

**Análise espacial dos fatores determinantes do desmatamento e uso da terra no estado do Acre**

Ana Claudia Rorato Vitor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
anarorato@gmail.com

**Resumo**

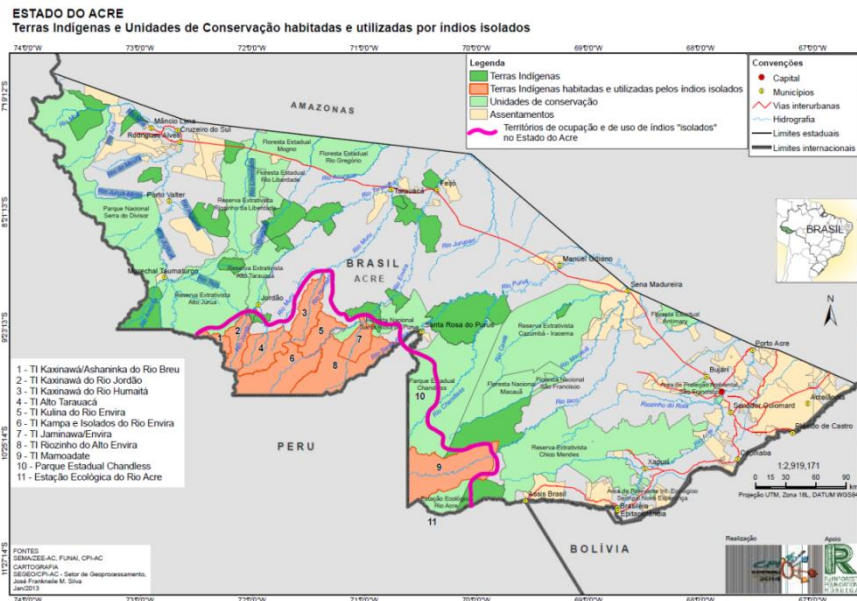
A ocupação da região amazônica nas últimas décadas caracteriza-se por um crescente quadro de perda florestal provocado por uma rede de fatores atuando em conjunto. Entre muitos fatores destacam-se a mudança de uso e cobertura da terra para expansão da fronteira agropecuária. A Amazônia brasileira abriga em seu interior a maior concentração de povos indígenas isolados do mundo, localizados em grande parte no estado do Acre, em uma região denominada “Corredor dos Isolados”. Contudo, ao longo dos últimos anos essa região têm sido alvo da expansão da fronteira agropecuária, levando a um declínio considerável de suas florestas e criando um estado de vulnerabilidade para esses povos isolados. Diante desse contexto, entender os fatores determinantes do desmatamento e do uso da terra no estado do Acre pode direcionar melhores políticas públicas para frear o desmatamento nessa região. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi investigar a importância relativa de fatores determinantes do desmatamento e do uso da terra (pastagem, mosaico de ocupações e agricultura) no estado do Acre no ano de 2010 utilizando modelos de regressão espacial. Os resultados obtidos indicam que a dependência espacial e a interação entre diferentes fatores explicam os padrões de desmatamento e uso da terra no Acre. Além disso, a importância relativa de cada fator varia entre os usos. Os assentamentos não-verdes demonstraram ser um dos fatores de maior importância para os padrões de desmatamento e usos da terra, indicando que essas áreas de colonização desempenham um papel dominante nas atividades agropecuárias da região, como a agricultura de subsistência, agricultura de grande escala e criação de gado. As Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, bem como as Terras Indígenas, desempenham um papel de frear o desmatamento, apesar de ser constatada a ocupação ilegal nessas dessas áreas. Outro resultado importante é de que a alocação do desmatamento e dos usos da terra tende a ocorrer predominantemente próximo aos centros urbanos. Já, o fator distância as principais rodovias (BR-364 e BR- 317) não demonstrou ser um fator importante, sendo apenas significativo para a *agricultura*. Em relação ao tamanho das propriedades, a agricultura tende a ocorrer principalmente em grandes propriedades, enquanto a classe mosaico de ocupações é composta por uma diversidade de tamanhos de propriedades. Por fim, a formulação de políticas públicas que visem diminuir a vulnerabilidade dos índios isolados deve levar em conta o papel de cada um desses fatores e suas mudanças ao longo do tempo.

