

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 – Resultados dos mapas de uso da terra

Ao observar os mapas de uso da terra, elaborados a partir das imagens de satélites referentes aos períodos de 1988, 1998 e 2007, não constatou-se grandes diferenças ou mudanças na padronização do uso da terra. Dessa forma pode-se concluir que não houve, ao longo destes anos, nenhuma alteração abrupta na evolução do uso da terra. Para conferir os mapas de uso da terra veja o Anexo 5. Essa pequena variação entre as classes de uso da terra, citada anteriormente, pode ser explicada pela Tabela 2, que demonstra um certo processo evolutivo entre classes de uso da terra. Nesta tabela as áreas são defrontadas com as áreas mapeadas pelo Inventário Florestal Contínuo.

Tabela 2 - Áreas de uso da terra do Rio Grande do Sul em km².

Classes de Uso	Uso de 1988	Uso de 1998	Uso de 2007	Inv. Florestal⁸
Florestas Nativas	35.850,04	38.982,30	42.245,76	38.159,52
Reflorestamento	3.319,13	4.545,54	5.616,81	2.747,48
Capoeirão	10.541,91	12.305,49	14.414,79	11.396,77
Campo	133.424,92	133.138,15	127.938,29	132.102,60
Agriculturas⁹	76.779,98	69.436,72	67.077,72	71.377,89
Aflor. Rochoso	944,49	1.023,87	1.076,18	-
Dunas	1.510,94	1.461,33	1.502,67	1.655,55
Água	16.915,91	18.277,43	20.258,95	20.050,28
Banhado	2.261,23	2.377,70	1.417,36	2.018,78
Total	281.548,54	281.548,54	281.548,54	

⁸ As áreas citadas devem ser acrescentadas as classes Nuvens = 651,94 km², Áreas Urbanas = 1.285,96 km², e Áreas Não – Classificadas = 1.232,93 km², totalizando 282.679,7 km² para todo Estado.

⁹ A classe de uso da terra denominada Agricultura se caracteriza por compreender as áreas classificadas como lavouras em seus diferentes estágios de cultivo e preparação da terra, por isso, a Agricultura engloba também a classe de solo exposto descrito anteriormente.

Os gráficos da porcentagem das áreas territoriais que cada uso ocupa no Estado do Rio Grande do Sul, podem ser vistos na Figura 36 abaixo. Nesta figura, novamente pode-se perceber a baixa taxa de mudança nas classes de uso da terra nos últimos 20 anos, quanto a sua área territorial total.

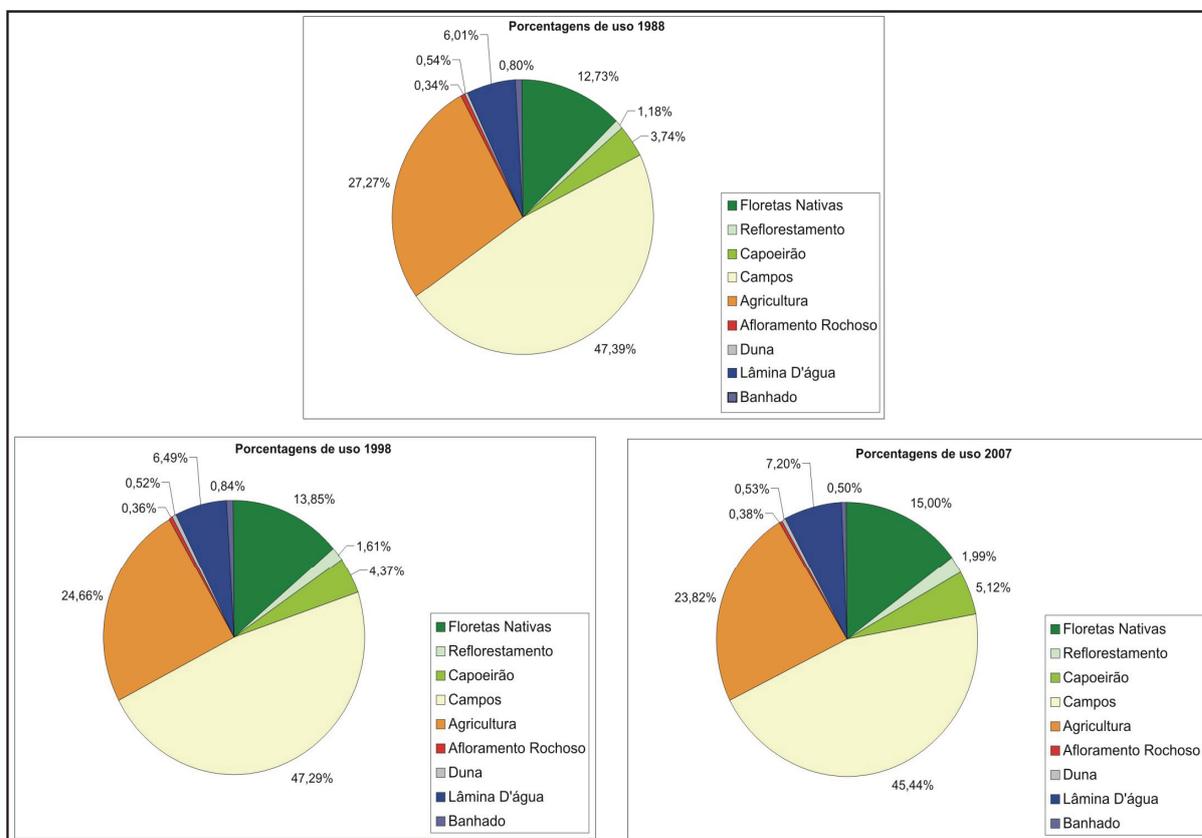


Figura 36 – Distribuição das áreas em porcentagem territorial das classes de uso da terra do Rio Grande do Sul. Elaboração: HENDGES (2007).

Os gráficos da Figura 40 demonstram o crescimento das três classes de uso florestal estudados pela presente pesquisa ao longo dos últimos 20 anos no Estado do Rio Grande do Sul, onde as florestas nativas mostram um aumento de área média em relação ao território estadual de 1,15% a cada década o que representa cerca de 3.237,8 km² de ganho de florestas nativas a cada 10 anos. Já o aumento das áreas de reflorestamento de espécies exóticas é um pouco menor e representa um acréscimo de 0,4 % por década, ou seja, um ganho de 1.126 km² a cada 10 anos. As áreas de capoeirões também aumentaram quase que proporcionalmente ao longo dos últimos 20 anos, sofrendo um acréscimo de 0,65% por década representando também um aumento de 1.830 km² a cada 10 anos.

4.1.1 – Mapas de mudanças do uso da terra entre 1988-1998

As áreas de florestas nativas, como relatado anteriormente, aumentaram no período de 1988 a 1998 aproximadamente 3.000 km², correspondendo para todo território estadual um acréscimo de 12,7% para 13,8%. O cruzamento entre os mapas de uso da terra referentes aos períodos de 1988 e 1998 apontou uma intersecção entre áreas de florestas nativas de 26.249 km², ou seja, do total dos 38.982,30 km² de florestas nativas mapeadas em 1998 aproximadamente 67% já eram floresta em 1988, não entrando assim estas áreas no estudo de mudança de uso da terra nesse primeiro intervalo de 10 anos, (Tabela 3).

Tabela 3 – Classes de uso da terra que contribuíram no aumento das florestas nativas ocorrido nos períodos de 1988 a 1998.

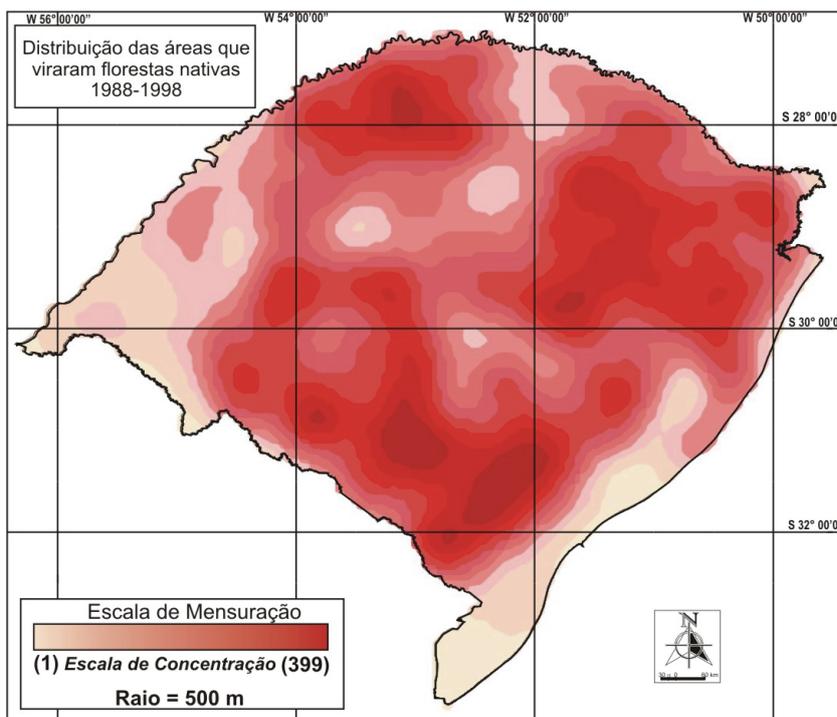
Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	26.249,00	67,29
Reflorestamento	510,51	1,31
Capoeirão	3.725,06	9,55
Campo	2.275,53	5,83
Agriculturas	5.994,87	15,37
Aflor. Rochoso	26,82	0,07
Dunas	27,20	0,07
Água	27,20	0,07
Banhado	173,27	0,44
Total	38.982,29	100

Das classes mapeadas que sofreram mudanças no padrão de uso transformando-se em floresta nativa, as áreas de capoeirão através do processo de regeneração natural contribuíram nesse sentido com mais de 3.725 km², esse valor em termos percentuais representou 29% do total das novas áreas de floresta nativa. Porém, a classe que mais contribuiu para o aumento

da florestas nativas foram as áreas de uso agrícola onde mais de 5.994 km² de área passaram da agricultura para o uso florestal representando mais de 47% do total das novas florestas.

Cabe aqui ressaltar que mesmo sendo o tempo da regeneração florestal dependente de fatores como intensidade de uso prévio do sítio antes do abandono e/ou uso e extração de espécies pioneiras componentes da floresta secundária jovem, o período de 10 anos para a passagem de uso lavoura-floresta nativa é considerado curto, porém deve-se levar em conta o fato de que o pixel de imagem classificado como lavoura ou floresta é um conjunto de respostas espectrais resultante do arranjo de uso encontrados em uma área de 62.500 m².

Desta forma, as informações contidas na Tabela 3, quando espacializadas em um cartograma¹⁰ somente as áreas das diversas classes de uso da terra que no intervalo de 1988 a 1998 viraram áreas de predomínio de cobertura floresta nativa, (Cartograma 1).



Cartograma 1 – Distribuição das áreas que sofreram mudanças de uso tornando-se floresta nativa no período de 1988 à 1998. Elaboração: HENDGES (2007).

¹⁰ Os cartogramas que espacializam as alterações de uso da terra entre os diferentes períodos estudados, representam a distribuição multivariada das manchas que sofreram mudança entre as classes de uso. Calculados através do estimador kernel, esta distribuição se baseia na coordenada central do pixel de resolução de 250 m, que representa a área onde ocorreu a alteração da classe de uso da terra e o raio de ação de 500 m sobre este ponto define a influência deste ponto sobre seu vizinho mais próximo. Como resultado os cartogramas representam em classes a distribuição das áreas que não apresentam as mudanças até as áreas onde estas mudanças de uso da terra são mais comuns.

O Cartograma 1 demonstra uma distribuição homogênea das novas áreas florestais surgidas entre os anos de 1988 e 1998 por praticamente todo território do Rio Grande do Sul. Essa homogeneidade porém aparece com melhor distribuição na faixa central, onde diversos núcleos concentradores das novas áreas classificadas como uso de florestas nativas se espalham principalmente no centro-sul, no nordeste e no noroeste do Estado. Nota-se ainda no cartograma uma ausência de novas áreas florestais na região oeste e no extremo sul do Rio Grande do Sul.

O cruzamento dos mapas de uso da terra desse período apontou ainda que mesmo com o acréscimo de florestas nativas que passaram de 35.850 km² de florestas mapeadas em 1988 para mais de 38.982 km² de floresta mapeadas no anos de 1998, somente 26.249 km² foram áreas de floresta nativa que não sofreram alterações, permanecendo assim intactas quanto aos padrões de uso da terra. Desta forma, das florestas nativas mapeadas em 1988, 9.601 km² passaram a ser classificados em outra classe de uso da terra em 1998, caracterizando mudança de uso da terra, (Tabela 4).

Tabela 4 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das florestas nativas mapeadas em 1988.

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	26.249,00	73,22
Reflorestamento	461,96	1,29
Capoeirão	1.485,67	4,14
Campo	2.461,88	6,87
Agriculturas	4.839,98	13,50
Aflor. Rochoso	70,55	0,20
Dunas	5,98	0,02
Água	137,11	0,38
Banhado	137,91	0,38
Total	35.850,04	100

Das áreas que sofreram mudanças passando do uso de florestas nativas para as demais classes de usos da terra, a agricultura foi a principal responsável, tendo contribuído com mais de 50%, ou seja, 4.839 km². Esse número considerável de desmatamento que representa a substituição das florestas nativas por áreas agrícolas pode ser explicado pelo fato de ainda ocorrer no início da década de 90 um grande incentivo agrícola que ainda ampliava a fronteira agrícola do Estado do Rio Grande do Sul e a menor severidade das leis que prezavam pela manutenção da ecologia e do meio ambiente, sendo que o Código Florestal vigente do ano de 1965 previa uma criação das Reservas Legais e das Áreas de Preservação Permanente nas propriedades rurais ainda em conflito com os direitos do cidadão de explorar a sua propriedade que eram previstos pelo Código Civil criado em 1916.

