campo e “Outros Alvos” nos diferentes anos analisados.

Duas tendências são visíveis: a queda da quantidade de área da classe MCF e o aumento de área da classe “Outros Alvos”. As tendências observadas têm relação entre si e podem ser explicadas através dos dados também. Analisando os dados socioeconômicos do município (Tabela 2), verifica-se que tanto as atividades ligadas as áreas de MCF (efetivo de bovinos, efetivo de ovinos) quanto as atividades ligadas as áreas de “Outros Alvos” (cultivo de arroz, milho, soja) cresceram, porém também é possível verificar que o aumento das atividades ligadas as áreas de “Outros Alvos” é proporcionalmente maior, o que pode explicar a expansão das áreas desta classe.

Tabela 2 – Dados socioeconômicos do município de Pedras Altas.

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Arroz - Área colhida (ha)	500	2.500	2.500	1.953	2.156	2.300	2.300
Milho - Área colhida (ha)	100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.500
Soja - Área colhida (ha)	100	700	700	1.700	1.700	2.200	2.200
Prod. toras (m <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
Efetivo bovino (cabeças)	87.421	90.725	97.421	103.246	105.145	105.346	105.424
Efetivo ovino (cabeças)	70.145	74.664	80.387	84.597	87.176	88.105	88.125
PIB (R\$ x 1.000)	9.800	16.776	24.075	26.922	27.677	30.243	37.066

A partir desse entendimento o desafio passa a ser a seleção de variáveis que permita modelar matematicamente as mudanças observadas, para assim atingir o objetivo proposto para esse trabalho. Algumas dificuldades foram observadas nessa modelagem. A principal delas é que o município se emancipou em 1996, mas seus indicadores socioeconômicos passaram a ser contabilizados apenas a partir do ano de 2001, dificultando a análise conjunta das imagens de satélite com os dados socioeconômicos. Outra dificuldade observada é a inexistência de dados de produção de toras (Tabela 2), diretamente relacionada com as atividades de silvicultura (as quais foram encontradas com frequência no município durante o trabalho em campo). Isso mostra que a atividade em si ainda não gerou produção e em consequência renda, pois em campo não foi observada nenhuma área onde houvesse ocorrido corte de árvores para a produção de toras. O município de Pedras Altas é área de influência da Votorantin Celulose Papel (VCP), que tem por estratégia comprar grandes áreas de produtores com dificuldades financeiras. O desenvolvimento da silvicultura, nestes moldes de sistema de integração com o produtor, tem seu maior desenvolvimento a partir de 1998, quando as grandes produtoras de madeira para a celulose se voltam para o mercado de terras do sul do Rio Grande do Sul e Uruguai, com a expansão das fábricas de celulose (Fontoura, 2004).

Os demais dados de produção agropecuária do município possuem um padrão de aumento, bem como os dados do PIB (Tabela 2), acompanhando uma tendência que existe em todo o país, de aumento de produção agrícola e renda. Acredita-se que o aumento do PIB também possa ter ocorrido devido ao grande comércio de terras que existiu na região, onde os produtores rurais venderam suas propriedades para serem transformadas em áreas de silvicultura.

Optou-se por analisar os dados da resposta espectral média do município nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, resumidos na forma do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para os anos de 2001 a 2007 versus os valores de PIB (Gonçalves et al, 2008). Foram utilizados os valores de NDVI do inverno (última semana de junho e primeira semana de julho), pois nessa época a vegetação nativa campestre pára o seu crescimento em função do frio. Assim sendo, estariam vegetando apenas as formações arbóreas nativas e as áreas de silvicultura, permitindo monitorar a substituição de áreas com predomínio de vegetação campestre por áreas de silvicultura. Em uma análise exploratória verificou-se valores “outliers” de NDVI em todos os meses do inverno do ano de 2001, o que é justificado por ter sido esse ano o mais quente desde o início dos registros meteorológicos no estado do Rio Grande do Sul (Carpenedo et al., 2007). Por essa razão a análise ficou restrita aos anos de 2002 a 2007, cujo resultado é apresentado na Figura 5. Verificou-se uma tendência de aumento dos valores de NDVI ao longo dos anos analisados, indicando ser essa variável adequada para o monitoramento proposto; a sua relação com o PIB é crescente, de

forma direta, mas o aumento do PIB não é explicado, ainda, pela substituição das áreas de campo por áreas de silvicultura.

