

XII ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM
PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

21 a 25 de maio de 2007

Belém - Pará - Brasil

MODELAGEM DAS DINÂMICAS ANTRÓPICAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.

Caroline Kuhn (UFRGS)

Simone Leão (UFRGS)

Modelagem das Dinâmicas Antrópicas em Unidades de Conservação.

Resumo

No cenário brasileiro de Políticas Públicas em Unidades de Conservação Restritivas existem muitas polêmicas sobre a permanência ou não de Comunidades Tradicionais no interior destas Unidades, discussão que se fortalece com a carência de diagnósticos. Se por um lado as restrições da legislação ambiental de Parques Nacionais contribuem para a preservação do ambiente natural, por outro, comprometem a preservação de culturas e estruturas sociais que co-existiam em relativo equilíbrio ambiental. Neste estudo através de uma abordagem de modelagem das dinâmicas destas populações dentro de Unidades de Conservação, com diferentes cenários de restrição, buscou-se uma maior compreensão dos padrões de uso e ocupação do solo, fatores atratores de desenvolvimento, impactos e identificação dos resultados das políticas de conservação em relação às dinâmicas de uso do solo. A aplicação da metodologia ao Parque Nacional do Superagui, Paraná, teve bons resultados com relação à caracterização, análise e simulação das dinâmicas de uso do solo, e a aplicação de diferentes cenários apontou que uma política um pouco menos restritiva com relação às áreas de desenvolvimento das comunidades tradicionais, teria como resultado menos conflitos sociais com a mesma eficácia de proteção ambiental que a atual política adotada oferece.

Keywords: Políticas de conservação, Planejamento Ambiental, Sistemas de Informação Geográfica, Modelagem de Usos do Solo, Dinâmicas de Usos do Solo, Sustentabilidade Social.

1. Introdução

A concepção de áreas protegidas foi construída sobre a dissociação do homem com a natureza, assumindo que as populações humanas são destruidoras das áreas naturais. O primeiro modelo de criação de áreas naturais protegidas, utilizado no Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos, instituído em 1872, constitui-se na política conservacionista mais utilizada em países em desenvolvimento ainda na atualidade (BRITO, 2003). Modelo este que impede a existência de populações humanas residentes dentro de áreas de proteção ambiental.

Esta abordagem, entretanto, entra em conflito com a realidade dos países tropicais, os quais têm a maioria de suas unidades de conservação habitadas por comunidades tradicionais, ou

seja, por grupos humanos diferenciados sob o ponto de vista cultural, que reproduzem historicamente seu modo de vida, de forma mais ou menos isolada, com base na cooperação social e relações próprias com a natureza (caiçaras, os sitiantes e roceiros, comunidades quilombolas, comunidades ribeirinhas, os pescadores artesanais, os grupos extrativistas e indígenas).

A partir da década de 70, a rede de áreas naturais protegidas no mundo expandiu em extensão mais de 80%, sendo que dois terços desse total foram estabelecidas em países em desenvolvimento (BRITO, 2003). Seguindo o modelo americano, juntamente com essa expansão, cresceram os conflitos entre populações e áreas protegidas. Cabe salientar que, a contragosto dos conservacionistas, populações humanas habitam 85,9% dos Parques Nacionais sul-americanos (AMEND e AMEND apud BRITO, 2003).

Com a proposta do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, projeto de lei nº 2.892, de 1992, a discussão sobre o tema passou a ser mais complexa e democrática. Entretanto, até hoje não se chegou a soluções concretas para diversos problemas específicos da realidade brasileira. Problemas estes relacionados com a questão fundiária, escassos recursos financeiros para a efetiva implantação dessas unidades, e especialmente, a inexistência de uma política de gestão das mesmas relacionada com as regiões em que estão inseridas e com as populações residentes (BRITO, 2003).

No IV Congresso de Parques Nacionais e Áreas Protegidas, que aconteceu em Caracas, Venezuela, em fevereiro de 1992, os participantes concluíram que é requerido com urgência um melhor gerenciamento das áreas de proteção ambiental. Os participantes também enfatizaram que as áreas protegidas são uma parte chave na satisfação das necessidades humanas, devendo, portanto, ser uma parte da estratégia de desenvolvimento sustentável e de uso adequado dos recursos naturais de cada país devidamente integradas dentro de um contexto regional, para não se tornarem ilhas em um mar de desenvolvimento (IUCN, 1994).

Até o momento, os estudos realizados sobre unidades de conservação, ou mais especificamente sobre as populações tradicionais nestas unidades, trataram basicamente de aspectos biológicos e /ou antro-po-sociológicos (ADAMS, 2000).

Um aspecto essencial para uma melhor compreensão da questão das populações tradicionais e unidades de conservação, contudo pouco explorado, é o processo de mudanças de uso do solo nas regiões em que se inserem as unidades de conservação ambiental. Expansão das áreas habitadas por populações sobre áreas de florestas ou agrícolas, conversão de florestas em áreas agrícolas ou pastagem, fragmentação de áreas de vegetação natural, são alguns exemplos, entre outros, de mudanças de usos do solo que podem ocorrer em regiões com

unidades de conservação. O potencial do impacto adverso dessas transformações depende de sua escala, extensão, padrão espacial e das dinâmicas das relações entre os usos do solo.

Para tal compreensão são analisadas as transformações de uso do solo em regiões com Unidades de Conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira, a fim de melhor compreender suas inter-relações, assim como as implicações de políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas.

Esta análise se dá através de modelos de mudança de uso do solo, que permitem a análise das causas e das conseqüências da dinâmica dos usos do solo, e quando cenários são utilizados, podem ainda dar suporte ao estabelecimento de políticas e ações de planejamento.

Optou-se pela utilização de um sistema de modelagem espaço-temporal integrando um sistema de informações geográficas e um modelo de autômatos celulares como ferramenta de análise das mudanças de uso do solo, incrementado pela análise de demandas pela cadeia de Markov, e com cálculo de preferências de alocação de usos do solo através da Regressão Logística.

Procede-se nesta pesquisa a uma avaliação das tendências de uso do solo no Parque Nacional do Superagui, localizado no litoral norte do Estado do Paraná, enquanto estudo de caso, o qual é habitado basicamente por comunidades caiçaras, que encontram na pesca artesanal sua principal fonte de renda.

As tendências de uso apresentadas entre os períodos de 1980 e 1990, período anterior à implementação da lei que transformou a área em Parque Nacional, e que poderia ser traduzida como a tendência natural destas comunidades sem a interferência das políticas, são trabalhadas com vista a demonstrar o papel da modelagem na compreensão de realidades, e fornecer embasamento para intervenções que possam ser demandadas.

A dimensão Social

As comunidades caiçaras, como as residentes no presente Estudo de Caso, passaram a chamar a atenção de pesquisadores e de órgãos governamentais mais recentemente em virtude das ameaças, maiores a cada dia, a sua sobrevivência material e cultural, e também por causa da contribuição histórica que essas populações têm dado à conservação da biodiversidade, pelo conhecimento que possuem da fauna e da flora e pelos sistemas tradicionais de manejo dos recursos naturais que dispõem.