Com a Constituição Federal de 1988, o tratamento jurídico da propriedade imóvel rural certamente mudou na medida em que foi imposto o cumprimento da sua função social. Adicionalmente, no entanto, o Novo Código Civil (Lei nº 10.406, de 11-01-2002, que entrou em vigência em 12-01-2003) também modificou substancialmente o conteúdo da norma definidora de propriedade, pois acrescentou-lhe a obrigatoriedade do cumprimento de uma função sócioambiental ao informar, no Art. 1.228, §1, que: "o direito de propriedade deve ser exercido em consonância com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, de conformidade com o estabelecido em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas." É pertinente lembrar, também, que o Código Florestal tornou-se a partir de 2002 uma lei especial. (AHRENS, 2001, p.43).

Merecem destaque ainda os cerca de 2.794 km² que eram classificados como florestas nativas em 1988 e que migraram de uso se tornando parte da classe de campo em 1998 representando 29% do total das áreas de florestas que mudaram de uso. Nesse sentido têm-se ainda as áreas classificadas como capoeirão em 1998, que contribuíram com a diminuição das florestas nativas de 1988 em mais de 1.485,67 km², representando cerca de 15% do total destas áreas desflorestadas. Os valores de desmatamento representados pelos 2.794 km² de campo e 1.152 km² de capoeirão podem estar vinculados as mesmas causas que provocaram a substituição de inúmeras áreas florestais por áreas de lavouras citadas anteriormente, e que por algum motivo deixaram num curto espaço de tempo (menos de 10 anos) de ser aproveitadas pela agricultura sendo abandonadas para virar campo ou capoeirão.

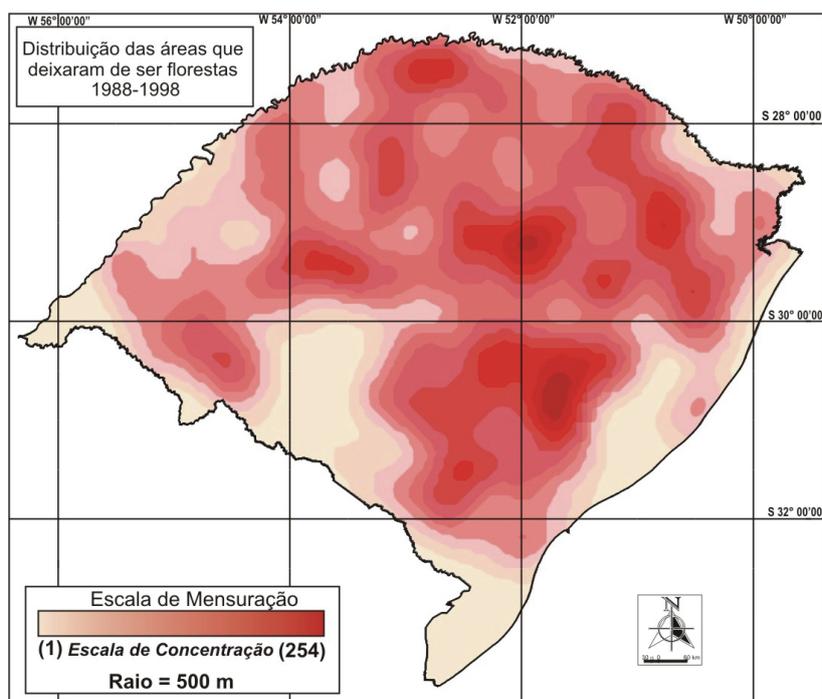
Ao analisar ainda as demais informações das diferentes classes de uso da terra que contribuíram para a diminuição das áreas florestais mapeadas em 1988, percebe-se a baixa taxa representada pelo desmatamento de florestas nativas que passaram a pertencer aos

demais padrões de uso da terra. Merecem destaque nesse sentido, pela similaridade em área desflorestada, as classes de lâmina d'água e de banhado, ambas representando cerca de 1,4% do total das áreas desmatadas. Outro destaque são os 461 km² que sofreram desmatamento para se tornar áreas de florestamento de espécies plantadas, este valor pode ser explicado como uma herança cultural deixada pelo Código Florestal Brasileiro de 1965 (que veio a ter critérios mais rígidos de preservação através da medida provisória MP n° 1.958-50¹¹), onde até então era permitido ainda o desmatamento de áreas florestais nativas sob o comprometimento de reflorestar num primeiro momento 1/10 das áreas desmatadas com novos florestamentos que funcionariam como espécies pioneiras na aceleração do processo de regeneração natural.

Porém como o próprio Código não previa uma lei mais rígida que coibisse o corte de áreas reflorestadas com novas espécies florestais, a prática do desmatamento e reposição de parte dessas áreas com espécies de rápido crescimento para uma futura exploração silvicultural se tornou bastante comum nas propriedades rurais. Esse tipo de manejo resistiu às várias alterações que o Código Florestal de 1965 sofreu ao longo dos anos, até que se instituíssem melhores definições para as áreas denominadas de Reserva Legal e de Preservação Permanente como também maiores valores para as multas e uma maior fiscalização quanto as áreas desmatadas e a sua reposição com novas áreas florestais implantadas.

Quando espacializadas as informações referentes às áreas que sofreram com o desmatamento de florestas nativas entre os anos de 1988 e 1998, o Cartograma 2 a seguir, mostra vários núcleos que sofreram tal mudança no padrão de uso da terra no território do Rio Grande do Sul. Nele, pode-se perceber a distribuição das áreas onde ocorreu o desmatamento em maiores proporções ao longo de dois eixos principais que cortam o território do Estado no sentido norte-sul e leste-oeste. Também aparece no mapa áreas desflorestadas ao longo da faixa que se localiza no nordeste no Estado.

¹¹ Dentre as mais importantes modificações introduzidas pela MP n° 1.956-50, no Código Florestal, cabe citar: a) a instituição de uma nova e importante figura jurídica, as “Áreas de Preservação Permanente” (e sua definição legal); e b) uma “definição legal” para “Reserva Legal” e a obrigatoriedade de sua recomposição.



Cartograma 2 – Distribuição das áreas que sofreram desmatamento de florestas nativas no período de 1988 à 1998. Elaboração: HENDGES (2007).

Já para as áreas de capoeirão, que também aumentaram no período de 1988 a 1999 cerca de 2.000 km², o cruzamento dos mapas apontou uma área em comum de 5.928 km², ou seja, aproximadamente 56% das áreas mapeadas como capoeirão em 1998 já pertenciam a este uso em 1988, não entrando também assim na mensuração de mudança de uso.

Das classes mapeadas que sofreram mudanças de uso, transformando-se em capoeirão as áreas de lavoura foram as que mais contribuíram com aproximadamente 3.417 km², ou seja, mais de 53% do total das novas áreas de capoeirão mapeadas para o ano de 1998 se originaram de áreas destinadas ao uso agrícola em 1988. Esse abandono de áreas agrícolas foi motivado principalmente pela falta de incentivos agrícolas que instalou nesse setor na metade da década de 90 uma crise generalizada onde o elevado custo de produção e a baixa renda junto a produção fizeram com que inúmeras áreas cultivadas fossem abandonadas e em um curto espaço de tempo se tornassem capoeirão pelos processos naturais de regeneração.

Quando o foco é dirigido para as vendas da agricultura, a estabilização da economia gerada a partir da implantação do *Plano Real*, é possível ver que a variação do preço dos produtos agrícolas não acompanhou a velocidade de crescimento dos custos de sua produção. Esse descompasso evidencia, em quase todo o período pós-plano, a impossibilidade da agricultura repassar os seus custos de produção,

gerando um processo de perda de renda e, portanto, de descapitalização do setor. Agregue-se a esse problema o fato de a agricultura não se ter estruturado para absorver uma mudança tão rápida e substancial, que poderia ser amenizada se houvesse ganhos de produtividade sem ser necessárias as reduções de áreas na tentativa de abater os custos de produção. (FIGUEIRÔA & ANDRADE, 2002 p.78)

Outra classe que contribuiu para o aumento dos capoeirões foram as áreas reflorestadas, onde mais de 1.163 km² contribuíram em 18% nas novas áreas de capoeirão que surgiram entre os anos de 1988 e 1998. Esse elevado percentual de contribuição das áreas de novos florestamento implantados para o surgimento de novas áreas de capoeirão pode estar atrelado ainda ao fato mencionado anteriormente, onde a lei proposta pelo Código Florestal de 1965 incentivava o plantio de novas áreas florestais em áreas desmatadas a fim de acelerar o processo de regeneração natural. Desta forma, após o primeiro estágio de plantio de espécies exóticas e com a conseqüente exploração destas florestas implantadas ao longo desse período, as áreas que até então eram de reflorestamento em 1988 podem ter se tornado capoeirão em 1998 quando da derrubada de áreas implantadas. A Tabela 5 a seguir traz a relação completa das classes de uso da terra que de 1988 à 1998 passaram a integrar a classe de capoeirão.

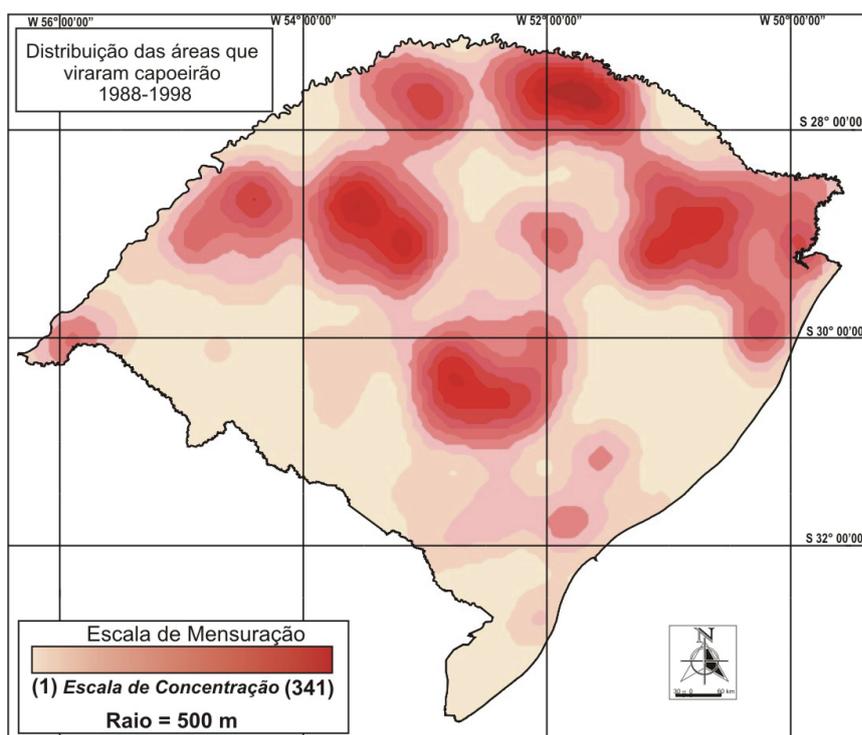
Tabela 5 – Classes de uso da terra que contribuíram no aumento das áreas de capoeirão ocorrido nos períodos de 1988 a 1998:

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	1.485,67	12,07
Reflorestamento	1.163,26	9,45
Capoeirão	5.928,22	48,18
Campo	111,99	0,91
Agriculturas	3.417,03	27,77
Aflor. Rochoso	8,22	0,07
Dunas	24,14	0,20
Água	51,37	0,42
Banhado	115,59	0,94
Total	12.305,49	100

Ainda em relação as mudanças entre as diversas classes de uso da terra que passaram a ser classificadas como capoeirão, as áreas de floresta nativa também merecem destaque, com aproximadamente 1.485 km², este uso contribuiu para o aumento em 12% das áreas de capoeirão. Esta mudança de uso da terra pode ser explicada pela exploração de madeira em algumas áreas florestais remanescentes onde ainda no início dos anos 90 era permitida por lei a exploração florestal.

Desta forma, quando parte destas áreas eram devastadas como visto anteriormente o Código Florestal recomendava o plantio de novas áreas florestais com um maior espaçamento, afim de acelerar o processo de regeneração, porém muitas destas áreas não passaram por tal trato cultural, ou já no ano de 1998 apresentavam o desbaste da espécies implantadas, ficando assim somente o uso do capoeirão.

Ao espacializar as áreas das diferentes classes de uso da terra que viraram capoeirão em 1998, nota-se uma predominante mudança nas áreas mais ao norte do Rio Grande do Sul, com um foco menor de mudança nas regiões central do Estado, (Cartograma 3).



Cartograma 3 – Distribuição das áreas que viraram capoeirão no período de 1988 à 1998. Elaboração: HENDGES (2007).

Igualmente as floresta nativa, o capoeirão também mesmo crescendo em área aproximadamente 1.763 km² nos anos de 1988 e 1998, manteve sob a mesma localização geográfica somente 5.928 km². Assim das áreas de capoeirão mapeadas em 1988, 4.613 km² passaram a pertencer a outras classes de uso da terra em 1998. Dessas áreas de transformação, as áreas de regeneração natural de capoeirão para florestas nativas foram as principais responsáveis, tendo parte em mais de 37%, ou seja, 1.725 km². Visto como um processo ecológico, a regeneração florestal pelas quais passaram as áreas de capoeirão mapeadas em 1988 já se apresentavam em um processo avançado de regeneração natural, isso explica o fato de que no curto espaço de tempo (dez anos) estas áreas de capoeirão puderam migrar para o estágio de florestas secundárias. A Tabela 6 traz a informação totalizada das classes de uso da terra que contribuíram para a diminuição das áreas de capoeirão mapeadas em 1988.