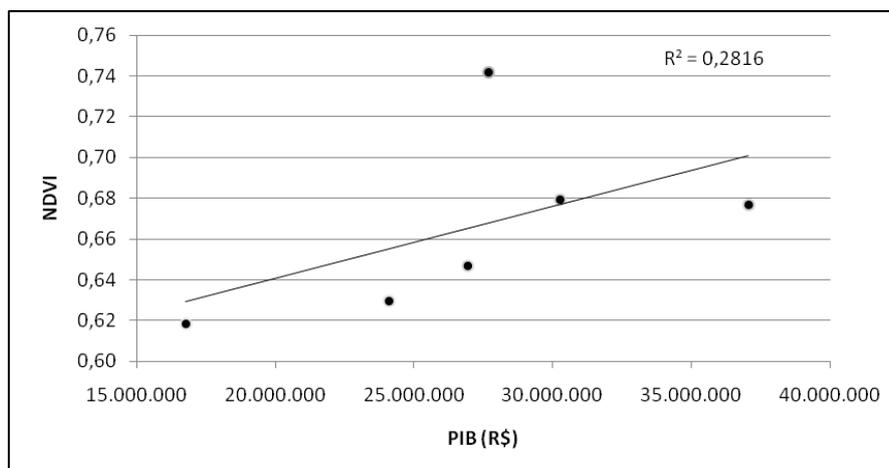


Figura 5 - Relação entre os valores do Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para o município de Pedras Altas.

## 5. Considerações Finais

Foram observadas mudanças no uso e cobertura da terra no município de Pedras Altas, sendo essas basicamente compostas pela substituição de áreas de vegetação natural por áreas com outros usos. Nesse estudo prévio não foi totalmente possível modelar cenários para a estimativa dos impactos dessa atividade sobre as áreas do bioma Pampa, devido ausência de dados sobre a produção da silvicultura. Na continuidade desse trabalho será utilizada uma área maior, englobando mais municípios, inclusive os que deram origem ao município de Pedras Altas, visando minimizar a inexistência de dados socioeconômicos, permitindo a identificação de variáveis que permitam construir o cenário proposto.

## 6. Citações e Referências

CAMPBELL, J.B. **Introduction to Remote Sensing**. Abingdon: Taylor & Francis, 2006. 626p.

Carpenedo, C. B.; Dewes, C. F.; Aquino, F. E. Regime térmico no Rio Grande do Sul entre 1961 e 2006, In XIX Salão de Iniciação Científica e XVI Feira de Iniciação Científica da UFRGS, 2007, Porto Alegre - RS. **Anais...**

Fontoura, L. F. M. A produção social do espaço agrário. In: Verdum, R.; Basso, L.; Suertegaray, D. **Rio Grande do Sul: Paisagens em transformação**. Porto Alegre. Editora da UFRGS. 2004.

Gonçalves, D. M.; Ooyama, M. D.; Vendrame, I. F. Cenários Futuros da Extensão de Áreas Antropizadas nas Mesorregiões do Semi-Árido Nordeste: Estudo Preliminar, In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15., 2008, São Paulo. **Anais...**

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: Janeiro 2010.

Nabinger, C. De Moraes, A. Maraschin, G.E. Campos in southern Brazil. In: Lelaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Carvalho, P.C.F.; Nabinger, C. (ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Cambridge: CABI Publishing, 2000. cap.18, p.355-376.

Rodrigues, L.R.A.; Rodrigues, T.J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: Castro, P.R.C.; Ferreira, S.O.; Yamada, T. (ed.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafos, 1987. cap.12, p.203-230.

Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.