Um dos processos responsáveis pela desorganização da cultura caiçara é o fato de grande parte de seu território ter-se transformado em áreas naturais protegidas. A modificação do espaço de reprodução material e social para parques e reservas naturais resultou em graves

limitações às atividades tradicionais de agricultura itinerante, caça, pesca e extrativismo. Emergiram assim, conflitos com os administradores das unidades de conservação além de uma migração ainda maior para as áreas urbanas, onde os caiçaras, expulsos de seus territórios, passaram a viver em verdadeiras favelas, fadados ao desemprego e ao subemprego. Essas contínuas agressões à cultura e ao modo de viver caiçara não aconteceram sem reação dessas comunidades. A partir da década de 80, quando a pressão dos órgãos governamentais ambientalistas sobre as comunidades caiçaras se fez maior, várias organizações não-governamentais e institutos de pesquisa passaram a apoiá-las no esforço para permanecerem em seus territórios. Começaram a surgir, em alguns locais, associações de moradores, as quais se fizeram ouvir em reuniões governamentais e congressos, dando início a um processo de reafirmação da identidade cultural caiçara (DIEGUES,2000).

2. Metodologia

De modo a simular as dinâmicas de usos do solo em áreas de preservação ambiental, a presente metodologia combina três operações: (i) estimação de demandas de quantidade usos do solo por Cadeias de Markov; (ii) estimativa de fatores condicionantes de mudanças de uso do solo usando regressão logística; e (iii) simulação de mudanças de usos do solo usando um modelo baseado em Autômato Celular (AC).

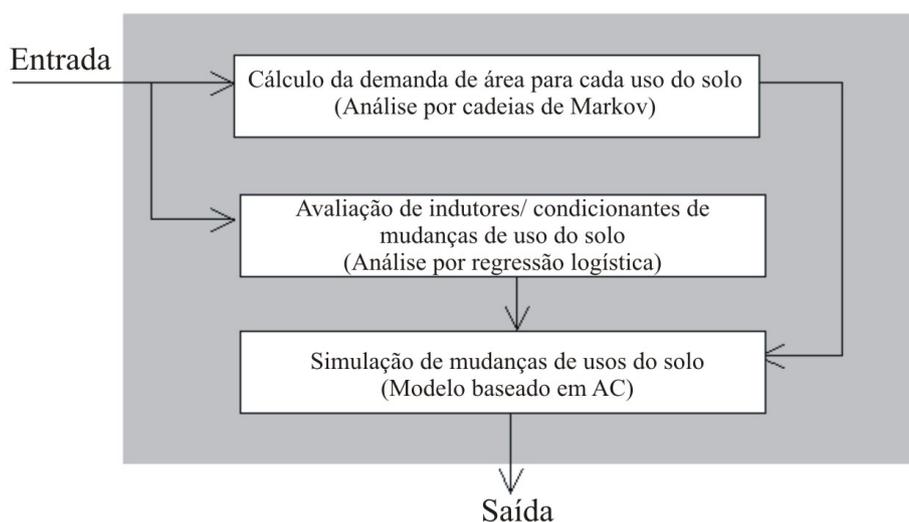


Figura 1: Estrutura da metodologia de análise das transformações de uso do solo em região de interesse ambiental

Na primeira fase uma série de mapas rasters é produzida (dados de entrada): mapas de usos do solo para diferentes períodos; mapas de fatores que afetam as mudanças de usos do solo, como altitude, declividade, distância de áreas já urbanizadas, etc, e mapas caracterizando as políticas de restrição para conservação ambiental. Então um módulo estima a área de cada uso do solo para um específico tempo no futuro baseado na informação das mudanças de usos do

solo ocorridas entre dois períodos no passado, usando a análise por Cadeias de Markov. No próximo módulo, usamos análise por regressão logística para investigar os condicionantes de mudanças nos usos do solo. Finalmente, com base em estimativas de mudanças de usos do solo e conhecendo-se os condicionantes de mudanças, uma série de cenários de alocação de usos do solo é desenvolvida considerando diferentes políticas para conservação ambiental. Todas as operações foram desenvolvidas usando-se o software Idrisis Kilimanjaro (Eastman, 2003). Cada componente do modelo proposto é descrito em detalhes na próxima seção.

Esta metodologia permite analisar sistemicamente a questão das dinâmicas dos usos do solo, tanto seus condicionantes quanto suas conseqüências, assim como a simulação e análise de diferentes cenários de políticas de conservação ambiental.

3. Aplicação

3.1. Descrição da Área em Estudo

O Parque Nacional do Superagui possui 33988 ha e está localizado no litoral norte do Estado do Paraná, região sul do Brasil, e é parte do complexo estuarino lagunar de Iguape-Cananéia-Paranaguá. A região do parque, juntamente com o litoral sul do estado de São Paulo, é o maior trecho contínuo de Floresta Atlântica em bom estado de conservação, e é considerado um dos cinco ecossistemas mais notáveis do Planeta. A superfície de 33.988 ha do parque está distribuída entre a Ilha do Superagui (41%), a Ilha das Peças (27%) e um trecho continental (19%). O restante (13%) é distribuído em ambientes aquáticos estuarinos e ilhas menores, como as ilhas de Pinheiro e Pinheirinho. A cobertura vegetal é formada por dois ambientes: as áreas de formações pioneiras (representadas pelos ambientes de manguezais e restingas), e a região de floresta ombrófila densa (BRASIL, IBAMA, 1989). Uma população de cerca de 10.000 habitantes se encontra distribuída nas 17 pequenas vilas que se encontram na região (Figura 2). Houve uma mudança no perfil da população, com queda na participação dos contingentes de menor idade e uma maior participação da população idosa, mostrando uma tendência de permanência desta população na região. As principais atividades econômicas desenvolvidas no Parque Nacional do Superagui são a pesca (caracterizada como artesanal e utilizando principalmente mão-de-obra familiar), a prestação de serviços temporários locais (pedreiro, servente, canoeiro e afins), e, mais recentemente, os serviços prestados aos turistas, o pequeno comércio e uma remanescente prática de artesanato (Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003).