Tabela 6 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de capoeirão mapeadas em 1988:

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	1.725,26	16,37
Reflorestamento	1.326,24	12,58
Capoeirão	5.928,22	56,23
Campo	80,75	0,77
Agriculturas	1.348,30	12,79
Aflor. Rochoso	10,64	0,10
Dunas	9,45	0,09
Água	55,93	0,53
Banhado	57,11	0,54
Total	10.541,91	100

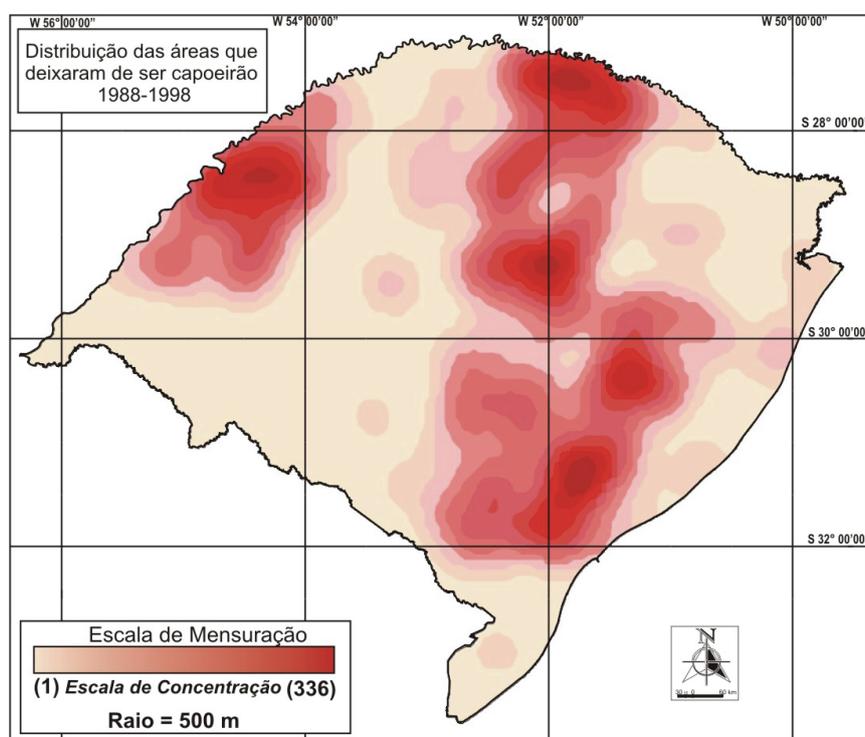
Porém como descrito anteriormente muitas destas áreas tiveram o seu processo de regeneração natural modificado pela implantação de novas espécies florestais, que até no início da década de 90 eram facilmente exploradas pelos diferentes manejos silvícolas. Nesse sentido contabiliza-se a perda de aproximadamente 1.326 km² de capoeirão mapeados em

1988 para o uso da terra classificado como florestamento de espécies implantadas, representando um percentual de 28% do total de perdas em áreas de capoeirão.

Outro uso que aumentou sua área com a perda de capoeirões foram as áreas de lavoura com mais de 1.348 km², essa alteração no padrão de uso da terra é devido ao pousio agrícola ao qual inúmeras lavouras são submetidas para a recuperação do solo, estas áreas com o passar dos anos, antes que nelas se estabeleçam uma nova floresta nativa, voltam a ser usadas como lavouras na implantação de diferentes culturas.

As demais classes de uso da terra contribuíram com uma baixa taxa de áreas na perda de capoeirão, totalizando em seu total apenas 2%. A Tabela 6 traz a informação totalizada das classes de uso da terra que contribuíram para a diminuição das áreas de capoeirão mapeadas em 1988.

As áreas da tabela quando localizadas sobre o mapa do território do Rio Grande do Sul, Cartograma 4, mostra uma longa faixa de áreas que deixaram de ser capoeirão virando outros usos de terra ao longo da parte central do Estado, sentido norte-sul e um outro núcleo de concentração da perda de capoeirão na região noroeste do Estado.



Cartograma 4 – Distribuição dos capoeirões que se tornaram outros usos de 1988 à 1999. Elaboração: HENDGES (2007).

As áreas de reflorestamento que compõem juntamente com as florestas nativas e os capoeirões as classes ligadas ao uso florestal também aumentaram o seu território no período de 1988 a 1998 em cerca de 1.226 km², correspondendo para o território estadual um aumento de 1,1% para 1,8%. Ao comparar os mapas de uso dos dois períodos, os dados cruzados apontaram que 2.765 km², ou seja, aproximadamente 60% das áreas mapeadas como reflorestamento em 1998, já pertenciam a esta classe de uso em 1988, não sendo portanto caracterizados como mudança de uso da terra.

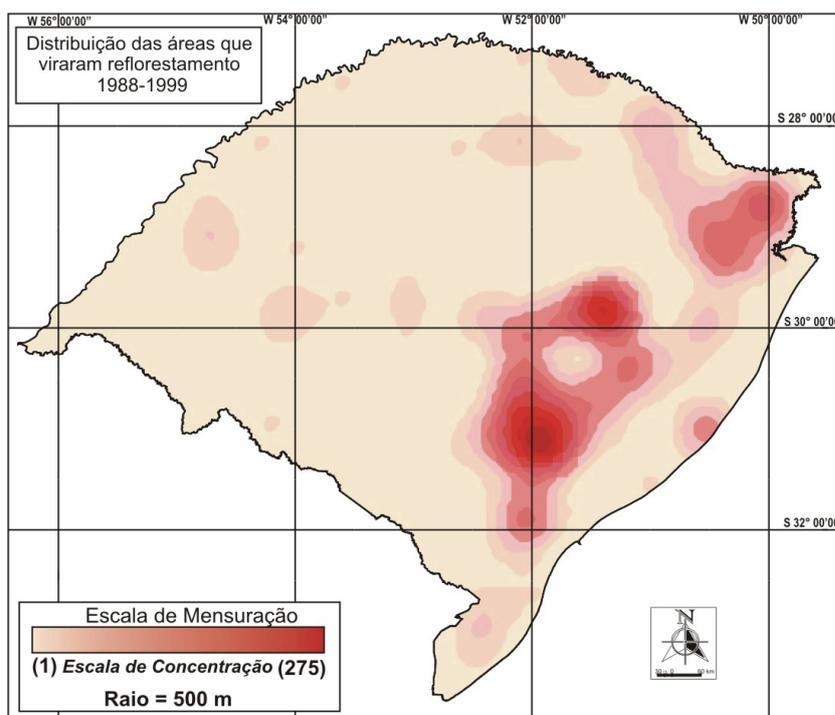
Das classes mapeadas que sofreram mudanças de uso, transformando-se em áreas de reflorestamento, as lavouras foram as que mais contribuíram nesse sentido, com mais de 640 km², ou seja, do total de áreas que migraram para o uso de florestamento implantados entre os anos de 1988 e 1998, 35% eram áreas destinadas ao cultivo agrícola. Outra classe que contribuiu destacadamente para o aumento do reflorestamento foi o uso campo com mais de 528 km², que corresponde a 29% do total dessa mudança. A Tabela 7 mostra as áreas dos uso da terra que passaram a ser reflorestamento no período de 1988 a 1998.

Tabela 7 – Classes de uso da terra que contribuíram no aumento das áreas de reflorestamento ocorrido nos períodos de 1988 a 1998:

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	461,96	10,16
Reflorestamento	2.765,74	60,85
Capoeirão	68,24	1,50
Campo	528,04	11,62
Agriculturas	640,9	14,10
Aflor. Rochoso	7,12	0,16
Dunas	23,5	0,52
Água	14,01	0,31
Banhado	36,04	0,79
Total	4.545,54	100

O valor referido de 461 km² de florestas nativas mapeadas em 1988 e que passaram a ser áreas de florestamentos florestais em 1998, como mencionado anteriormente é justificado pela prática de exploração de florestas nativas que ainda no início dos anos 90 era menos fiscalizada, e quando permitida legalmente este desmatamento obrigava a reposição florestal, recomendando o plantio de espécies exóticas (devido ao rápido crescimento), para que estas pudessem servir como árvores pioneiras na regeneração natural das áreas desflorestadas.

Os dados que representam o ganho de áreas de florestamentos implantados com essas novas espécies florestais entre os anos de 1988 e 1998 apresentadas pela tabela anterior, quando espacializadas sobre o mapa do território do Rio Grande do Sul demonstram uma grande mudança concentração destas áreas na região centro-leste e ainda um foco menor de concentração de áreas que cresceram em território em relação as florestas implantadas na parte nordeste do Estado, (Cartograma 5).



Cartograma 5 – Distribuição das áreas novas de reflorestamento no período 1988 à 1998. Elaboração: HENDGES (2007).

Mesmo aumentando de 3.319 km² para 4.545 km² nos anos de 1988 e 1998 respectivamente, somente 1.598 km² foram reflorestamentos que não sofreram alteração, assim das áreas reflorestadas mapeadas em 1988, 1.721 km² passaram a pertencer a outro uso da terra em 1998.

Dessa forma, o capoeirão foi o uso que mais contribuiu, tendo parte em mais de 1.163 km², ou seja, 67% do total das áreas que deixaram de ser reflorestamento de espécies nativas entre os anos de 1988 e 1998 passaram a integrar o uso de capoeirão. Como já visto anteriormente esse fato se deve ao desmatamento de áreas onde o plantio de espécies exóticas incentivadas pela lei para compor o extrato pioneiro na regeneração natural de futuras áreas florestais foram com o passar dos anos explorados, deixando para trás inúmeras áreas de capoeirão.

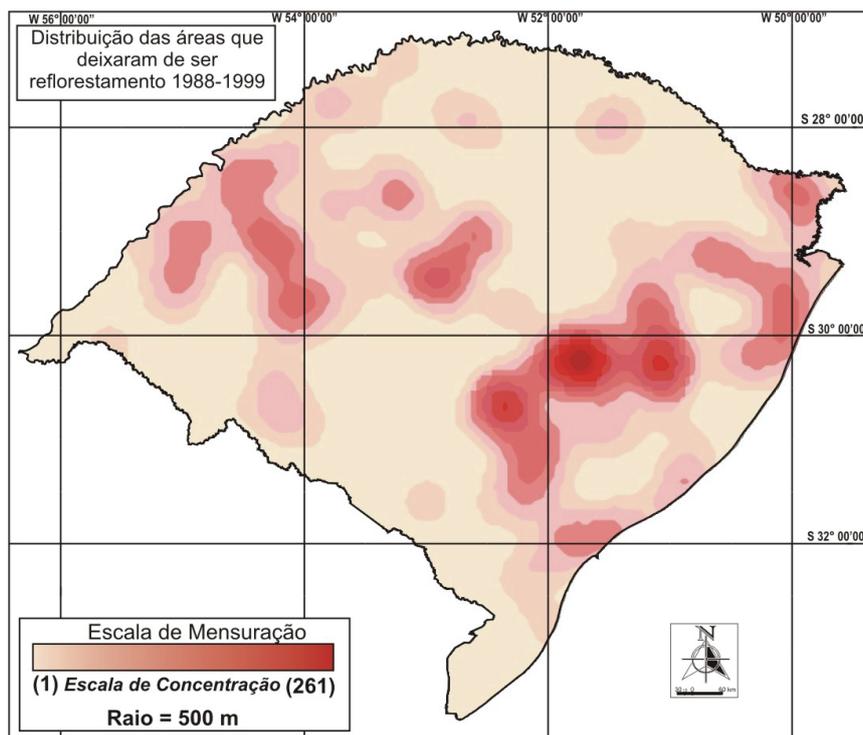
Merecem destaque ainda, das áreas de uso da terra que surgiram nas áreas de reflorestamento, as florestas nativas com cerca de 510 km², que representa uma percentagem total de 29%. Como visto anteriormente muitas das áreas onde ocorreu a extração de florestas exóticas entre os anos de 1988 e 1998 já se encontravam em um estágio avançado de regeneração, passando assim diretamente da classe de reflorestamento de espécies exóticas pioneiras, para áreas de florestas nativas.

A Tabela 8 traz a informação totalizada das classes de uso da terra que contribuíram entre os anos de 1988 e 1998 para a diminuição das áreas reflorestadas com espécies exóticas:

Tabela 8 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de reflorestamento mapeadas em 1988:

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	510,51	15,38
Reflorestamento	1.598,74	48,17
Capoeirão	1.163,26	35,03
Campo	12,67	0,38
Agriculturas	13,80	0,42
Aflor. Rochoso	3,33	0,10
Dunas	4,70	0,14
Água	4,31	0,13
Banhado	8,42	0,25
Total	3.319,13	100

Os dados da Tabela 8, quando distribuídos sobre o mapa do território do Rio Grande do Sul mostram que as principais áreas que no período de 1988 a 1998 deixaram de pertencer ao uso da terra florestamentos implantados evoluído assim para os demais usos demonstra uma descentralização dos núcleos que concentram essas áreas, espalhando assim sobre o território do Estado diversos pontos que representam diferentes níveis onde de alguma forma ocorreu esse padrão de mudança onde áreas mapeadas como sendo de florestas implantadas em 1988 passaram a pertencer a outra forma de uso da terra em 1998, (Cartograma 6).



Cartograma 6 – Distribuição das áreas que deixaram de ser reflorestamento em 1988 à 1998. Elaboração: HENDGES (2007).