Palavras-chave: desmatamento; uso da terra; índios isolados; análise espacial; *spatial lag*

## 1. Introdução

A Floresta Amazônica desempenha funções cruciais para o equilíbrio do Sistema Terrestre (Myers, 1997; Fearnside, 1999; Steffen et al., 2006; Foley et al., 2007), como regulação do ciclo hidrológico (Salati, 2001; Fearnside, 2004), sequestro e estoque do carbono lançado na atmosfera (Malhi & Grace, 2000; Fearnside & Laurence, 2004) e manutenção de uma grandiosa diversidade de espécies (Fearnside, 1999, 2008; Dirzo & Raven, 2000). Contudo, a essa floresta abriga uma riqueza ainda escondida: a maior concentração de grupos indígenas isolados do mundo (FUNAI; Vaz, 2011; Vaz, 2013), divididos em diferentes grupos étnicos e representando uma diversidade sociocultural muito rica, considerada patrimônio universal da humanidade (FUNAI). Ao longo das últimas décadas a crescente ocupação da região amazônica e a conversão da floresta em áreas desflorestadas para uso humano projeta um futuro cenário de vulnerabilidade para esse ecossistema (Laurence et al., 1998; Foley et al., 2007), e consequentemente para os grupos indígenas isolados (Vaz, 2013; FUNAI). No Brasil, a ocupação dessa região caracteriza-se por um crescente quadro de degradação provocado por uma rede de fatores atuando em conjunto. Entre esses fatores destacam-se: a mudança de uso e cobertura da terra para expansão da fronteira agropecuária; as queimadas; o corte e venda ilegal de madeira; a grilagem e a ocupação ilegal de terras; a execução de empreendimentos de infraestrutura (principalmente usinas hidrelétricas e extensas rodovias que ligam cidades e polos de produção) (Laurence, et al. 2001). De forma que o desmatamento tem sido o problema ambiental mais marcante nessa região (Laurence et al., 2001).

Grande parte dos grupos indígenas em isolamento está localizada na região de tríplice fronteira entre Brasil, Peru e Bolívia (FUNAI; Vaz 2011). Em especial, no estado do Acre, 10 terras indígenas e duas unidades de conservação, com extensão agregada de pouco mais de 2,1 milhões de hectares, distribuída em sete municípios, constituem territórios de moradia permanente e/ou de usufruto de grande parte desses povos. Essas 10 áreas protegidas contíguas formam o chamado “Corredor dos Isolados” (Fig.1) no lado acreano da fronteira (de Almeida et al. 2014). Atualmente, as principais ameaças que atingem os povos indígenas isolados são os desequilíbrios ambientais provocados pela expansão da sociedade civil sobre a floresta; o desmatamento e a ocupação ilegal dentro de suas terras; a transmissão de doenças exógenas; a ação ilegal, e por vezes conflituosa, de garimpeiros, madeireiros e fazendeiros presentes nessas áreas (Vaz, 2011; Vaz, 2013). Para esses povos, a sua sobrevivência e o uso de seu habitat (moradia, caça, pesca, coleta e agricultura) estão intimamente ligados, de modo que a segurança de seu território pode ser considerada a única garantia de continuidade cultural e biológica desses grupos (Vaz 2011). Nesse sentido, o Estado precisa garantir a integridade de seus territórios, para que esses povos tenham plenas condições para desenvolver seus costumes, línguas, crenças e tradições sem o constante risco de serem exterminados (Vaz, 2011).