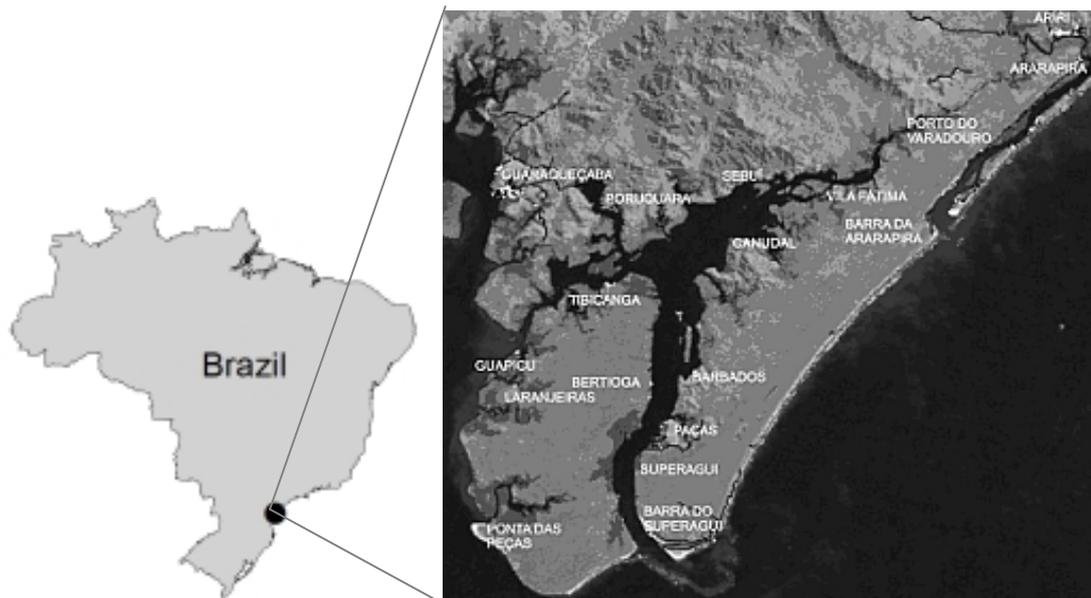


Figura 2: Área em Estudo: Parque Nacional do Superagui

3.2. Estimando as demandas para os Usos do Solo

Esse módulo utiliza o método de cadeias de Markov para extrapolar demandas de área para usos do solo com base na análise de transformações passadas entre usos do solo.

As principais vantagens deste método são a simplicidade operacional e matemática do modelo junto à facilidade com que podem ser aplicados a dados provenientes de Sensoriamento Remoto e implementadas em Sistemas de Informações Geográficas. Suas limitações residem na falta de explicação dos fenômenos e na carência de espacialização de suas projeções (Câmara, 2003). Porém, a associação feita neste estudo do método de Markov com o método de regressão logística (como meio de análise dos fatores indutores /condicionantes das mudanças) e um modelo de autômatos celulares (como meio para alocação das mudanças de usos do solo) supera parcialmente as limitações citadas.

A análise de cadeias de Markov é um processo no qual o estado futuro do sistema é modelado puramente com base no estado imediatamente precedente. No caso de mudanças de uso do solo, a análise de cadeias de Markov descreve mudanças de uso do solo de um período para o outro e usa isto como base para projetar mudanças futuras. Isto é obtido pelo método através do desenvolvimento de uma matriz de probabilidades de transição do tempo 0 para o tempo 1, que será a base para a projeção de um tempo posterior. A matriz de probabilidades de transição registra a probabilidade que cada categoria de uso do solo tem de mudar para cada uma das demais categorias de uso do solo. Essa matriz é resultado da tabulação cruzada dos dois mapas de usos do solo, ajustada a uma margem de erro. As probabilidades de transição não mudam com o tempo, o que caracteriza o processo como estacionário.

Neste Estudo de Caso procuramos caracterizar a área que cada uso do solo vai ocupar em 2002, considerando-se as taxas de mudança de usos do solo verificadas na área de estudo entre os períodos de 1980 e 1990, utilizando-se o método de cadeias de Markov.

Os mapas de usos do solo foram produzidos a partir da classificação de imagens de satélite para os anos de 1980 e 1990, considerando seis usos de solo: (i) Núcleos Urbanos; (ii) Intervenção Antrópica (áreas afetadas pela ação humana como estradas, áreas desmatadas, etc.); (iii) Restinga; (iv) Mata; (v) Água (não muda ao longo do tempo); e (vi) outros usos (areia e mangue). Posteriormente, para as análises de demanda e simulação, a classe Água foi somada à classe Outros Usos, pois as duas são consideradas como classes estacionárias.

A tabela 1 apresenta a estimativa de mudanças de uso do solo da área em estudo para o ano de 2002. As colunas indicam a área ocupada pelos usos em 2002, e as linhas referem-se à 1990. De acordo com as estimativas, as áreas de Núcleos Urbanos crescerão 161 hectares em 12 anos (crescimento de 82%). Áreas com Intervenção Antrópica também expandirão (444 ha, taxa de crescimento de 13%). Deverá haver desmatamento na área em estudo, com uma taxa de aproximadamente 10% (2.800ha).

Áreas em:	Expectativa de mudança para (hectares):					Soma 1990
	Núcleos Urbanos	Intervenção antrópica	Restinga	Mata	Outros	
Núcleos urbanos	130,77	2,88	2,25	18,72	40,59	195,21
Intervenção antrópica	46,98	302,22	1355,22	1070,19	681,48	3456,09
Restinga	74,52	927,36	3775,86	2919,15	843,66	8540,55
Mata	78,21	2334,96	4279,86	19969,56	1003,59	27666,18
Outros	25,47	332,73	583,92	947,16	6047,73	7937,01
Soma 2002	355,95	3900,15	9997,11	24924,78	8617,05	

Tabela 1: Estimativa de mudanças de uso do solo para o ano de 2002.

3.3. Fatores Indutores de Mudanças de Uso do Solo

De modo a explicar a localização e o padrão espacial de cada uma das cinco classes de usos do solo na área em estudo, dez variáveis foram selecionadas. Elas descrevem a distribuição de características físicas através do espaço. A tabela 2 lista as variáveis selecionadas para cada uso do solo. Procedimentos empíricos e estatísticos foram usados para a seleção: visualização das variáveis selecionadas nos usos do solo e análise de boxplots, gerados para cada uma das variáveis selecionadas e respectivos uso do solo.

Variáveis Independentes (fatores espaciais)	Núcleos urbanos	Intervenção antrópica	Restinga	Mata	Outros
Distancia de Paranaguá (principal centro da região)	√				
Distancia de estradas	√	√	√	√	√
Distancia do mar	√				√
Declividade	√	√			

Altitude	√	√			
Distancia de Núcleos urbanos (1990)	√	√	√	√	√
Distancia de Intervenção antrópica (1990)	√	√	√	√	√
Distancia de Mata (1990)		√		√	
	√	√	√		
Distancia de Outros (1990)					√

Tabela 2. Variáveis selecionadas como fatores condicionantes de mudanças de uso do solo.

Análise estatística por regressão logística é usada neste estudo para revelar e quantificar as relações entre as localizações de usos do solo (variáveis dependentes) e uma série de fatores explanatórios (variáveis independentes). Tendo em vista tratar-se de um estudo no qual a localização e o processo locacional são aspectos fundamentais de análise, os fatores potenciais são apresentados na forma de mapas, como altitude, declividade, distância do mar, distância de áreas ocupadas por assentamentos humanos, etc.

O método de Regressão Logística é utilizado neste estudo para avaliar quais os fatores e em que extensão afetam a localização de usos do solo na região de análise. Esse método estatístico de regressão é adequado quando a variável dependente que está sendo analisada é do tipo dicotômica, ou seja, recebe valor binário 0 ou 1. Este é o caso de transições de uso do solo, quando um uso possui duas alternativas no momento da transição: permanecer com seu uso atual ou transformar-se em outro uso (GARSON, 2002).