4.1.2 – Mapas de mudanças do uso da terra entre 1998-2007

As áreas de florestas nativas no período 1998-2007, como ocorreu no período anterior aumentaram, acrescentando a sua área cerca de 3.263 km², correspondendo para o território estadual um aumento proporcional de 13,8% para 15%. Ao cruzar os dados do mapas, os resultados apontaram que 30.546km², ou seja aproximadamente 78% das áreas mapeadas

como florestas nativas em 2007 já eram floresta em 1998, não entrando assim na contabilidade de áreas consideradas como mudança de uso.

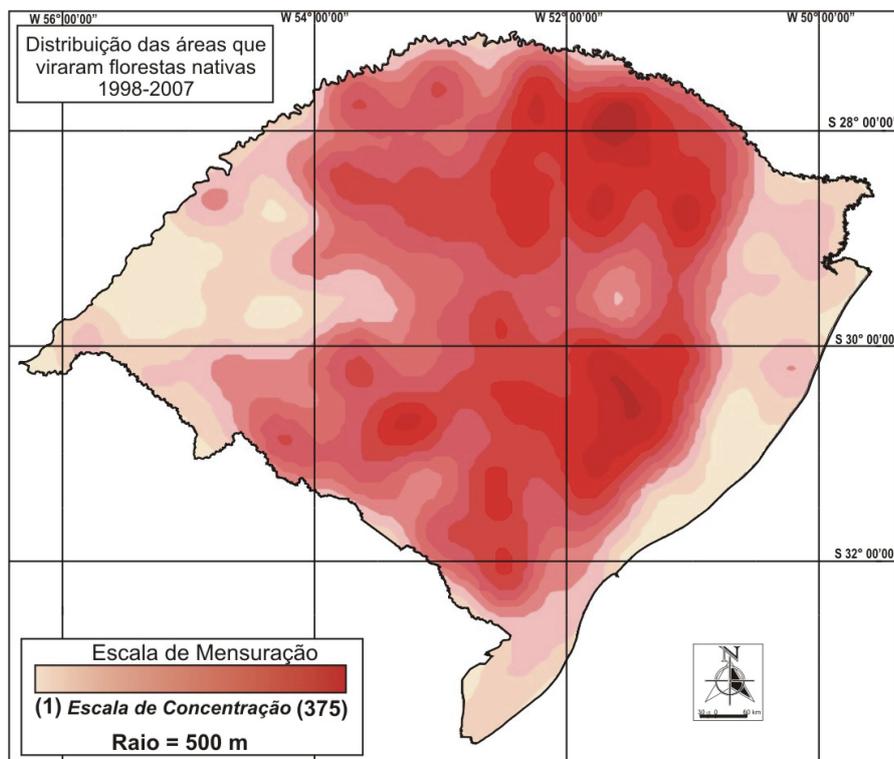
Das classes mapeadas que sofreram mudanças de uso, transformando-se em floresta nativa as áreas de capoeirão foram as que mais evoluíram nesse sentido, passando mais de 5.680 km² por tal transformação, correspondendo assim a mais de 50%, valor este superior ao 29% de mudança entre as classes capoeirão-floresta nativa encontrados entre os anos de 1988 e 1998. Estes valores percentuais representam um aumento das áreas onde a regeneração natural para estágios mais avançados de desenvolvimento florestal não foi interrompida, uma vez que a área de cobertura de capoeirões não apresentou esse aumento proporcional entre os dois períodos.

Outra classe que contribuiu para o aumento da floresta foram as lavouras onde pouco mais de 4.005km² de área passaram do uso agrícola para o uso de florestas nativas, representando mais de 34% do total de áreas que entre os anos de 1998 e 2007 viraram floresta. A Tabela 9 abaixo, apresenta as classes de uso e respectivas áreas que passaram a ser florestas nativas no período de 1998 a 2007:

Tabela 9 – Classes de uso da terra que contribuíram no aumento das florestas nativas ocorrido nos períodos de 1998 a 2007

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	30.546,92	72,31
Reflorestamento	431,27	1,02
Capoeirão	5.860,62	13,87
Campo	1.054,44	2,50
Agriculturas	4.005,82	9,48
Aflor. Rochoso	77,9	0,18
Dunas	29,42	0,07
Água	108,99	0,26
Banhado	130,38	0,31
Total	42.245,76	100

As informações trazidas pela Tabela 9, quando espacializadas somente as áreas que viraram floresta nativa em 2007 e que eram classificadas sob a forma de outro uso em 1998, demonstra uma grande mudança nas áreas mais centrais do Estado (Cartograma 7):



Cartograma 7 – Distribuição das áreas que floresta nativa de 1998 à 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

Nota-se ainda no cartograma acima que igualmente ao mapa que representava a distribuição das novas florestas nativas surgidas para o período 1988-1998, a região oeste do Rio Grande do Sul não apresenta um acréscimo significativo caracterizado por este tipo de mudança de uso da terra. Já a região nordeste apresenta uma significativa diminuição no que diz respeito ao surgimento de novas florestas nativas ao serem comparados os dois períodos estudados.

Ainda nesse sentido, igualmente ao ocorrido com as florestas nativas mapeadas no período de estudo anterior (1988-1998), também para 1998-2007 mesmo aumentando seu território de 38.982 km² para 42.245 km² mantiveram-se somente sob a mesma área 30.546 km² de florestas. Desta forma, das áreas de florestas mapeadas em 1998, 8.435 km² passaram a pertencer a outras classes de uso da terra em 2007. Dessas áreas de mudança de uso classificadas como desmatamento, a agricultura foi a principal responsável, tendo parte em

mais de 59%, ou seja, 5.046km². Esse valor apresentou um aumento de 207 km² em relação ao desmatamento que passou para o uso agrícola entre os anos de 1988 e 1998. Outra mudança de uso que contribuiu com um percentual elevado na diminuição das florestas nativas foram as áreas de campo com cerca de 2.207km², representando mais de 26% das áreas desmatadas entre os anos de 1998 e 2007. Esse valor se comparado a mudança floresta nativa-campo do período anterior apresentou uma queda de 590 km². Mesmo tendo os valores de áreas resultantes da classificação digital em imagens de satélite apresentado uma coerência em relação a comparação entre as áreas desmatadas nos dois períodos, entende-se que esses percentuais de desmatamento são considerados elevados para os padrões ambientais que regem atualmente a ocupação e o uso da terra no Estado do Rio Grande do Sul, podendo então ser explicados pela exploração licenciada (Corte Seletivo)¹² e clandestina de árvores, o avanço da área limite de lavouras sobre corredores e manchas florestais e a atividade silvipastoril (Descapoeiramento)¹³ prevista por Lei . Estas três formas de exploração e/ou degradação florestal podem diretamente alterar o comportamento espectral de parte da área representada por um píxel, de forma tal a reclassificá-lo em outro uso no intervalo de tempo estudado.

O aumento das áreas de capoeirão (567km²) e das áreas de reflorestamento (529km²) também foram relativamente elevados na diminuição das florestas nativas entre os anos de 1998-2007, e podem em sua maioria ser explicados pela exploração e substituição gradativa de espécies nativas por espécies exóticas em propriedades rurais que visam no futuro uma maior facilidade no reaproveitamento de áreas florestadas e o conseqüente lucro conseguido junto a atividade silvícola.

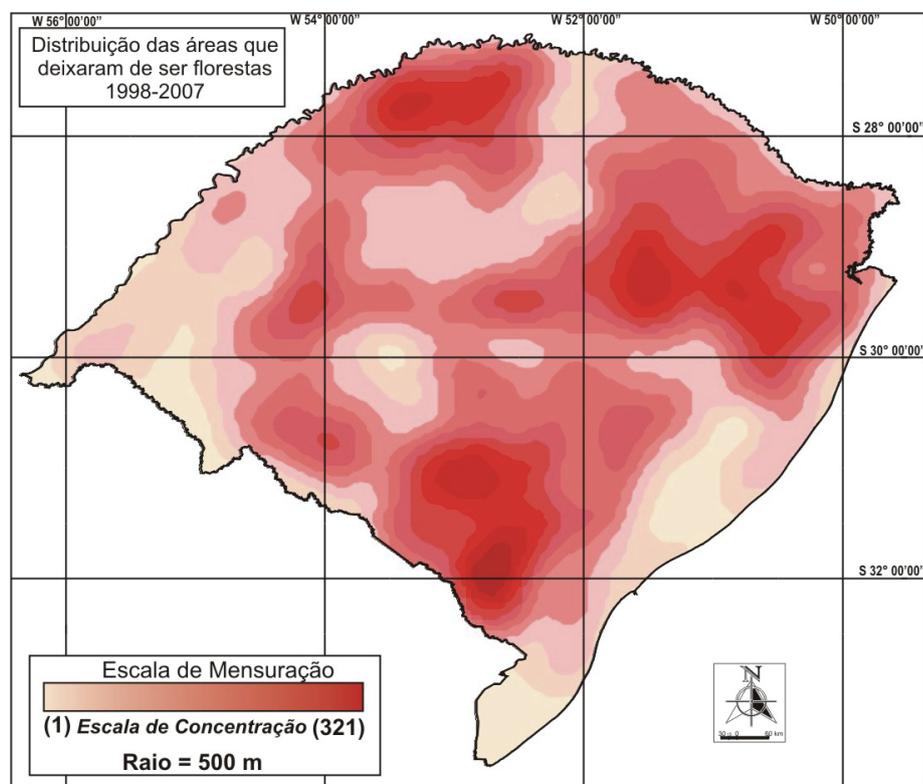
Quando espacializadas sobre o mapa do território do Rio Grande do Sul as informações do desmatamento de florestas nativas classificadas entre os anos de 1998 e 2007, o Cartograma 8 a seguir, apresenta diversos núcleos que concentram tais áreas desmatadas. Pode-se notar que a região centro-sul, centro-leste e norte do Estado são as mais representativas nesse sentido.

¹² *Corte seletivo*: é uma modalidade de licenciamento ambiental prevista por Lei que consiste no manejo para exploração eventual de exemplares nativos em áreas cobertas por vegetação primária ou nos estágios médio e avançado de regeneração, para consumo na propriedade rural.

¹³ *Descapoeiramento*: consiste na execução de cortes raso de vegetação nativa sucessora, formada principalmente por espécies pioneiras com até 3 metros de altura e ainda, na supressão total de vegetação nativa sucessora presente em áreas agrossilvipastoris, formada por espécies iniciais, as quais apresentam abundância relativa superior a 80%.

Tabela 10 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de florestas nativas mapeadas em 1998

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	30.546,92	78,36
Reflorestamento	529,55	1,36
Capoeirão	567,47	1,46
Campo	2.207,37	5,66
Agriculturas	5.046,27	12,95
Aflor. Rochoso	10,46	0,03
Dunas	8,11	0,02
Água	33,21	0,09
Banhado	32,95	0,08
Total	38.982,30	100



Cartograma 8 – Distribuição das áreas que sofreram desflorestamento de 1999 à 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

As áreas de capoeirão, também aumentaram no período de 1998 a 2007 cerca de 2.109 km². O cruzamento dos mapas apontou uma área em comum de 6.038 km², ou seja aproximadamente 49% das áreas mapeadas como capoeirão em 2007 já pertenciam a este uso em 1998.

Das classes mapeadas que sofreram mudanças de uso, transformando-se em capoeirão as áreas de agricultura foram as que mais contribuíram com aproximadamente 4.842 km², representando um percentual de 57% do total das áreas que migraram para o uso capoeirão entre os anos de 1998 e 2007. Outra classe que contribuiu para o aumento dos capoeirões foram as áreas de campo com mais de 1.727 km², ou seja, aproximadamente 20%, e ainda as áreas de reflorestamento com aproximadamente 1.152 km², representando no total de 13%. A Tabela 11 apresenta as classes de uso e respectivas áreas que passaram a ser capoeirão no período de 1998 a 2007.

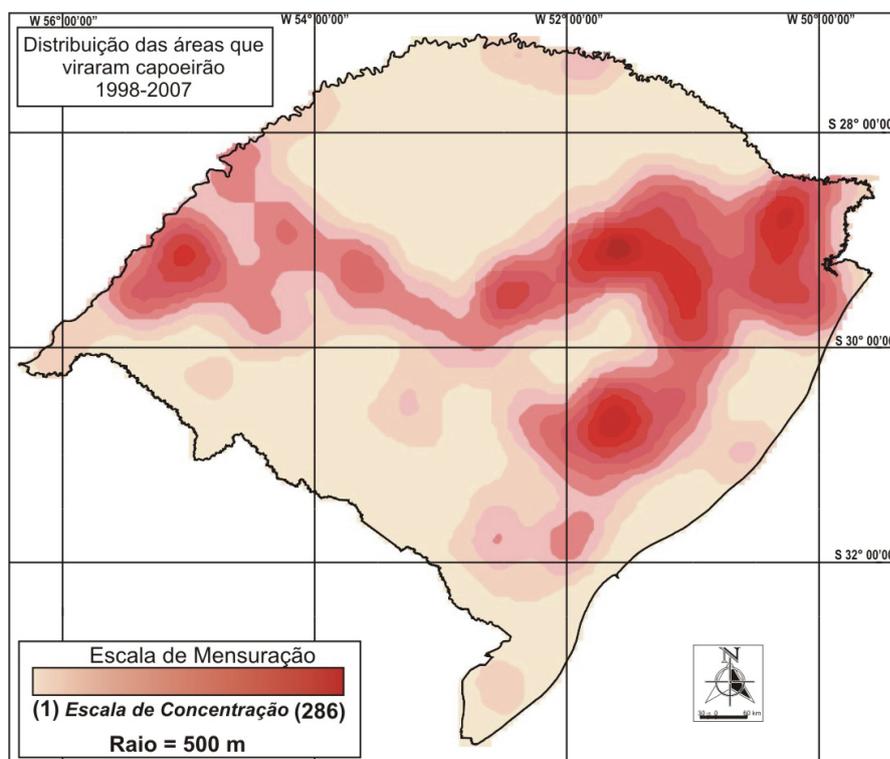
Tabela 11 – Classes de uso da terra que contribuíram no aumento das áreas de capoeirão ocorrido nos períodos de 1998 a 2007

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	567,47	3,94
Reflorestamento	1.152,70	8,00
Capoeirão	6.038,30	41,89
Campo	1727,84	11,99
Agriculturas	4.842,60	33,59
Aflor. Rochoso	5,72	0,04
Dunas	3,58	0,02
Água	35,78	0,25
Banhado	40,79	0,28
Total	14.414,79	100

Ainda em relação as mudanças entre as diversas classes de uso da terra que passaram a ser classificadas como capoeirão, as áreas de reflorestamento mencionadas anteriormente podem estar ligadas as áreas de reflorestamento de espécies exóticas que com o passar dos

anos são exploradas e novamente destinadas a cortes futuros através do manejo da rebrota ou até mesmo através do plantio de novas árvores. Estas áreas podem durante os estágios iniciais de desenvolvimento de suas espécies florestais implantadas, confundir o algoritmo de classificação. Essa classificação pode ser atribuída ao espaçamento do plantio que faz com que o sensor digital ao registrar a imagem capte em grande quantidade a resposta espectral dos extratos de vegetação inferiores às espécies florestais implantadas.