**Figura 1.** Região denominada “Corredor dos Isolados” no estado do Acre.

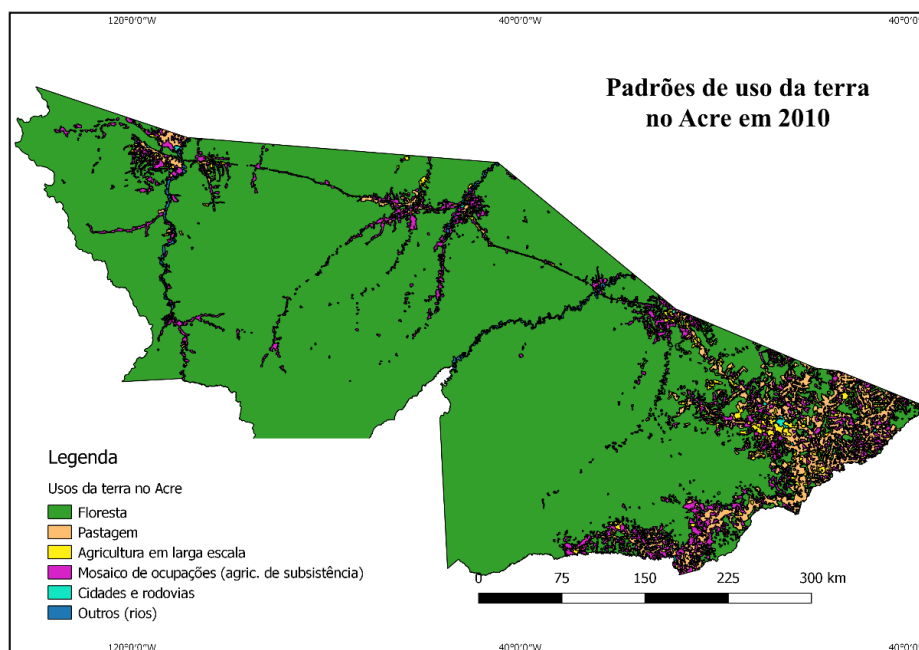
Na década de 70 as políticas ligadas ao Plano de Integração Nacional da Amazônia - PIN- favoreceram o avanço da ocupação no estado do Acre, e inúmeros projetos de assentamentos foram criados para apoiar o desenvolvimento regional. Consequentemente, modificações substanciais na cobertura e uso da terra foram alavancadas inicialmente por desmatamentos, seguidos da implantação de novas atividades de uso da terra (IBGE, 2009). Desde então, a colonização de novas áreas tem aumentado nesse estado e avança sobre a região do “Corredor dos Isolados” (de Almeida et al. 2014). Entre os anos de 2000 – 2010 o desmatamento acumulado no Acre aumentou de 15.392 km<sup>2</sup> para 20.784 km<sup>2</sup> (INPE, 2010), e encontra-se localizado principalmente ao longo dos principais rios, rodovias e no entorno dos principais centros urbanos, indicando a existência de um padrão de dependência espacial como já observado para outras localidades da Amazônia (Alves, 2002). Por sua vez, mudanças de uso da terra também tendem a apresentar auto-correlação espacial, uma vez que as mudanças em uma área tendem a se propagar para as regiões vizinhas. Essa dependência espacial associada ao desmatamento e aos diferentes usos da terra fornece informações úteis sobre diferentes padrões no espaço, estruturas e processos (Aguilar et. al, 2007).

Diante desse contexto, em que a ocupação ilegal, o desmatamento e mudanças de uso da terra avançam sobre a região do “Corredor dos Isolados”, a vulnerabilidade desses povos aumenta drasticamente a cada ano. Desse modo, entender os principais fatores que determinam os padrões espaciais do desmatamento e do uso da terra no Acre pode ajudar a definir melhores políticas públicas para frear o desmatamento e diminuir a vulnerabilidade desses grupos indígenas. Além disso, possibilita a compreensão das estratégias de ocupação e da dinâmica de mudança de uso da terra nessa região. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo investigar a importância relativa de fatores determinantes dos padrões espaciais de *desmatamento* e de uso da terra (*pastagem, mosaico de ocupações e agricultura*) no estado do Acre utilizando métodos de análise espacial.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o estado Acre, localizado na porção Ocidental da Amazônia Legal e fazendo divisa com o Peru e a Bolívia.