A equação abaixo ilustra a função de regressão logística para uma situação com três variáveis independentes:

$$\text{Logit}(p) = \ln \frac{P_i}{1 - P_i} = \delta + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Onde,

P_i é a probabilidade de ocorrência de uma célula de um tipo de uso do solo em uma locação i ;

X_n são os fatores locacionais;

δ é o coeficiente de intercepção de eixo estimado através da regressão logística;

β são os coeficientes para cada fator locacional X , estimados através da regressão logística.

A análise de regressão logística é desenvolvida para cada uso do solo em separado.

Inicialmente identificam-se as áreas cobertas pelo uso do solo específico em análise.

Posteriormente, é selecionado o conjunto de fatores indutores/ condicionantes potenciais para este uso do solo. O Sistema de Informação Geográfica Idrisi Kilimanjaro possui um módulo

que desenvolve a regressão logística. Neste módulo, são analisadas estatisticamente as

características locais das células ocupadas por um determinado uso do solo descritas pelos mapas de fatores locais. Este processo produz dois resultados:

- A equação de regressão que descreve a relação matemática entre as variáveis dependente e independentes consideradas para cada uso do solo;
- Um mapa para cada uso do solo descrevendo a probabilidade de transição de cada célula deste uso do solo considerando as características locais. Esses mapas de probabilidade de transição baseados estatisticamente nas características de diversos fatores locais serão utilizados como dados de entrada no módulo de simulação de mudanças de usos do solo.

A tabela 3 mostra os coeficientes para as equações logísticas de cada uso do solo para o presente estudo. Como exemplo, a figura 3 mostra um detalhe do mapa de probabilidade de transição para os Núcleos Urbanos.

	Coeficientes (β)				
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros
Constante (intercepta δ)	-1.46166642	-0.46167793	-0.07860376	1.08153233	0.70045110
Variáveis					
Distância de Paranaguá	0.00000358				
Distância de roads	0.00004281	0.00001344	-0.00001130	0.00040040	0.00057226
Distância de sea	0.00023039				-0.00112815
Declividade	-0.02573468	0.03206903			
Altitude	0.04734752	-0.00854729			
Distância de Núcleos Urbanos	-0.02237135	0.00014197	0.00018537	-0.00001151	0.00013642
Distância de Intervenção Antrópica	-0.00021241	-0.00663619	-0.00025255	-0.00012224	-0.00028566
Distância de Mata		0.00059257		-0.00607053	
Distância de Restinga	0.00002468	0.00011641	-0.00240787		
Distância de Outros Usos					-0.02550544
Resultados					
ROC	0.9938	0.9819	0.9111	0.9694	0.9873
Pseudo R2	0.7856	0.6002	0.3422	0.6336	0.6995

Tabela 3. Equações de Regressão Logística para cada uso do solo (variáveis dependentes, interseção e coeficiente das variáveis independentes).

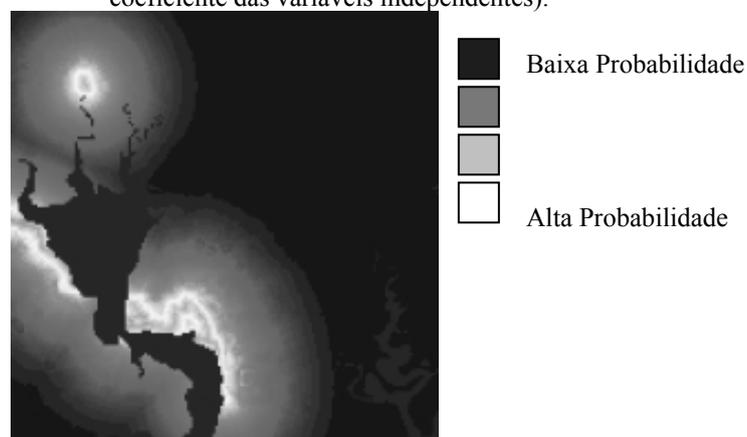


Figura 3. Detalhe do mapa de probabilidade de transição para Núcleos Urbanos.

3.4. Simulando as mudanças de Uso do Solo

Este estudo desenvolve a simulação de mudanças de uso do solo na região de análise com duas intenções:

1. Com base em dados do passado, o presente é simulado e comparado com dados reais. Este procedimento tem o objetivo de calibração da análise dos fatores indutores/condicionantes do processo de mudanças de uso do solo na região de estudo.
2. Produzir cenários de mudanças de uso do solo que teriam ocorrido no presente se diferentes políticas conservacionistas houvessem sido aplicadas no passado.

O Sistema de Informação Geográfica Idrisi Kilimanjaro possui um módulo que implementa um modelo de alocação espacial baseado em autômato celular. Este módulo é utilizado neste estudo para produzir simulações de mudanças de uso do solo.

Este módulo requer os seguintes dados de entrada:

- Um mapa de usos do solo de uma data específica, a partir do qual as mudanças de uso do solo simuladas ocorrerão.
- Uma matriz de áreas de transição para os usos do solo do estudo. Essa matriz descreve a ‘quantidade’ de transformação para cada uso do solo no período de simulação. Esta matriz pode ser obtida através de diferentes métodos. No presente estudo, ela foi produzida por análise de cadeias de Markov.
- Mapas caracterizando o potencial, probabilidade ou adequação locacional para os usos do solo. Esses mapas indicam as condições empíricas ou ideais de onde ocorrerá as transformações de uso do solo. No presente estudo são utilizados os mapas de potencial de conversão de uso do solo resultantes do processo de regressão logística para cada uso do solo. Esses mapas indicam as localizações mais prováveis de mudança de uso do solo conforme os padrões ocorridos no passado.

Após a inserção dos dados, inicia-se um procedimento iterativo de alocação de usos do solo até chegar à alocação total das áreas, previstas na matriz de áreas de transição. O número de iterações é proporcional ao número de anos da simulação (por exemplo, 10 iterações para a alocação de mudanças de uso do solo em um período de 10 anos). A lógica utilizada neste processo é a seguinte:

- Dentro de uma iteração, cada classe de uso do solo irá perder alguma área para uma ou mais das outras classes, e poderá ganhar áreas das outras classes também.
- Cada célula é avaliada quanto ao seu potencial de transição para todos os usos do solo. O potencial de conversão para todos os usos do solo na vizinhança de uma célula (janela 5x5) também é avaliado. Se a vizinhança de uma célula com alto potencial para conversão para um

uso i tem potencial baixo para esta conversão, o potencial da célula central será diminuído proporcionalmente. Este procedimento funciona como um filtro, reduzindo a probabilidade de conversões de usos do solo isolados e favorecendo uma razoável contigüidade espacial dos usos.

- Visto que poderá existir competição por localizações entre os usos do solo, este processo de alocação utiliza um procedimento de alocação multi-objetivos. Neste caso, conflitos são solucionados buscando a alocação de toda a demanda de cada uso do solo e uma solução locacional comprometida que encontre as melhores localizações possíveis para cada uso do solo.