Ao serem representadas em um cartograma de distribuição, as áreas dos diferentes usos que viraram capoeirão em 2007, apresentam sobre o território do Rio Grande do Sul faixa central que se estende de leste a oeste e que concentra a maioria das novas áreas de capoeirão mapeadas em 2007, (Cartograma 9).



Cartograma 9 – Distribuição das áreas que passaram a ser capoeirão de 1998 à 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

Mesmo aumentando de 12.305 km² para 14.414 km² nos anos de 1998 e 2007 respectivamente, somente 6.038 km² foram capoeirão que não sofreram alteração, assim das áreas de capoeirão mapeadas em 1998, 6.267 km² passaram a pertencer a outro uso da terra em 2007.

Nesse sentido, as áreas de capoeirão que evoluíram para o uso de florestas nativas foram as áreas que mais apareceram, tendo parte em mais de 5.860 km², ou seja, 93%. Esse aumento considerável de regeneração natural se comparado ao período anterior, onde somente 37% das áreas de capoeirão chegaram ao estágio de florestas pode ser explicado pela crescente crise agrícola e pelo aumento da fiscalização sobre o comum processo da queimada de áreas abandonadas (capoeirões), para a replantação de lavouras, pois entre os anos de 1988 e 1998 aproximadamente 30% das áreas de capoeirão voltaram a ser de uso agrícola, enquanto que entre os anos de 1998 e 2007, 53 km² representam apenas 1% do total das áreas que deixaram de ser capoeirão, (Tabela 12):

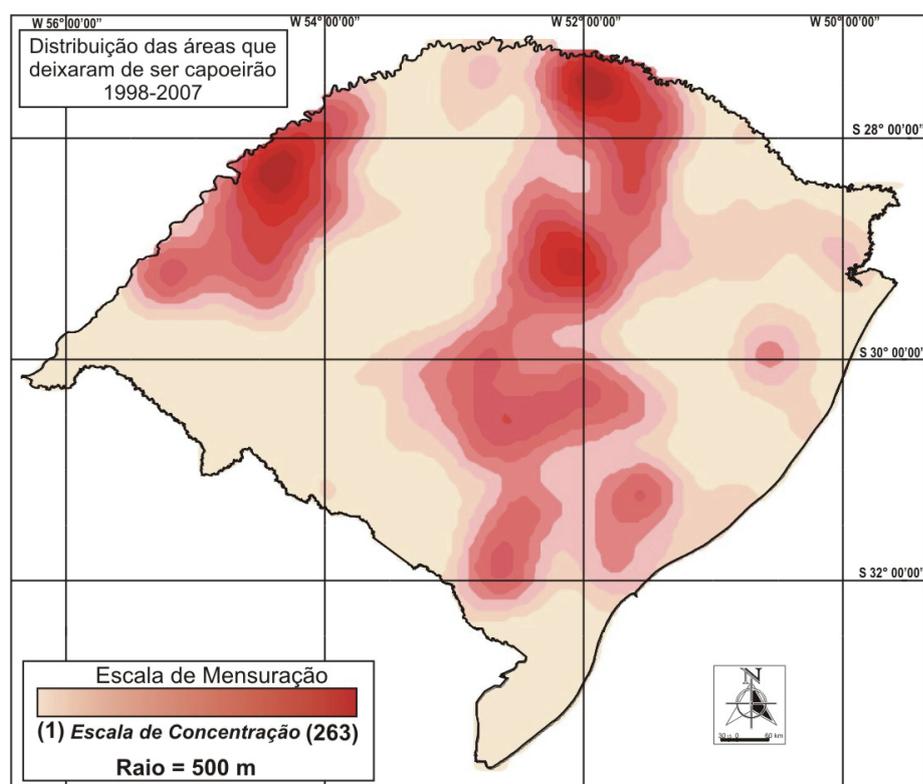
Tabela 12 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de capoeirão mapeadas em 1998

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	5.860,62	47,63
Reflorestamento	206,32	1,68
Capoeirão	6.038,30	49,07
Campo	27,95	0,23
Agriculturas	53,97	0,44
Aflor. Rochoso	24,57	0,20
Dunas	18,61	0,15
Água	9,09	0,07
Banhado	66,06	0,54
Total	12.305,49	100

A Tabela 12 mostra ainda um valor considerado baixo de 206 km² para áreas de capoeirão que evoluíram para o estágio de reflorestamento de espécies exóticas se comparado com o valor do período anterior, onde mais de 1.326 km² sofreram esta mudança. Este fato por sua vez pode também estar relacionado a maior rigidez pela qual as leis de proteção ambiental vêm controlando a exploração de áreas de reflorestamento, como também a já mencionada anteriormente crise agrícola à qual o Rio Grande do Sul vem passando nos

últimos anos, onde o êxodo rural acarreta o abandono completo de áreas agrícolas que muitas vezes eram utilizadas na atividade silvícola.

O Cartograma 10 espacializa os dados da tabela que representam as áreas que entre os anos de 1998 e 2007 deixaram de ser capoeirão mudando assim para as outras classes de uso da terra, sobre o mapa do território do Rio Grande do Sul. Este cartograma mostra que os principais núcleos concentradores de tais mudanças se localizam em sua maioria em uma estreita faixa central que se estende no norte ao sul do Estado. No cartograma pode-se perceber ainda uma outra área que representa uma maior concentração das áreas de capoeirão na região oeste do Rio Grande do Sul.



Cartograma 10 – Distribuição das áreas que deixaram de ser capoeirão de 1998 à 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

As áreas de florestamento de espécies implantadas, como já ocorrera no período anterior, também aumentaram de território no período de 1998 a 2007. Este aumento que correspondeu a cerca de 3.010 km², foi porém bastante superior aos 1.226 km² registrados no primeiro período (1988-1998). Ao comparar os mapas das áreas destinadas aos florestamentos em 2007 e 1998 os dados cruzados apontaram que 3.606 km², ou seja, aproximadamente 60%

das áreas mapeadas como reflorestamento em 2007 já pertenciam a esta classe de uso em 1998.

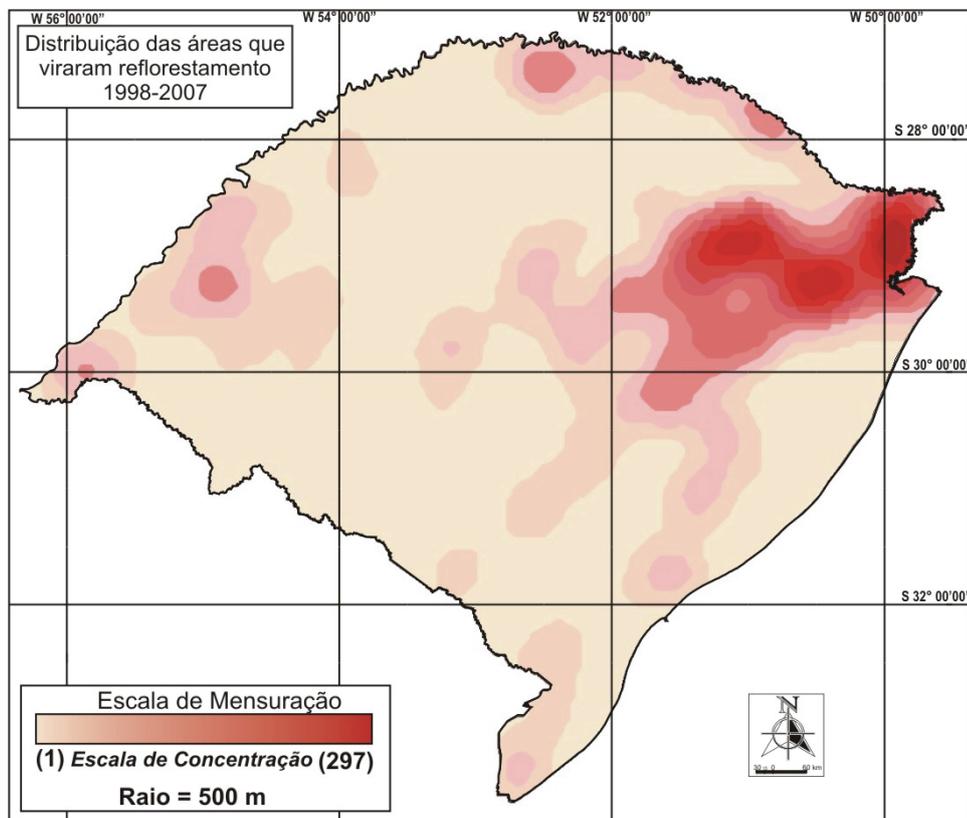
Assim, das áreas mapeadas que sofreram mudanças de uso, transformando-se em áreas de reflorestamento o uso representado pelo campo foi o que mais mudou nesse sentido, contribuindo mais de 1.254 km² correspondendo a 41% das áreas reflorestadas. Essa mudança de uso de campo-reflorestamento pode estar ligada ao crescimento da silvicultura em alguns setores da atividade rural, principalmente na pecuária onde o aumento da atividade silvipastoril tem se apresentado nos últimos anos como alternativa na fonte de renda junto a criação de animais.

Outras classes que contribuíram destacadamente para o aumento do reflorestamento foram as áreas destinada a agricultura com mais de 906 km² e as florestas nativas com 529 km² correspondendo a 30% e 17% respectivamente. A Tabela 13 apresenta as áreas dos uso da terra que passaram a ser reflorestamento no período de 1998 a 2007:

Tabela 13 – Classes de uso da terra que contribuíram no aumento das áreas de reflorestamento ocorrido nos períodos de 1998 a 2007

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	529,55	9,43
Reflorestamento	2.606,63	46,41
Capoeirão	206,32	3,67
Campo	1.254,32	22,33
Agriculturas	906,9	16,15
Aflor. Rochoso	8,57	0,15
Dunas	8,27	0,15
Água	66,98	1,19
Banhado	29,35	0,52
Total	5.616,81	100

As informações trazidas pela tabela anterior, quando espacializadas sobre o mapa do Rio Grande do Sul demonstram uma grande concentração na distribuição de novas áreas destinadas ao reflorestamento de espécies exóticas na região nordeste do Estado, com alguns outros núcleos concentradores isolados no norte e no oeste deste território, (Cartograma 11).



Cartograma 11 – Distribuição das áreas que viraram reflorestamento de 1998 à 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

Como nos casos anteriores de mudança entre as classes de uso da terra, também para as áreas de florestamento, que mesmo aumentando de 4.545 km² para 5.616 km² nos anos de 1998 à 2007 respectivamente, somente 2.606 km² foram áreas de reflorestamento que não sofreram alteração, assim do reflorestamento mapeado em 1998, 1.939 km² passaram a pertencer a outro uso da terra em 2007.

Desse desflorestamento de espécies exóticas, as áreas de capoeirão foram as principais responsáveis, tendo parte em mais de 59%, ou seja, 1.152 km². Este fato como explicado anteriormente está associado a alteração da resposta espectral apresentado pelo pixel quando da extração de um primeiro corte e/ou desbaste, devido ao espaçamento entre o plantio, aparecem ao fundo para compor a reflectância do alvo diversos tipos de vegetação

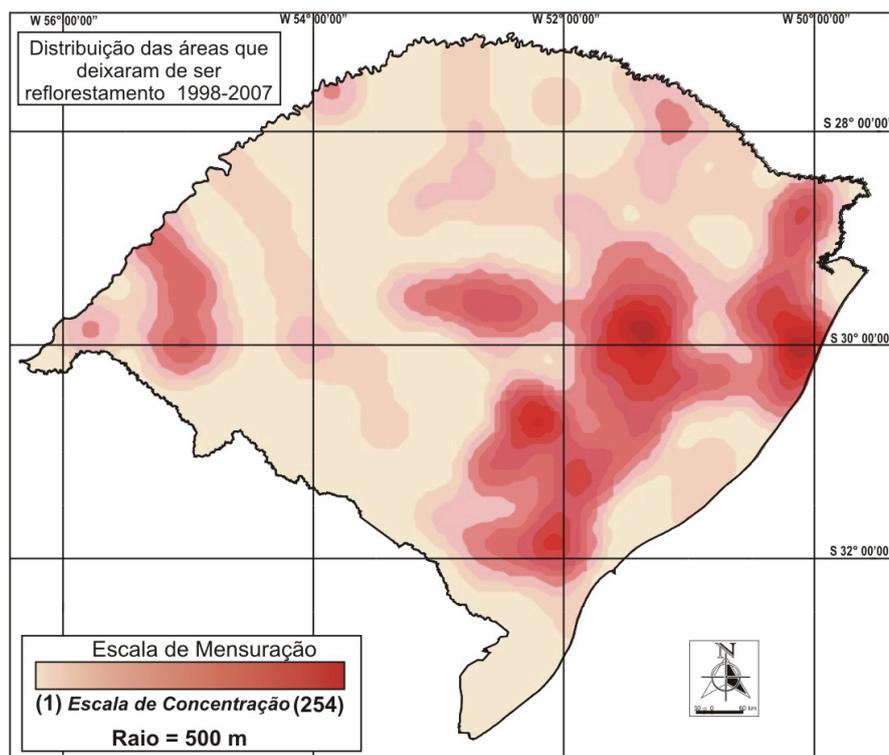
rasteira presentes também no dossel e que desta forma podem confundir o algoritmo classificador, classificando as áreas que antes do desbaste/corte eram destinadas ao reflorestamento como um novo uso (capoeirão).