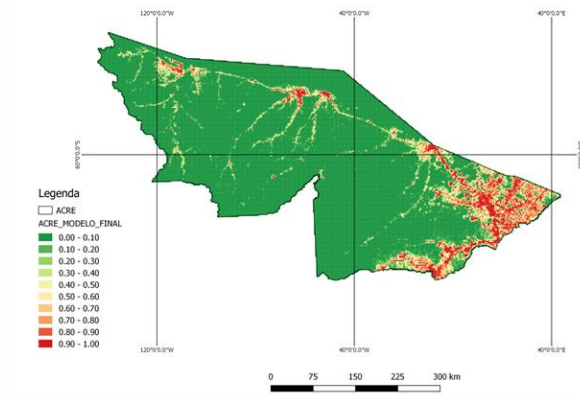


**Figura 2.** Padrões de uso da terra no estado no Acre em 2010 (Fonte: IBGE).

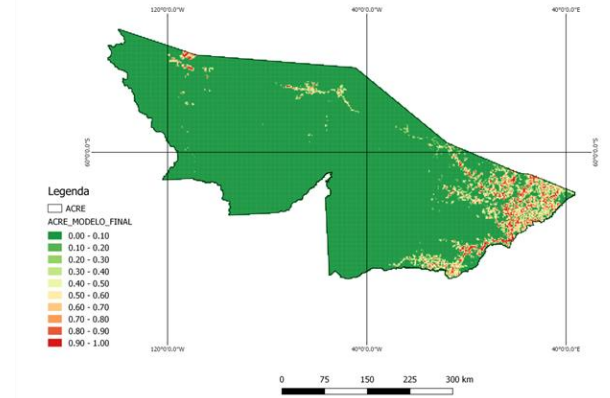
### 2.2 Banco de dados

Um banco de dados espacialmente explícito foi construído usando uma grade de células regulares de  $2\text{km} \times 2\text{km}$  para o estado do Acre. Para cada célula do espaço celular foram compilados os dados de desmatamento acumulado, de uso da terra (Fig. 3) e de fatores potenciais determinantes de mudanças no uso da terra (Fig. 4). Os dados de *desmatamento* acumulado para 2010 foram obtidos do PRODES (INPE, 2015). Os padrões de uso da terra (*pastagem*, *agricultura* e *mosaico de ocupações*) em 2010 foram obtidos dos mapas de uso e cobertura da terra disponibilizados pelo IBGE (Fig. 2). A classe de uso da terra denominada *mosaico de ocupações* refere-se a áreas destinadas a produção agrícola em pequena escala e com remanescentes florestais, podendo ser associada a agricultura de subsistência. A classe denominada *agricultura* abrange as áreas de produção agrícola em grande escala de ciclo anual, semi-perene ou perene (ex: cana-de-açúcar, soja e café). A classe de *pastagem* refere-se às áreas de pasto manejado e usadas para a criação de gado. Os fatores potenciais de mudanças no uso da terra foram considerados como variáveis exploratórias e selecionados a fim de representar as seguintes classes: acessibilidade a mercados e redes de infra-estrutura; estrutura agrária; relevo e aptidão agrícola; e papel de áreas especiais. Esses fatores estão detalhados na Tabela 1.

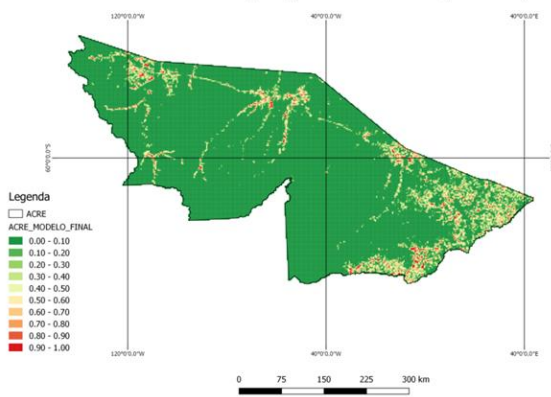
a) Desmatamento 2010 (PRODES)



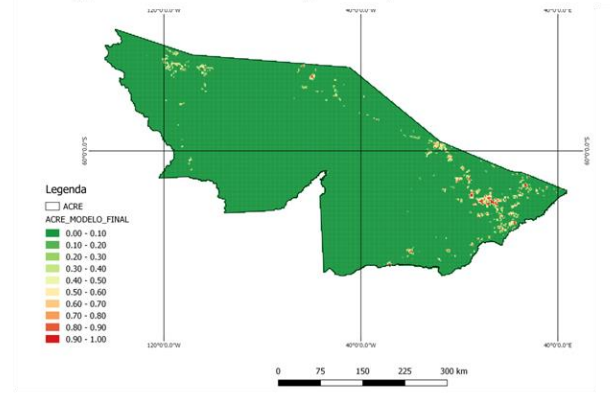
b) Pastagem 2010 (IBGE)