Com base nos mapas de potencial locacional para cada uso do solo, produzidos por regressão logística, e nas demandas de mudança de uso do solo, estimadas por cadeias de Markov, esta etapa de aplicação da metodologia simula a distribuição espacial dos usos do solo na área de estudo para o ano de 2002 por meio de um modelo de autômatos celulares. Três simulações são produzidas, cada uma ilustrando um cenário representativo de diferentes níveis de restrição à atividades humanas e usos do solo. Esses cenários são descritos a seguir.

Simulação 1: Neste cenário considera-se que toda a área de estudo está suscetível a sofrer qualquer mudança de uso do solo. Ele ilustra a situação de inexistência de qualquer política de conservação ambiental e total liberdade de desenvolvimento.

Simulação 2: Este cenário representa a situação real existente na área de estudo desde a implantação do Parque Nacional de Superagui em 1989, com a delimitação de Parque Nacional determinada por lei, onde o desenvolvimento de usos do solo relacionados com atividades humanas é restringido (núcleos urbanos e atividades antrópicas).

Simulação 3: Este cenário ilustra uma política conservacionista alternativa à política atualmente adotada na área de estudo. Esta política delimita uma menor área de restrição às atividades humanas, dando maior liberdade de desenvolvimento das áreas com ocupação humana em seus locais originais de assentamento, deixando uma pequena área no entorno de cada uma das comunidades existentes fora dos limites do Parque Nacional.

A Figura 4 mostra a extensão das restrições espaciais para cada um dos cenários.

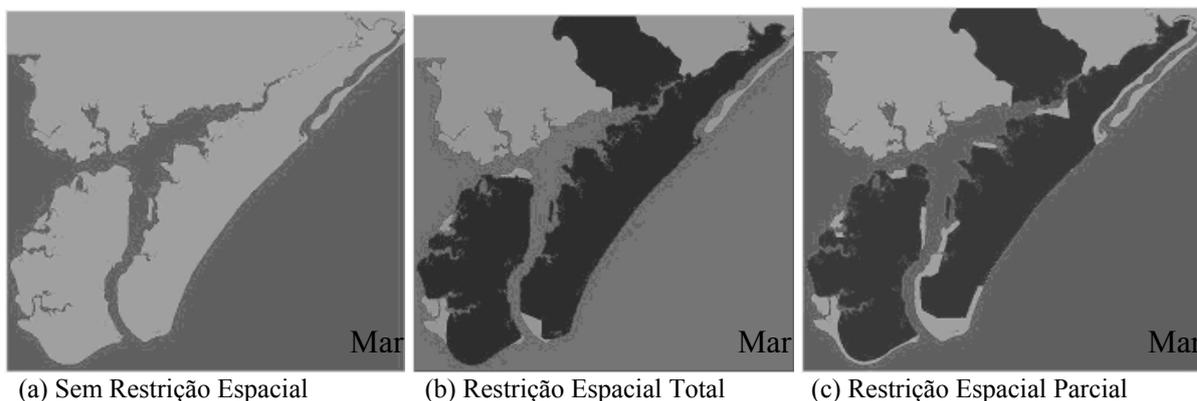


Figura 4. Restrições Espaciais para cada uma das simulações (cinza claro: áreas possíveis de desenvolvimento; cinza escuro: áreas não permitidas ao desenvolvimento)

Para os cenários 2 e 3, com restrições geográficas ao desenvolvimento, foram elaborados mapas com o potencial locacional para os usos do solo Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica, à parte, obtidos através da multiplicação do mapa resultante da regressão logística destes usos pelo mapa de restrições, anulando assim as possibilidades de desenvolvimento destes usos dentro das áreas não permitidas.

A área ocupada por cada uso do solo em 2002 é a mesma para as Simulações 1, 2 e 3, o que se altera de uma simulação para outra é o padrão espacial da distribuição de usos do solo sobre o território. A Tabela 4 quantifica a área de cada uso do solo para as simulações, excluindo a área de mar.

	Classes de Uso do Solo	Área coberta pelo Uso (hectare)	Área coberta pelo Uso (%)
1	Núcleos Urbanos	356,1	0,74
2	Intervenção Antrópica	3900,1	8,16
3	Restinga	9997,6	20,92
4	Mata	24925,1	52,15
5	Outros	8616,2	18,03

Tabela 4: Área ocupada pelos usos do solo em 2002 de acordo com as simulações

3.4.1 Simulação 1: Região sem Restrição a Usos do Solo

Nesta simulação trabalhou-se com o cenário 1 “Região sem restrição a usos do solo”, de modo a verificar a dinâmica de ocupação natural da área, sem intervenções de políticas e tampouco direcionamentos de desenvolvimento. Deve-se notar que este seria o cenário mais assustador de degradação do ambiente, haja vista a inexistência de uma política reguladora de usos, especialmente tomando-se como base as taxas de crescimento observadas no período compreendido entre 1980 e 1990, que são taxas mais altas que as taxas reais, observadas no período 1990 a 2002.

A simulação demonstrou que a área ocupada por núcleos urbanos apresentou crescimento na forma de expansão das áreas já existentes na região, sem a verificação do aparecimento de

novos núcleos. Cerca de 1/3 da expansão se deu sobre áreas com intervenção antrópica prévia, os restantes 2/3 da expansão se deram em áreas de mata e restinga. Parte dessa expansão (cerca de 40%, Tabela 5) ocorreu dentro da área atualmente delimitada como Parque Nacional (não considerada como restrição nesta simulação). A expansão das áreas com Intervenção Antrópica ocorreu sobre áreas previamente ocupadas por mata, e dentro da área atualmente delimitada como parque nacional (cerca de 53%). Metade do desmatamento ocorreu em áreas onde os núcleos urbanos e as intervenções antrópicas expandiram-se. Na outra metade as áreas de floresta foram substituídas por restinga, sendo que 2/3 da redução de áreas de floresta ocorreu dentro dos limites do atual Parque Nacional

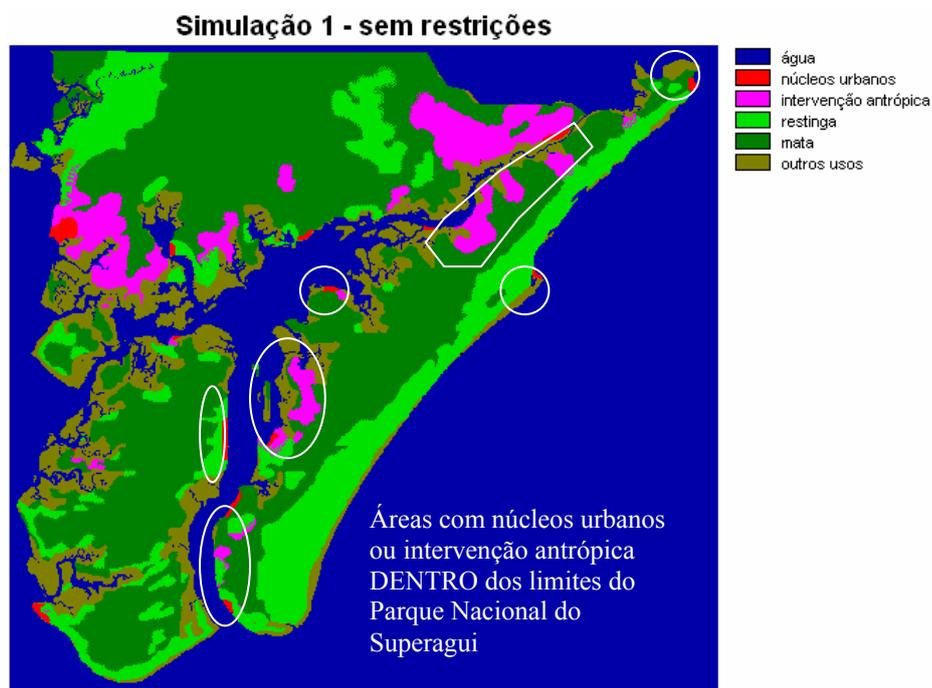


Figura 5: Núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica situados dentro dos limites do Parque Nacional em 2002 para a Simulação 1