Merecem destaque ainda as áreas de reflorestamento que se tornaram áreas de floresta nativa com cerca de 431 km², representando cerca de 22% e ainda as áreas de agricultura e de campo com 10% e 5% de contribuição para a diminuição das áreas de reflorestamento somando 197 km² e 106 km² respectivamente, (Tabela 14).

Tabela 14 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de reflorestamento mapeadas em 1998

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	431,27	9,49
Reflorestamento	2.606,63	57,34
Capoeirão	1.152,70	25,36
Campo	106,30	2,34
Agriculturas	197,05	4,33
Aflor. Rochoso	8,19	0,18
Dunas	11,70	0,26
Água	10,73	0,24
Banhado	20,97	0,46
Total	4.545,54	100

Uma vez espacializadas as informações das áreas que deixaram de ser reflorestamento, passando a pertencer a outros usos da terra, o Cartograma 12 mostra uma concentração destas na região leste do Estado do Rio Grande do Sul. Têm-se ainda alguns outros pontos espalhados por todo território do Estado, porém de menor relevância.



Cartograma 12 – Distribuição das áreas que deixaram de ser reflorestamento passando a ser outros usos nos anos de 1998 à 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

4.2 – Modelo de simulação estocástico

4.2.1 – Matriz de transição de Markov

A matriz markoviana foi definida pela média das transições sofridas pelas classes de uso da terra nos dois períodos, ou seja, o percentual de mudança de uma classe para as demais nos anos de 1988 à 1998 e de 1998 à 2007. Essa média de mudança definirá no modelo de simulação o valor da probabilidade que cada uso terá em 10 anos de evoluir para outra classe de uso da terra. O Quadro 10 traz as probabilidades de transição de Markov, definidas pela média dos períodos estudados.

Probabilidade de transição 1988-1998 (%)									
	floresta	reflorestamento	capoeirão	campo	agricultura	aflor. rochoso	dunas	agua	banhado
floresta	73,2189	1,2886	3,2153	7,7960	13,5006	0,1968	0,0167	0,3825	0,3847
reflorestamento	4,4587	83,3271	8,0799	1,2857	2,2235	0,1003	0,1415	0,1298	0,2536
capoeirão	16,3657	12,5807	56,2348	0,7660	12,7899	0,1009	0,0897	0,5306	0,5418
campo	6,9104	14,3523	4,6338	53,9781	18,3036	0,8509	0,6368	0,1217	0,6118
agricultura	1,3151	15,8927	36,1058	6,3267	36,9717	1,3218	0,2515	0,4209	1,2035
aflor. rochoso	2,2196	11,4153	3,5367	5,5623	7,9962	64,5283	2,3568	2,2807	0,4756
dunas	0,3346	1,3699	0,8135	1,4549	2,5917	0,7894	89,5083	3,1657	0,0000
agua	0,7607	2,1988	0,7131	6,1031	0,3209	0,0357	1,3490	76,4637	11,8555
banhado	2,8829	18,4819	8,8855	7,4243	32,2643	4,1071	0,6319	1,4217	23,8527

Probabilidade de transição 1998-2007 (%)									
	floresta	reflorestamento	capoeirão	campo	agricultura	aflor. rochoso	dunas	agua	banhado
floresta	78,3610	1,3584	1,4557	5,6625	12,9450	0,0268	0,0208	0,0852	0,0845
reflorestamento	8,1102	64,2120	14,6971	2,3387	9,5048	0,1824	0,2575	0,2360	0,4613
capoeirão	18,5771	12,2410	49,0700	1,8524	16,4071	0,1966	0,1512	0,9678	0,5368
campo	4,3837	16,4546	2,2117	50,7810	25,3875	0,5274	0,2398	0,2258	0,1443
agricultura	1,3161	18,2864	33,3937	12,3521	33,5447	0,4707	0,1185	0,2770	0,4515
aflor. rochoso	2,5072	19,2222	1,5043	5,4781	19,7381	51,3984	0,3850	0,0836	0,2658
dunas	1,6609	3,3033	0,5285	5,0670	0,3775	0,3775	86,1843	1,6333	0,9258
agua	0,1743	2,4035	0,6227	3,4123	0,5168	0,0311	0,5417	89,0861	3,7360
banhado	2,8718	17,2135	2,9270	1,5332	43,4867	0,4878	0,7666	2,0140	28,8169

Média de transição total - Matriz de Markov (%)									
	floresta	reflorestamento	capoeirão	campo	agricultura	aflor. rochoso	dunas	agua	banhado
floresta	75,7900	1,3235	2,3355	6,7292	13,2228	0,1118	0,0187	0,2338	0,2346
reflorestamento	6,2845	73,7695	11,3885	1,8122	5,8641	0,1413	0,1995	0,1829	0,3574
capoeirão	17,4714	12,4109	52,6524	1,3092	14,5985	0,1487	0,1204	0,7492	0,5393
campo	5,6471	15,4034	3,4228	52,3796	21,8456	0,6891	0,4383	0,1737	0,3780
agricultura	1,3156	17,0896	34,7497	9,3394	35,2582	0,8963	0,1850	0,3489	0,8275
aflor. rochoso	2,3634	15,3188	2,5205	5,5202	13,8672	57,9634	1,3709	1,1822	0,3707
dunas	0,9978	2,3366	0,6710	3,2609	1,4846	0,5835	87,8463	2,3995	0,4629
agua	0,4675	2,3011	0,6679	4,7577	0,4189	0,0334	0,9454	82,7749	7,7958
banhado	2,8773	17,8477	5,9063	4,4788	37,8755	2,2975	0,6992	1,7179	26,3348

Quadro 10 – Matriz de transição de Markov. Elaboração: HENDGES (2007).

Pode-se perceber que compõe a matriz de Markov não somente as classes de uso definidas como uso florestal (floresta nativa, capoeirão e reflorestamento de espécies exóticas), pois ao mesmo tempo que as classes florestais sofrem o acréscimo de área pela mudança dos demais usos, elas por sua vez também sofrem diminuição em sua área de cobertura territorial ao mudar para as outras classes de uso.

4.2.2 – Definição dos pesos de evidências

Antes de definir o valor do cálculo dos pesos de evidências foi preciso definir a relação dos mapas temáticos na localização pontual das mudanças de uso da terra nos dois períodos estudados. Assim, as áreas que sofreram mudanças nos períodos de 1988-1998 e de 1998-2007 foram somadas e representadas em um único mapa com o objetivo de definir o montante total das áreas que passaram por mudanças nos últimos 20 anos, para então somente calcular a respectiva significância destas mudanças em determinadas classes temáticas, através do processo de análise estatística de *stepwise*.

Assim, foram definidas os seguintes mapas como sendo de mudança de uso da terra, e que de alguma forma influenciaram no aumento ou na diminuição das classes de uso florestal do Rio Grande do Sul: Afloramento Rochoso-Floretas Nativas; Afloramento Rochoso-Reflorestamento; Afloramento Rochoso-Capoeirão; Agricultura-Floretas Nativas; Agricultura-Reflorestamento; Agricultura-Capoeirão; Lâmina d'Água-Floretas Nativas; Lâmina d'Água-Reflorestamento; Lâmina d'Água-Capoeirão; Campo-Floretas Nativas; Campo-Reflorestamento; Campo-Capoeirão; Banhado-Floretas Nativas; Banhado-Reflorestamento; Banhado-Capoeirão; Dunas-Floretas Nativas; Dunas -Reflorestamento; Dunas -Capoeirão; Florestas Nativas-Reflorestamento; Florestas Nativas-Capoeirão; Florestas Nativas-Afloramento Rochoso; Florestas Nativas-Agricultura; Florestas Nativas-Lâmina d'Água; Florestas Nativas-Campo; Florestas Nativas-Dunas; Florestas Nativas-Banhado; Reflorestamento-Florestas Nativas; Reflorestamento-Capoeirão; Reflorestamento-Afloramento Rochoso; Reflorestamento-Agricultura; Reflorestamento-Lâmina d'Água; Reflorestamento-Campo; Reflorestamento-Dunas; Reflorestamento-Banhado; Capoeirão-Florestas Nativas; Capoeirão-Reflorestamento; Capoeirão-Afloramento Rochoso; Capoeirão-Agricultura; Capoeirão-Lâmina d'Água; Capoeirão-Campo; Capoeirão-Dunas; Capoeirão-Banhado.

Estes mapas representados pelas áreas onde correram mudança no padrão de uso da terra ligadas as classes florestais cruzado no MINITAB com os demais mapas temáticos pelo método de regressão *stepwise*. Os mapas temáticos estão representados nos anexos: Anexo 6 (mapa de distâncias), Anexo 7 (mapas geo-físicos), Anexo 8 (mapas econômicos de diferentes formas de renda), Anexo 9 (mapas de diferentes densidades populacionais), Anexo 10

(distribuição das áreas destinadas a agricultura), Anexo 11 (mapas da produção de derivados silvícolas).

A relação de significância das variáveis dependentes, representadas pelos mapas de mudanças de uso da terra citados anteriormente e as diversas classes dos mapas temáticos vistos nos anexos foi realizada no MINITAB e os resultados dos processos estatísticos podem ser consultados na mídia de CD-ROM, anexada ao final desta Tese. Lembra-se ainda que mesmo sendo baixo o valor estimado para o *coeficiente de determinação* (R^2) e/ou do *coeficiente de variação* (C_p), representando assim uma pequena significância dos mapas temáticos (variáveis independentes) no modelo que explica o mapa da localização das mudanças de uso do terra (variável dependente), estes ainda assim foram considerados como parte integrante do modelo estocástico, tendo assim os valores estimados para os pesos de evidência.

Os valores encontrados para os pesos de evidências e que irão compor o modelo de simulação, estão relacionados também no CD-ROM, e foram definidos a partir da fórmula 13 descrita do Capítulo 2 referente a revisão bibliográfica. Estes valores foram obtidos com o cruzamento dos mapas das mudanças de uso da terra e das variáveis temáticas selecionadas pelo processo estatístico do *stepwise*. Este cruzamento informa o número de pixels dos mapas de mudanças de uso, presentes e ausentes nas diferentes classes de cada mapa temático, possibilitando assim a definição dos parâmetros de entrada da fórmula dos pesos de evidência (Figura 37).

Desta forma, uma vez calculados e definidos os valores dos pesos de evidências que comporiam juntamente com a matriz de transição de Markov o modelo estocástico de simulação, passou a preencher os campos de informações que fazem parte do banco de dados do programa DINAMICA onde a paisagem florestal referente ao território do Rio Grande do Sul foi simulada para o ano de 2020. Porém, mesmo definida a data requerida para a simulação, o aplicativo DINAMICA cria uma imagem de uso correspondente a cada ano anterior da data limite estipulada, criando então a partir da imagem classificada de 2007 uma nova imagem a cada novo ciclo de simulação (ano) que possui seus padrões de uso alterados em função das transições definidas pela matriz de Markov e pela localização das classes dos mapas temáticos, onde dependendo do valor dos pesos de evidências a transição entre determinados usos será maior ou menor quando esta transição se localizar em um tema

específico. Assim, a nova imagem passa a servir de base para o ciclo seguinte, interagindo no que diz respeito ao ganho e a perda de área referente as classes de uso florestal.



Figura 37 – Cruzamento dos mapas de mudança de uso da terra com os mapas temáticos, para definição dos pesos de evidências. Elaboração: HENDGES (2007).

4.3 – Simulação do uso de terra florestal para o ano de 2020

Ao analisar visualmente o mapa simulado para o uso da terra florestal no Rio Grande do Sul referente ao ano de 2020 (Anexo 12), pode-se concluir também que, como já havia

ocorrido nos períodos anteriores, não são perceptíveis mudanças abruptas de alteração entre as diferentes classes de uso da terra. Também coerente as oscilações entre as classes de uso da terra mapeadas nos períodos anteriores, o mapa de 2020 seguiu as tendências de aumento e diminuição das áreas entre as classes de uso da terra encontrados nos períodos de 1988, 1998 e 2007, todas descritas anteriormente. A Tabela 15 mostra esta relação de aumento ou diminuição das áreas das classes de uso da terra resultante no mapa de simulação.

Tabela 15 – Quantificação das áreas de uso da terra do Rio Grande do Sul em km², definidas pela simulação estocástica da paisagem.