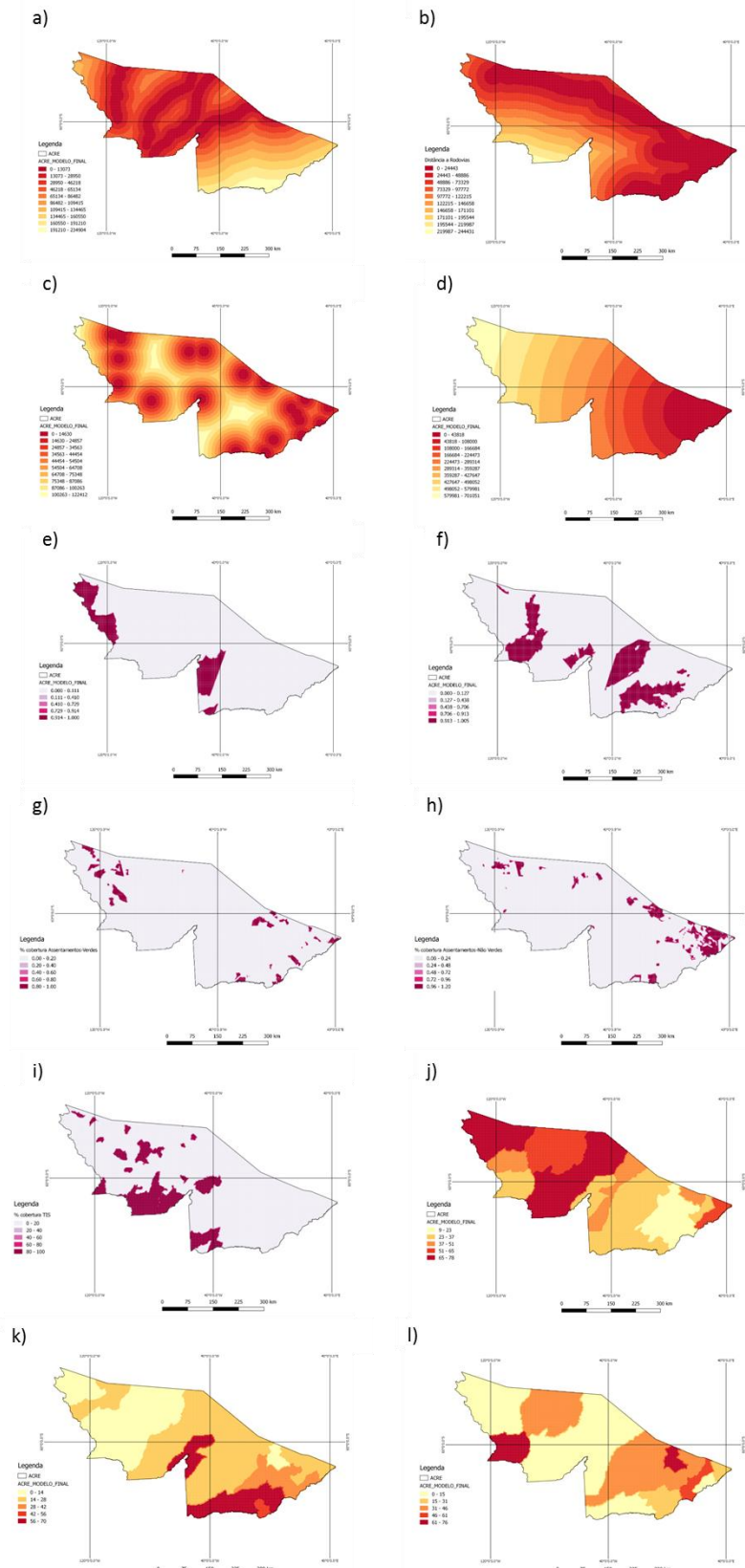
c) Mosaico de Ocupações 2010 (IBGE)



d) Agricultura 2010 (IBGE)



**Figura 3.** Plano celular de 2km x 2km com as porcentagens de desmatamento e usos da terra para cada célula. a) desmatamento acumulado em 2010; b) pastagem; c) mosaico de ocupações; d) agricultura.



**Figura 4.** Plano celular de 2km x 2km com os fatores determinantes do desmatamento e uso da terra. a) distância a rios; b) distância a rodovias; c) distância a centros urbanos; d) distância a eixos de transporte de madeira; e) % de UC's de Proteção Integral; f) % de UC's de Uso Sustentável; g) % de assentamentos verdes; h) % de assentamentos não-verdes; i) % de Terras Indígenas; j) % de pequenas propriedades; k) % de médias propriedades; l) % de grandes propriedades.

**Tabela 1. Fatores determinantes potenciais.**

Fator (variável)	Descrição	Unidade	Fonte
<i>Acessibilidade a mercados e redes de infra-estrutura</i>			
dist_rod	Distância Euclidiana a rodovias pav. e não-pavimentadas (log)	Km	Fonte: DNIT <sup>1</sup>
dist_rios	Distância Euclidiana a rios navegáveis (log)	Km	Fonte: ANTAQ <sup>2</sup>
dist_urban	Distância Euclidiana a centros urbanos (> 10 mil habitantes) (log)	Km	Fonte: IBGE <sup>3</sup>
eix_mad	Distância Euclidiana a eixos de transporte de madeira (log)	Km	Fonte: MMA <sup>4</sup>
dist_brs	Distância Euclidiana as principais BR's	Km	Fonte: DNIT
dist_riobr	Distância Euclidiana a Rio Branco	Km	Fonte: IBGE
<i>Papel de áreas especiais</i>			
per_tis	% de área de Terra Indígena	% área da célula	Fonte: MMA/FUNAI <sup>5</sup>
assnt_verd	% de área de assentamentos verdes	% área da célula	Fonte: IBGE
assnt_nverd	% de área de assentamentos não-verdes	% área da célula	Fonte: IBGE
per_uc_pi	% de área de Unidade de Conservação de Proteção Integral	% área da célula	Fonte: MMA
per_uc_us	% de área de Unidade de Conservação de Uso Sustentável	% área da célula	Fonte: MMA
<i>Estrutura agrária</i>			
a_peq_06	% de área de pequenas propriedades (< 200 ha)	% área da célula	Fonte: IBGE
a_med_06	% de área de médias propriedades (200-1000 ha)	% área da célula	Fonte: IBGE
a_grand_06	% de área de grandes propriedades (> 1000 ha)	% área da célula	Fonte: IBGE
n_family	nº de famílias assentadas (log)	nº de famílias	Fonte: IBGE
<i>Relevo e aptidão agrícola</i>			
fertil_baixa fertil_medalta	Fertilidade do solo (baixa; média – alta)	% área da célula	Fonte: IBGE
dec_plano; ondula; alta	Declividade	% área da célula	Fonte: IBGE