	Dentro do Parque Nacional		Fora do Parque Nacional	
	ha	%	ha	%
Expansão de núcleos urbanos	142,8	40,1	213	59,9
Expansão de intervenção antrópica	2062	52,9	1838	47,1
Redução de áreas de mata	1874	66,3	953	33,7

Tabela 5: Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 1)

3.4.2 Simulação 2: Região com restrição total

Na segunda simulação trabalhou-se para a verificação da dinâmica de ocupação da área, com severas restrições de desenvolvimento. Este é o cenário que busca retratar a situação real atual da região de estudo.

Com a aplicação de uma grande limitação ao desenvolvimento, observa-se uma maior concentração de células ocupadas pelos Usos Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica na área ocupada pela comunidade Barra do Superagui, sul da Ilha do Superagui, e na parte continental, que são justamente as áreas que ficaram fora dos limites do Parque Nacional, e resultando em um cenário semelhante à situação real ocorrida.

Pode-se observar também que grande parte das áreas com intervenção antrópica no ano de 1990 dentro da área atualmente delimitada pelo parque foi coberta até o período de 2002 por mata e restinga, reflexo da recuperação do ambiente natural visto as restrições à permanência e atividades das comunidades humanas dentro da área do parque.

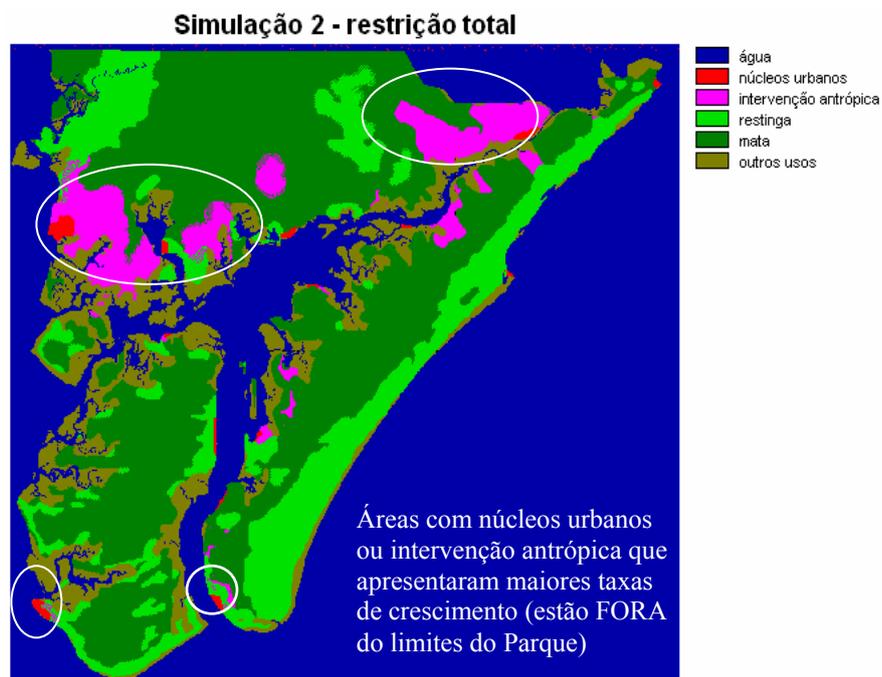


Figura 6: Núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica situados dentro dos limites do Parque Nacional em 2002 para a Simulação 2

A Tabela 5 resume a extensão e localização das principais mudanças de uso do solo na região de estudo.

	Dentro do Parque Nacional		Fora do Parque Nacional	
	ha	%	ha	%
Expansão de núcleos urbanos	69,6	19,6	286,4	80,4
Expansão de intervenção antrópica	1213	31,1	2687	68,9
Redução de áreas de mata	1213	40,1	1812	59,9

Tabela 6: Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 2)

3.4.3 Simulação 2: Região com restrição parcial

Nesta simulação, que contou com uma restrição um pouco menor (pequenas áreas no entorno das comunidades existentes deixadas como margem de desenvolvimento), obteve-se um cenário de distribuição das células ocupadas pelos usos Núcleos Urbanos e Intervenção

Antrópica bastante semelhante à primeira simulação, ou seja, uma distribuição equitativa entre as áreas já ocupadas. Pode-se observar que apesar de contar com taxas altas de crescimento, comparativamente às taxas mais recentes de crescimento, as áreas desenvolvidas sob a ação humana não chegaram muito próximas das bordas, tendo-se ainda uma boa área de estoque de desenvolvimento.

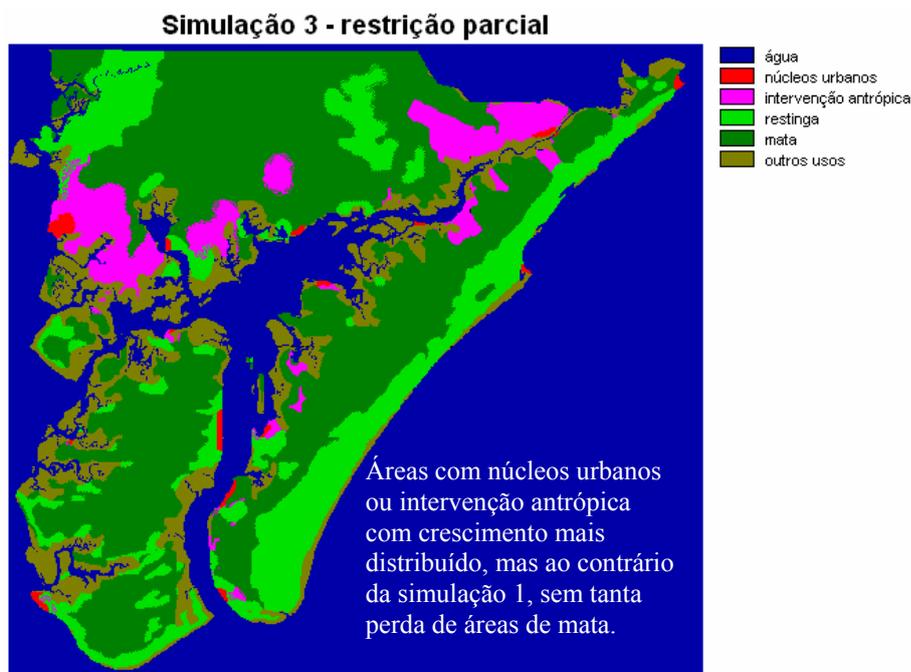


Figura 7: Núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica situados dentro dos limites do Parque Nacional em 2002 para a Simulação 3.