Classes de Uso	Uso de 2007	Simulação 2020
Florestas Nativas	42.245,76	47.358,85
Reflorestamento	5.616,81	9.652,49
Capoeirão	14.414,79	20.704,21
Campo	127.938,29	116.541,65
Agriculturas	67.077,72	63.305,27
Aflor. Rochoso	1.076,18	1.348,55
Dunas	1.502,67	1.241,75
Água	20.258,95	20.279,28
Banhado	1.417,36	1.116,21
Total	281.548,54	281.548,54

Para representar melhor o percentual de mudança do uso das classes florestais do Rio Grande do Sul definido pelo modelo de simulação estocástico para o intervalo de tempo 2007-2020 foi selecionada ainda o mapa correspondente ao de 2013. Apesar do modelo ser programado especificamente para simular o uso da terra referente ao ano de 2020, entende-se que uma data intermediária possa ajudar a compreensão do processo evolutivo do uso florestal deste Estado. Desta forma a Figura 38 demonstra novamente os gráficos apresentados pela Figura 36 (Figura 36 – Distribuição das áreas em porcentagem territorial das classes de uso da terra do Rio Grande do Sul), porém acrescidos agora dos gráficos das áreas dos mapas simulados para o anos de 2013 e 2020.

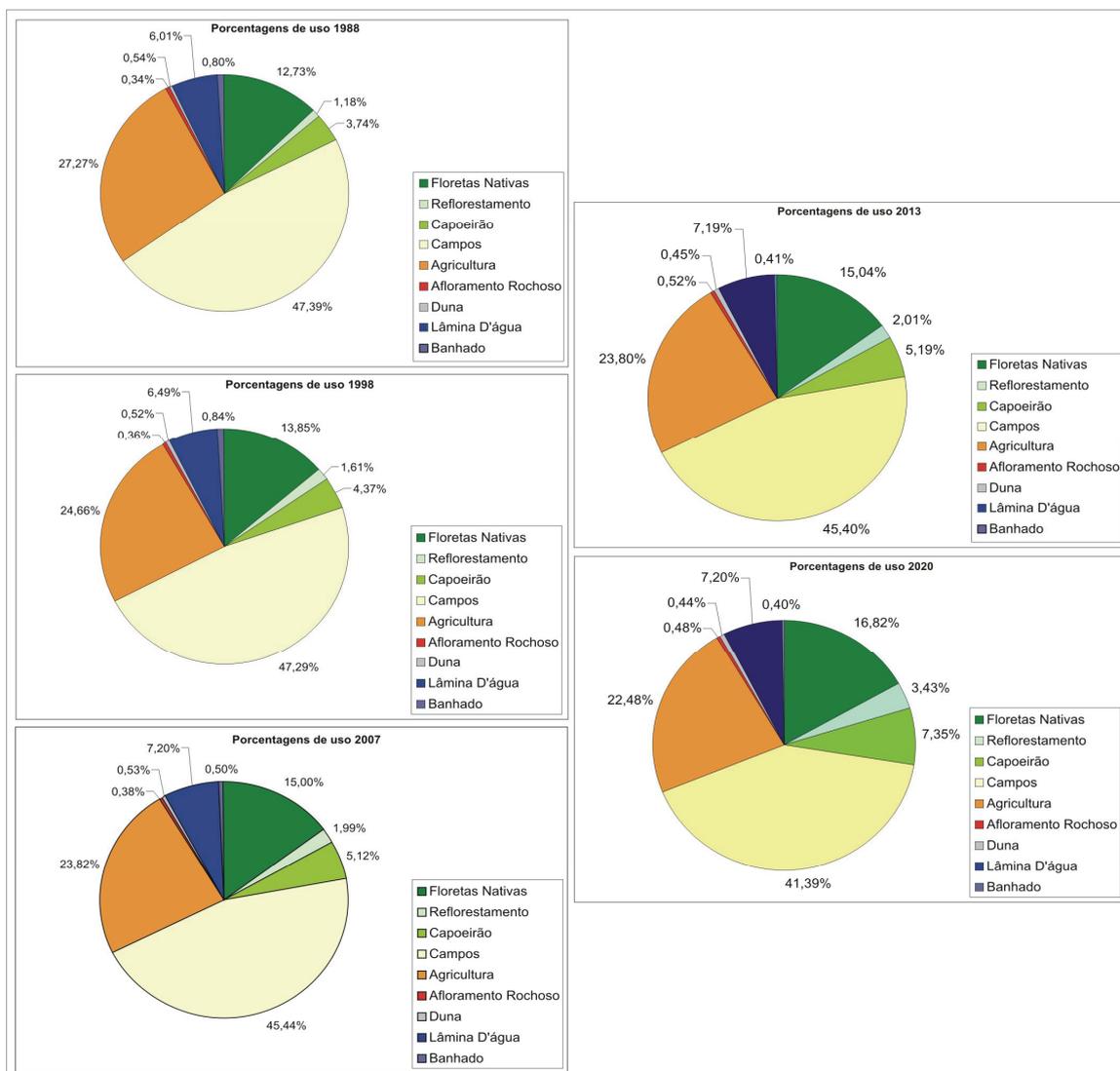
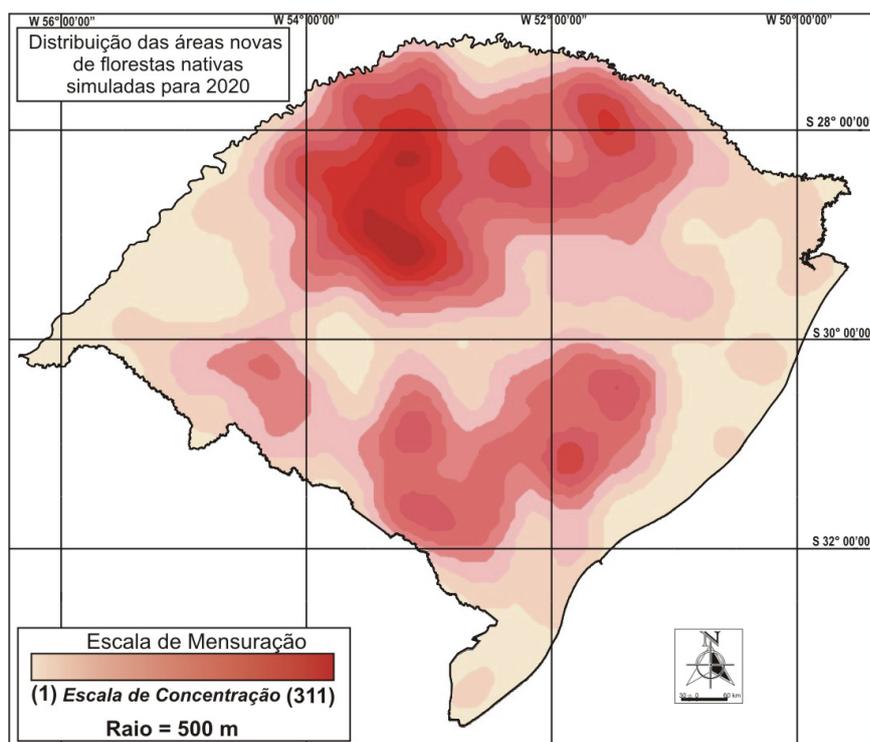


Figura 38 – Representação das áreas das classes de uso da terra encontradas nos períodos estudados e simulados em relação a área total do Rio Grande do Sul. Elaboração: HENDGES (2007)..

Em relação ao ganho de área de florestas nativas, a simulação da paisagem referente ao ano de 2020 apontou um aumento de 5.313km² em relação ao ano de 2007, aumento este maior do que os acréscimos de 3.263 km² e 3.132 km² registrados para os períodos de 1998-2007 e 1988-1998 respectivamente. Esse aumento de mais de 5.313 km² corresponde a aproximadamente a 2% de todo território do Rio Grande do Sul. Como mencionado anteriormente, a projeção de cenário referente ao uso das classes florestais do Rio Grande do Sul para o ano de 2020, não apresentou sobre o mapa uma área de mudança muito perceptível em relação ao volume de alterações, porém ao analisar a distribuição das novas áreas de florestas nativas é possível identificar uma maior concentração destas na região noroeste do Rio Grande do Sul (Cartograma 13).



Cartograma 13 – Distribuição das novas áreas de floresta nativa simuladas para 2020. Elaboração: HENDGES (2007).

Já as áreas de florestas nativas mapeadas em 2007 e que mudaram de classe, passando a pertencer a outro uso da terra, quando contabilizadas totalizaram uma perda de 6.977km², respeitando assim uma tendência menor no que diz respeito ao desmatamento de áreas com cobertura de florestas nativas, pois este tipo de mudança de uso da terra entre os anos de 1988-1998 representava uma área de 9.601 km² e já no período seguinte 1998-2007 apresentou uma diminuição, passando a ser de 8.435 km².

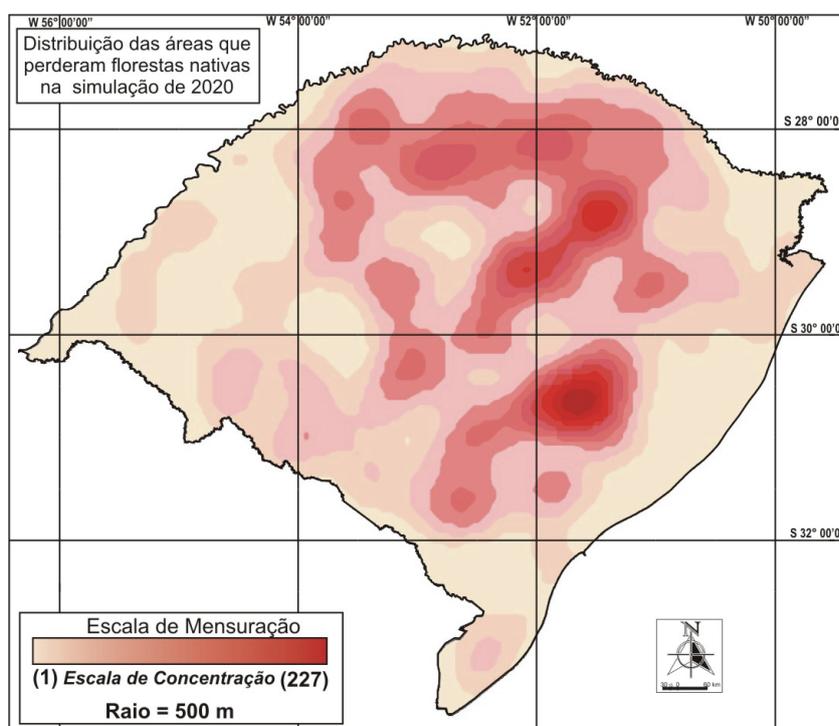
Desta forma, a classe de uso da terra que mais influenciou no desmatamento de florestas nativas, no mapa de simulação para o ano de 2020, foi o agricultura com cerca de 2.987 km², representando aproximadamente 42% do total das áreas desmatadas.

O uso correspondente as áreas classificadas como campo também contribui circunstancialmente para a diminuição das áreas de florestas nativas classificadas no território do Rio Grande do Sul em 2007, com cerca de 2.572 km², ou seja, 36% do total das áreas onde ocorreu a perda da floresta nativa. A Tabela 16 traz o total das áreas onde ocorreu a mudança de uso da terra das áreas que em 2007 eram classificadas como floresta nativa e que no mapa resultante do modelo de simulação estocástico da evolução florestal do Rio Grande do Sul referente ao ano de 2020 passaram pertencer as demais classes de uso da terra.

Tabela 16 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de florestas nativas mapeadas em 2007 (simulação do ano de 2020)

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Reflorestamento	629,86	9,027
Capoeirão	782,37	11,213
Campo	2.572,39	36,868
Agriculturas	2.987,22	42,813
Aflor. Rochoso	0,43	0,006
Dunas	0,06	0,001
Água	0,24	0,003
Banhado	4,88	0,070
Total	6.977,44	100

Os valores apresentados pela Tabela 16 quando espacializados sobre o território do Rio Grande do Sul apresentam uma concentração de áreas na região central do Estado onde o desmatamento apareceu com maior intensidade no mapa de simulação, (Cartograma 14).

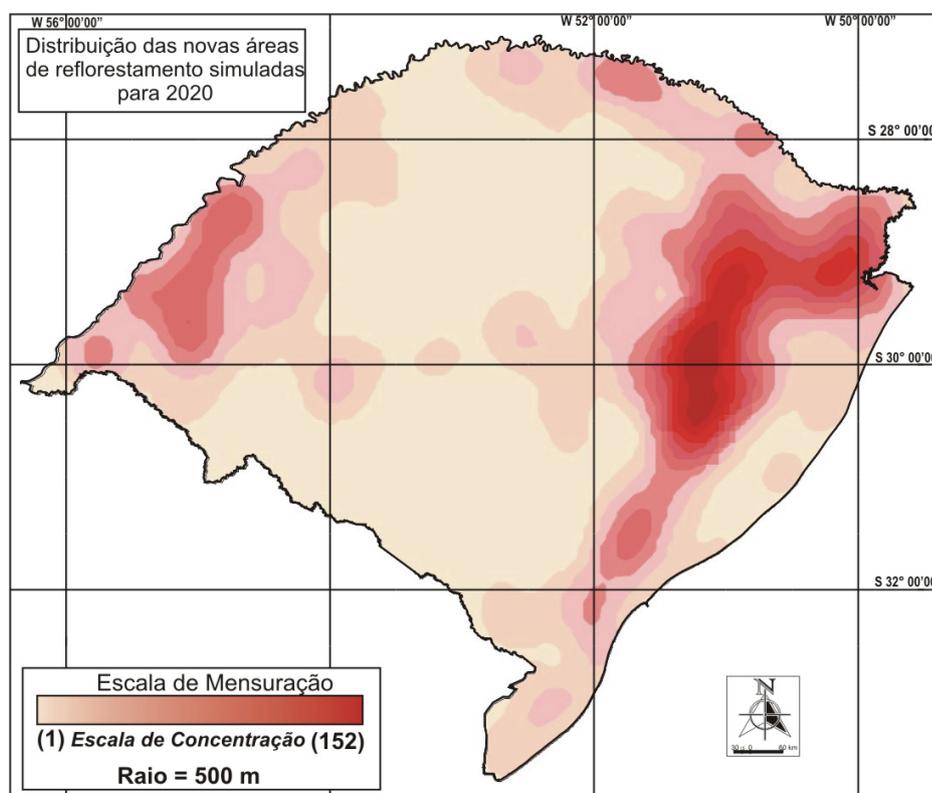


Cartograma 14 – Distribuição das áreas de desflorestamento (2020). Elaboração: HENDGES (2007).