<sup>1</sup>DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes<sup>2</sup>ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários<sup>3</sup>IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística<sup>4</sup>MMA – Ministério do Meio Ambiente<sup>5</sup>FUNAI – Fundação Nacional do Índio

## 2.3 Análise

### *Análise exploratória*

Análises exploratórias foram realizadas previamente sobre o conjunto de dados. Primeiramente foram aplicadas transformações *box cox* para as variáveis dependentes: *desmatamento, pastagem, mosaico de ocupações e agricultura*, a fim de adequar a distribuição dos resíduos próximo a uma distribuição normal. Uma matriz de correlação de Pearson foi gerada para checar o grau de correlação entre as variáveis independentes.

Uma vez que a alta correlação entre variáveis independentes pode levar a resultados errôneos, quando duas variáveis apresentaram coeficiente de correlação maior que 0.5 entre si uma delas foi excluída das análises. Em seguida, um teste de regressão linear com *stepwise* foi empregado com o intuito de verificar a existência de relação linear entre as variáveis dependentes e exploratórias e eliminar as variáveis não-significativas. Essas etapas exploratórias foram desenvolvidas no software R.

Partindo do pressuposto de que dados de uso da terra e de desmatamento apresentam dependência espacial, a ocorrência de auto-correlação espacial entre os dados foi verificada através da aplicação de um Indicador de Autocorrelação Espacial - Índice de Moran ( $I$ ) – sobre os resíduos da regressão linear. O índice de Moran mede a correlação espacial a partir do produto dos desvios em relação à média, e indica o grau de associação espacial presente no conjunto de dados. Para esse índice a hipótese nula a ser testada é de independência espacial, nesse caso seu valor é  $I=0$ . Valores positivos (entre 0 e +1) indicam correlação espacial direta e valores negativos (entre 0 e -1) indicam correlação inversa. Em seguida, foram gerados os mapas LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) de agrupamento e de significância (Anselin, 1995) com os resíduos da regressão linear do desmatamento e de cada uso da terra, a fim de visualizar os agrupamentos espaciais e avaliar o comportamento da variabilidade espacial dos dados. Uma alta concentração de resíduos positivos (ou negativos) numa parte do mapa é um bom indicador da presença de auto-correlação espacial (Câmara, 2004). Essa etapa do trabalho foi realizada no software GeoDA (Anselin, 2005).

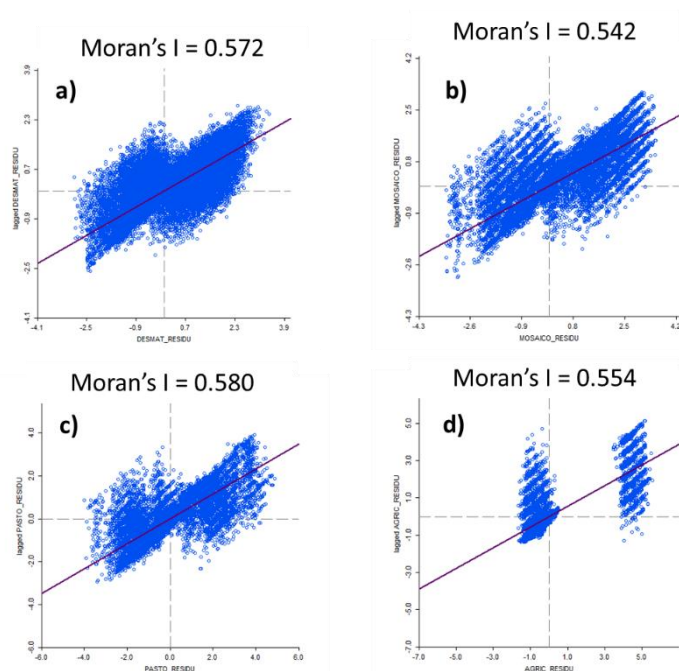
#### *Modelo de Regressão Espacial (Spatial Lag Model)*