Pode-se ver que neste caso, mesmo permitindo o desenvolvimento de comunidades tradicionais locais, a restrição de usos do solo no interior do parque serviu para reduzir as perdas de floresta dentro desta área, assim como a recuperação do ambiente natural sobre áreas antes impactadas por intervenção antrópica.

A Tabela 6 demonstra que as maiores extensões de mudanças de uso do solo relacionadas à expansão de núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica, assim com a redução de áreas de matas se deu majoritariamente em sítios fora da área atualmente delimitada como Parque Nacional. Cabe salientar que esta Tabela, ao delimitar transformações dentro e fora do parque, considera os limites oficiais do Parque Nacional, e não aquela delimitação hipotética utilizada no cenário 3.

	Dentro do Parque Nacional		Fora do Parque Nacional	
	ha	%	ha	%
Expansão de núcleos urbanos	146,8	41,2	209,3	58,8
Expansão de intervenção antrópica	1267,2	32,5	2632,9	67,5
Redução de áreas de mata	1304,1	42,9	1738	57,1

Tabela 7: Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 3)

4. Discussão de Resultados

Aqui serão analisadas as três mudanças de usos do solo consideradas as mais importantes em termos de desenvolvimento da região e preservação do ambiente: (i) expansão dos Núcleos Urbanos; (ii) expansão das Áreas de Intervenção Antrópica; e (iii) redução de Mata.

Nas três simulações o crescimento dos Núcleos Urbanos ocorreu por expansão dos Núcleos existentes, sem a formação de núcleos esparsos. Mesmo sem qualquer restrição ao desenvolvimento na região do Parque Nacional (simulação 1) ou uma permissão parcial no entorno dos Núcleos existentes (simulação 3), grande parte da expansão (60%) se localizou no entorno dos Núcleos localizados fora dos limites do Parque Nacional.

Obviamente, a política de Restrição Total (Simulação 2) diminuiu as taxas de expansão dos Núcleos Urbanos no interior do Parque (de 40 para 20%), entretanto, estes Núcleos cobrem apenas 0,74% da área em estudo. São pequenas comunidades tradicionais com baixas e lentas taxas de crescimento. A expansão dos Núcleos Urbanos verificada nas simulações 1 e 3 continua insignificante em termos de degradação ambiental da região.

A Figura 8 mostra a proporção de expansão dos Núcleos Urbanos dentro e fora do Parque Nacional para as três simulações.

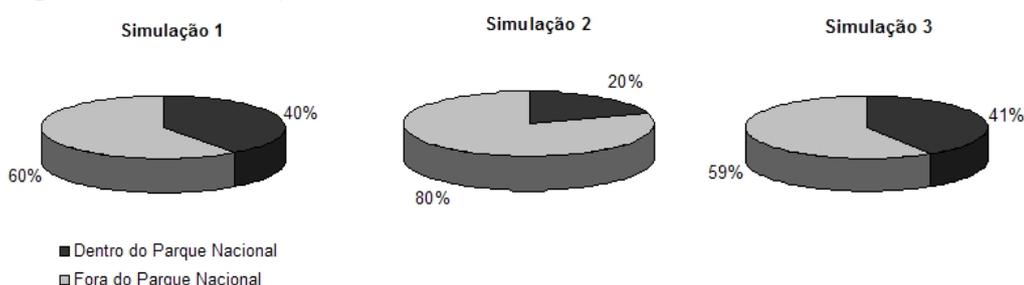


Figura 8. Expansão dos Núcleos Urbanos nas três simulações.

Áreas com Intervenção Antrópica cobrem 8,16% da região em estudo em 2002, uma área de mais de 3600 ha. Na simulação 1, sem restrições, quase metade desta expansão ocorreu dentro dos limites do Parque Nacional, causando desflorestamento na região. Adotando políticas de preservação ambiental, restringindo atividades humanas, melhorou a situação, reduzindo para 30% a taxa de expansão deste tipo de uso dentro do Parque Nacional. É importante salientar que o nível de proteção foi mantido por ambas as simulações com restrição parcial e total (simulações 2 e 3).

A Figura 9 mostra a proporção de expansão de áreas com Intervenção Antrópica dentro e fora do Parque Nacional para as três simulações.

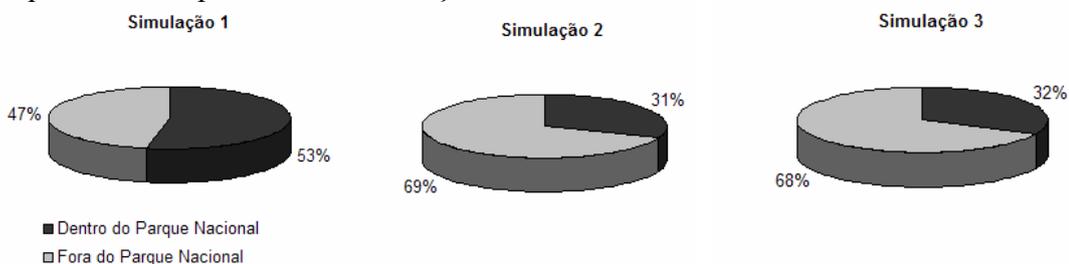


Figura 9. Expansão das Áreas com Intervenção Antrópica.

A maioria da região em estudo, particularmente a área do Parque Nacional, é coberta por florestas de Mata Atlântica (52,15%). No cenário sem restrições (simulação 1), quase 70% da perda de áreas com mata nativa ocorreu dentro dos limites do Parque Nacional. Já nas simulações 2 e 3, com restrição total e parcial a situação é revertida, cerca de 60% desta perda de mata, ocorreu fora dos limites do Parque Nacional.

A figura 10 mostra a proporção de redução de áreas de mata dentro e fora do Parque Nacional para as três simulações.

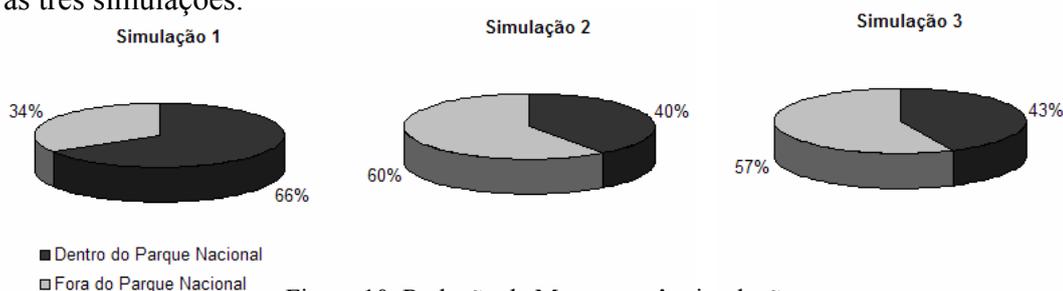


Figura 10. Redução de Mata nas três simulações.