A simulação da paisagem referente ao ano de 2020, para as áreas relacionadas ao uso de reflorestamento de espécies exóticas apontou também um aumento de cerca de 4.036 km² em relação ao ano de 2007, acompanhando a tendência de aumento encontrada nos períodos anteriores que era de aproximadamente 1.071 km² nos anos de 1998-2007 e 1.226 km² nos anos de 1988-1998.

O aumento definido para o florestamento implantado pelo mapa de simulação se mostrou mais significativo por este representar praticamente a duplicação das áreas florestadas que passaram de 5.616 km² em 2007 para 9.652 km² em 2020. Mesmo levando se em conta que este valor em termos percentuais acrescente somente 1,5% de áreas destinadas ao reflorestamento exótico para todo território do Rio Grande do Sul, as áreas pertencentes a este uso somavam em 2007 somente 1,99% deste território, passando em 2020 a representar 3,4%.

Ao analisar a distribuição das novas áreas de reflorestamento, apresentada pelo Cartograma 15 é possível identificar uma grande concentração de florestas exóticas num eixo no sentido nordeste-sul do Rio Grande do Sul, além de algumas áreas esparsas ao longo da fronteira norte e oeste do Estado.



Cartograma 15 – Distribuição das novas áreas de reflorestamento simuladas para 2020. Elaboração: HENDGES (2007).

As áreas de reflorestamento e que mudaram de classe em relação ao mapeamento de 2007, passando assim a pertencer a outro uso da terra, totalizaram uma perda de 2.145 km², também seguindo portanto a tendência dos anos anteriores onde 1.7121 km² e 1.939 km² de áreas destinadas ao reflorestamento nos períodos de 1988-1998 e 1998-2007 deixaram de pertencer a este uso.

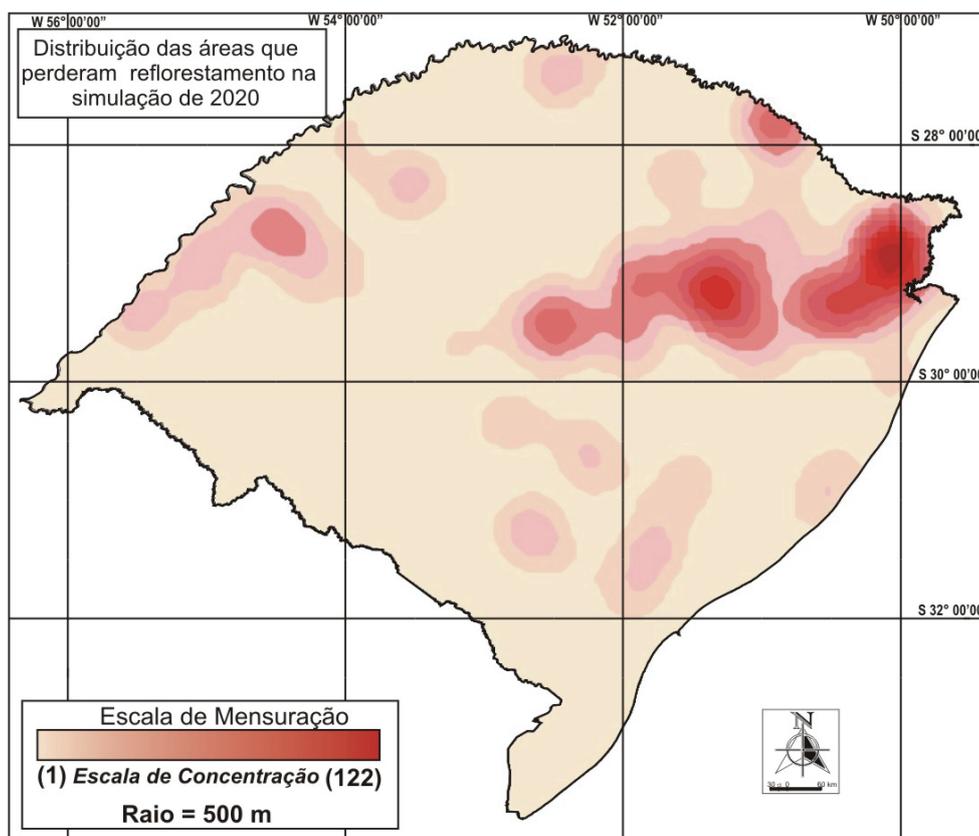
Desse tipo de mudança de uso da terra que segundo a simulação correspondente ao ano de 2020 alterou os locais que vinham sendo usados como reflorestamento de espécies exóticas em 2007, as áreas destinadas ao cultivo agrícola foram as que mais expandiram seu território em cerca de 1.007 km², representando aproximadamente 47% do total das áreas que passaram por tal mudança entre os mapas de 2007-2020.

O uso correspondente ao campo também contribui circunstancialmente para a diminuição das áreas reflorestadas com cerca de 704 km², ou seja, 33%. O uso correspondente ao capoeirão e as florestas nativas também aumentaram de área com 261 km² e 170 km² respectivamente, representado um total de 12% e 8% das áreas que deixaram de pertencer ao uso reflorestamento. A Tabela 17 traz o total das áreas que deixaram de ser reflorestamento passando a pertencer as demais classes de uso da terra.

TABELA 17 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas de reflorestamento mapeadas em 2007 (simulação do ano de 2020)

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Floresta Nativa	170,92	8,02
Capoeirão	261,62	12,27
Campo	704,45	33,05
Agriculturas	1.007,83	47,29
Aflor. Rochoso	0,05	0,00
Dunas	0,04	0,00
Água	0,11	0,01
Banhado	0,35	0,02
Total	2.145,39	100

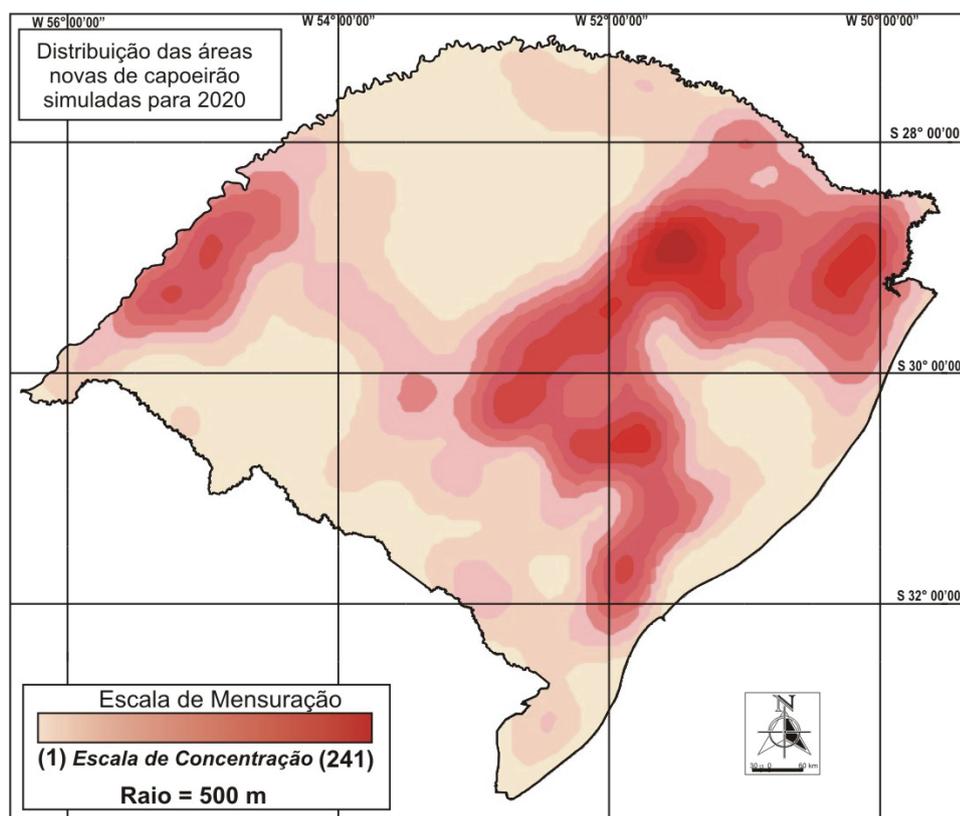
O Cartograma 16 apresenta a distribuição das áreas que deixaram de ser reflorestamento no ano de 2007 passando a integrar outros usos da terra no mapa de simulação referente ao ano de 2020. Nele pode-se perceber uma concentração dos locais que passaram por tal mudança na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.



Cartograma 16 – Distribuição das áreas que deixaram de ser reflorestamento 2007-2020. Elaboração: HENDGES (2007).

Já o ganho das áreas de capoeirão, também se fez sentir na simulação da paisagem referente ao ano de 2020, pois este apontou um aumento de 6.290 km² em relação as áreas de classificadas como capoeirão em 2007 e sendo que nos períodos anteriores o aumento dessas áreas foi de 1.764 km² entre os anos de 1988-1998 e de 2.109 km² nos anos de 1998-2007.

Assim o aumento de mais de 6.290 km² corresponde a aproximadamente 2,23% de todo território gaúcho. A distribuição das novas áreas de capoeirão simuladas para o ano de 2020 sobre o território do Rio Grande do Sul apresentou um ganho muito grande destas áreas na região centro-leste do Estado e um outro foco de concentração na parte oeste do Estado, (Cartograma 17).



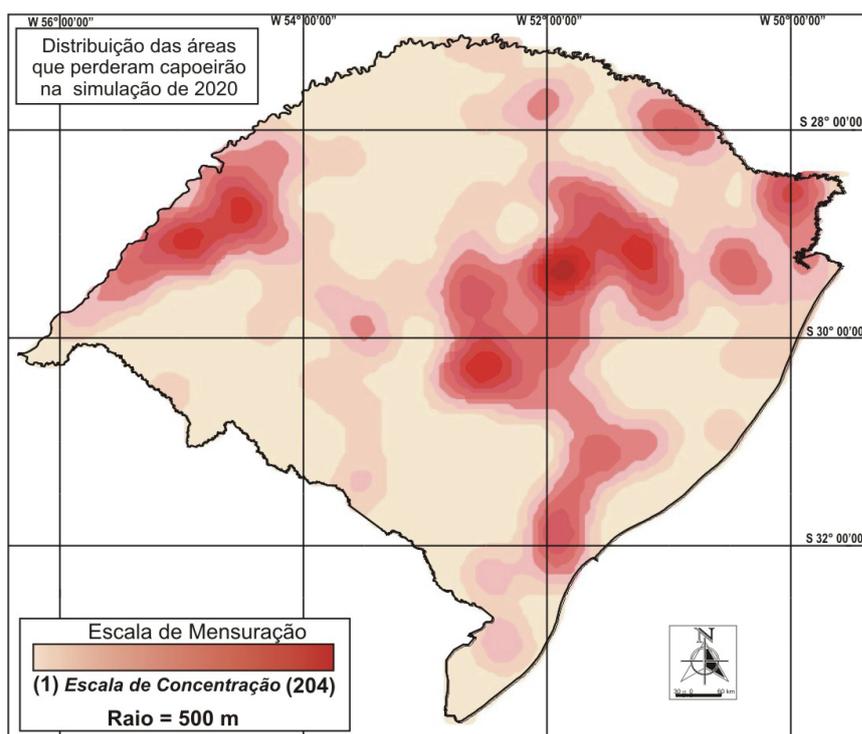
Cartograma 17 – Distribuição das novas áreas de capoeirão simuladas para 2020. Elaboração: HENDGES (2007).

A totalização das áreas de capoeirão mapeadas em 2007 e que migraram de classe somou cerca de 4.485km². Dessas áreas onde ocorreu a perda de capoeirão o uso da terra que mais contribuiu foram as florestas nativas, através da regeneração natural, aumentando sua área em cerca de 2.506 km², representando aproximadamente 55% do total das áreas que deixaram de ser capoeirão. O uso correspondente as áreas de reflorestamento de espécies exóticas também contribuiu circunstancialmente para a diminuição das áreas de capoeirão classificadas em 2007, com cerca de 1.407 km², ou seja, 31% do total das áreas que sofreram esta mudança de uso. As áreas destinadas a agricultura também merecem destaque com aproximadamente 427 km², ou seja, 9% do total das áreas que eram classificadas como capoeirão em 2007 e que passaram a pertencer a outro uso no mapa de simulação correspondente ao ano de 2020, (Tabela 18).

As áreas da tabela quando espacializadas sobre o mapa do Rio Grande do Sul demonstram vários núcleos no centro e no oeste do Estado que deixaram de ser capoeirão em 2007, passando a ser outro uso em 2020, (Cartograma 18).

TABELA 18 – Classes de uso da terra que contribuíram na diminuição das áreas capoeirão mapeadas em 2007 (simulação do ano de 2020)

Classes de Uso	Transformação em km²	Porcentagem (%) do total
Florestas Nativas	2.506,44	55,87
Reflorestamento	1.407,23	31,24
Campo	1,28	2,85
Agriculturas	426,75	9,51
Aflor. Rochoso	2,47	0,06
Dunas	1,53	0,03
Água	1,42	0,03
Banhado	11,61	0,26
Total	4.485,89	100



Cartograma 18 – Distribuição das áreas que deixaram de ser capoeirão 2007-2020. Elaboração: HENDGES (2007).