Um modelo de regressão é um método estatístico que utiliza o relacionamento existente entre duas ou mais variáveis de maneira que uma delas possa ser descrita a partir das demais (Anselin, 2001; Câmara et al, 2004). O modelo de regressão espacial explora os padrões globais de auto-correlação espacial no conjunto de dados, e inclui uma variável ( $w$ ) que mede a extensão da dependência espacial nos processos avaliados. Modelos com efeitos espaciais globais supõe que é possível capturar a estrutura de correlação espacial num único parâmetro, que é adicionado ao modelo de regressão tradicional (Bailey e Gatrell, 1995). No modelo espacial auto-regressivo (“Spatial Autoregressive– SAR” ou “Spatial Lag Model”) a autocorrelação espacial desconhecida é atribuída à variável dependente  $Y$ . Esse modelo de regressão espacial é expresso da seguinte forma:  $Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$ , onde  $W$  é a matriz de proximidade espacial, e o produto de  $WY$  indica a dependência espacial em  $Y$ , enquanto  $\rho$  é o coeficiente espacial auto-regressivo,  $\beta$  são os coeficientes associados às variáveis independentes e  $\varepsilon$  é o erro aleatório. A hipótese nula desse modelo supõe a não ocorrência de dependência espacial ( $\rho = 0$ ) (Anselin, 2001; Câmara et al, 2004). No presente estudo, modelos de regressão espacial (*Spatial Lag*) foram empregados para estabelecer a importância relativa dos fatores determinantes do desmatamento e dos diferentes usos da terra. A comparação entre os modelos é feita através do logaritmo da máxima verossimilhança, o critério de informação de Akaike (AIC), que possui melhor ajuste para os dados com dependência espacial. Segundo este critério, o melhor modelo é o que possui menor valor de AIC. A análise de regressão espacial foi realizada no software GeoDA.

### 3. Resultados e Discussão

#### *Detecção de dependência espacial*

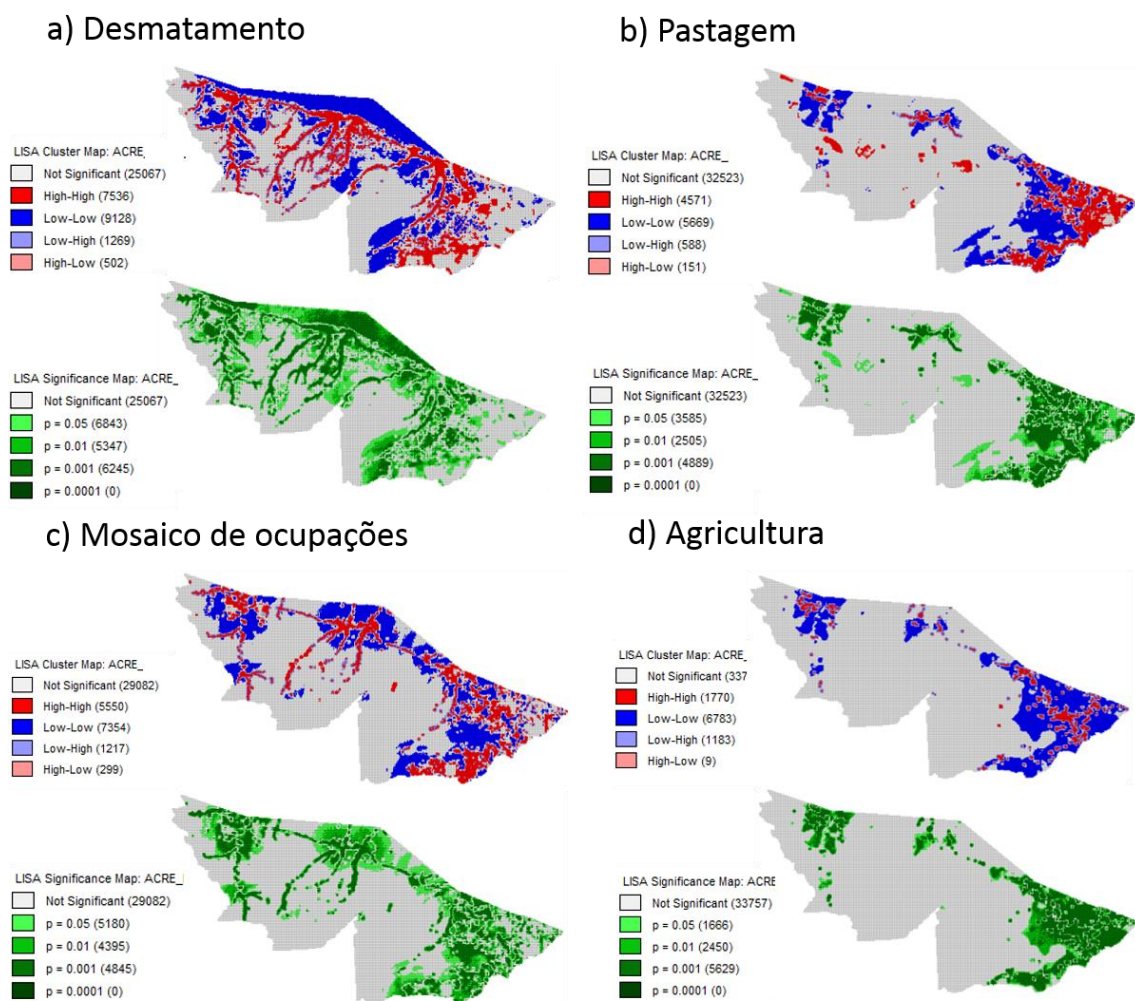
Com a aplicação do Índice de Moran sobre os resíduos da regressão linear foi confirmada a dependência espacial para os padrões de *desmatamento* ( $I=0.57$ ;  $p<0.0001$ ), *mosaico de ocupações* ( $I=0.55$ ;  $p<0.0001$ ), *pastagem* ( $I=0.58$ ;  $p<0.0001$ ), e *agricultura* ( $I=0.55$ ;  $p<0.0001$ ) no ano de 2010 (Fig. 5). A partir dos mapas LISA é possível observar a localização dos agrupamentos espaciais do desmatamento e usos da terra (Fig. 6), bem como a sua significância. Desse modo, já que o pressuposto de dependência espacial foi confirmado, pois para todos os casos analisados foram obtidos valores positivos e significativos para o índice de Moran, métodos de estatística espacial são mais adequados para analisar esse conjunto de dados.