Com estes resultados é possível perceber que a inexistência de qualquer política de proteção ao ambiente poderia levar a uma séria degradação do ambiente em médio e longo prazo. Também é possível verificar que as políticas de restrição total e parcial tiveram o mesmo impacto em termos de preservação ambiental. Ambas reduziram as taxas de crescimento e a perda de áreas de mata dentro dos limites do Parque Nacional. A política de restrição parcial permitiu uma taxa um pouco maior de desenvolvimento dos Núcleos Urbanos no interior do Parque, entretanto, estamos falando de uma taxa de 147 ha em uma área de 34.000 ha. Estes resultados sugerem que uma política menos rigorosa pode manter a preservação ambiental da região, ao mesmo tempo em que permite a preservação das pequenas comunidades tradicionais.

5. Conclusões

O presente estudo desenvolveu e aplicou uma metodologia para analisar as transformações de uso do solo em regiões com Unidades de Conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira, de modo a melhor compreender a maneira como estas comunidades vem se apropriando do espaço, seu padrão de uso do solo, quais os fatores indutores de mudanças nos padrões de uso do solo, que tipos de impactos podem ser observados e também, detectar as possíveis influências e modificações de dinâmicas ocasionadas pelas políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas. A metodologia foi aplicada a um estudo de caso, o Parque Nacional do Superagui e seu entorno imediato, no Paraná, e teve bons resultados. Ainda é possível destacar algumas contribuições da pesquisa no campo do planejamento ambiental e manejo de áreas protegidas:

- Uma nova abordagem metodológica no estudo das Unidades de Conservação Brasileiras, que contribua para a discussão acerca das políticas incidentes nestas Unidades;
- Uma ferramenta de suporte a decisão para os proponentes de políticas não somente de Unidades de Conservação como para outras áreas de preservação ambiental;
- A elucidação dos padrões de dinâmicas de uso do solo na área, servindo de base para estudos futuros na região;

Em termos de dados de entrada, alguns melhoramentos podem ser feitos em futuros trabalhos. Por exemplo, fotografias aéreas ou imagens de satélite com alta resolução espacial facilitariam grandemente a caracterização da localização dos usos do solo e também um número maior de classes representativas de diferentes usos do solo da região, atribuindo assim maior precisão ao estudo. Outro possível melhoramento da análise desenvolvida no presente estudo relacionado aos dados está na inclusão de informações sobre a demografia da região. O presente estudo considerou os núcleos urbanos da região de estudo de modo uniforme, variando apenas em sua extensão. Sabe-se, porém, que em certas regiões núcleos urbanos de mesma extensão podem ter densidades populacionais bastante diferentes, o que se reflete sobre o ambiente natural do entorno de forma diferenciada.

Outra sugestão para trabalhos subseqüentes a este é a aplicação da metodologia em outras Unidades de Conservação no Brasil. Através da análise dos padrões apresentados por ocupações nestas áreas de interesse ambiental por comunidades tradicionais, pode-se investigar se a mesma monotonia e timidez de mudanças de usos do solo também se repete em outras áreas, podendo-se então chegar a uma certa generalização no trato destas comunidades.

6. Agradecimentos

A pesquisa presente neste artigo foi financiada por uma bolsa de estudos da CAPES, e os dados foram cedidos pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA-PR), Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), Exército Brasileiro e a Primeira Divisão de Levantamentos, e Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

7. Referências Bibliográficas

1. Adams, C. Caiçaras na Mata Atlântica: Pesquisa Científica versus Planejamento e Gestão Ambiental. São Paulo: Annablume, 2000.

2. Batty, M. and Xie, Y. Possible urban automata. London: Environment and Planning B. Vol. 24: 175–192, 1997.
3. Almeida, C. M.; Monteiro, A. M. V.; Câmara, G. Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Araújo, W. L. E Pantuzzo, A. D. Simulating urban land use change through CA-based modelling and logistic regression. Anais XI SBRS: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, Brasil, 5 a 10 de abril, pag. 1687 – 1994, 2003.
4. Beltrán, J. Indigenous and Traditional Peoples and Protected Areas: Principles, Guidelines and Case Studies. (Ed.). Gland, Switzerland, UK :IUCN, Cambridge and WWF International, 2000.
5. Brito, M. C. W. de. Unidades de Conservação: Intenções e Resultados. 2ª edição - São Paulo: Annablume: FAPESP, 2003.
6. Câmara, G. and Pedrosa, B. M. Modelagem Dinâmica: conceitos básicos e exemplos de sistemas (Capítulo 1). In: Gilberto Câmara e Antônio Miguel Vieira Monteiro (orgs). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2003: “Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial.” INPE, 2003.
7. Diegues, A. C. S. Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar. São Paulo: Ática, 1983.
8. Diegues, A. C. S. O mito da Natureza Intocada. 2ª edição – São Paulo: Hucitec, 1996.
9. Diegues, A. C. S (org.). Os Saberes Tradicionais e a Biodiversidade no Brasil. São Paulo: NUPAUB-USP, 2000.
10. Eastman, J. R. Idrisi Kilimanjaro – Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs/Clark University. Worcester, MA, USA. April 2003.
11. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Center for Tropical Conservation – Duke University; The Nature Conservancy of Brazil. Fortalecimento do sistema nacional de unidades de conservação - parkswatch/Brazil - Parque Nacional do Superagüi. Perfil da Unidade de Conservação – Avaliação 2003. Available at: http://www.fundacaoboticario.org.br/site/br/areas/PN_Superagui_2003_perfil_ilustrado.pdf, Accessed January/2005.
12. IBAMA. Unidades de Conservação do Brasil - Vol. 1 . Parques Nacionais e Reservas Biológicas. Ibama: Brasília: Ibama, 1989.
13. IBAMA. Informações sobre as Unidades de Conservação. Available at <http://www.ibama.gov.br> Accessed July/2005.

14. IPARDES/IBAMA. Caracterização Sócio-Econômica e Cultural da População Tradicional da APA de Guaraqueçaba. Zoneamento Ecológico Econômico da APA de Guaraqueçaba. Curitiba, PR, Brazil: IparDES/Ibama, 1996.
15. Soepboer, W. CLUE-S – An application for Sibuyan Island , The Philippines. Laboratory of Soil Science and Geology - Environmental Sciences. The Netherlands: Wageningen University, 2001. Available at: <http://www.dow.wau.nl/clue/philippines/Sibuyan.pdf>, Accessed June/2004.
16. Verburg, P. and Veldkamp, T. Program Support of CLUE-S. The Netherlands: Wageningen University, 2003. Available at: <http://www.dow.wageningen-ur.nl/clue/>, Accessed August/2004
17. Von Behr, M. Guarakessaba - Paraná – Brasil: Passado, Presente, Futuro. São Paulo: Ed. Empresa das Artes, 1998.
18. White, R. and Engelen, G. Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling. *Environment and Planning B*, vol 24: 235–246, 1997.