**Figura 5.** Indicador local de auto-correlação espacial - Índice de Moran – sobre os resíduos da regressão linear: a) desmatamento; b) mosaico de ocupações; c) pastagem; d) agricultura.

#### *Modelo de regressão espacial (Spatial lag)*

Um modelo de regressão espacial (*Spatial Lag*) (Anselin, 2001) foi aplicado para cada uma das variáveis dependentes (desmatamento e usos da terra). O modelo de entrada para a regressão espacial foi obtido através da função *stepwise* da regressão linear. Essa função seleciona o modelo de regressão com melhor ajuste e menor valor de AIC, após rodar várias iterações removendo e adicionando variáveis independentes ao modelo e eliminando as variáveis menos significativas.



**Figura 6.** Mapas LISA referentes ao diagrama de dispersão de Moran sobre os resíduos da regressão linear: a) desmatamento; b) pastagem; c) mosaico de ocupações; d) agricultura. Vermelho (High- High): associação espacial positiva entre cada célula e a sua vizinhança. Azul escuro (Low-Low): Associação espacial negativa entre uma célula e a sua vizinhança. Azul claro e rosa claro (Low-High e High-Low): Associação espacial inversa entre uma célula e a sua vizinhança.

Os resultados dos modelos de regressão espacial do *desmatamento*, *pastagem*, *mosaico de ocupações* e *agricultura* são apresentados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Para todos os modelos foram obtidos valores altos de coeficientes de correlação espacial: *desmatamento* ( $W_{d\_10box}=0.837$ ;  $R^2=0.76$ ;  $AIC=-12157$ ), *pastagem* ( $W_{pasto\_10box}=0.857$ ;  $R^2=0.79$ ;  $AIC=-36478$ ), *mosaico de ocupações* ( $W_{mosa\_10box}=0.842$ ;  $R^2=0.73$ ;  $AI = -7182$ ), *agricultura* ( $W_{agri\_10box}=0.869$ ;  $R^2=0.63$ ;  $AIC=-53321$ ). Isso indica que os padrões de desmatamento e uso da terra no estado do Acre podem ser explicados principalmente pela dependência espacial.

**Tabela 2. Modelo de regressão espacial do *desmatamento* acumulado em 2010.**

R-squared	: 0.763769	Log likelihood	: 6093.94
Sq. Correlation	: -	Akaike info criterion	: -12157.9
Sigma-square	: 0.0385231	Schwarz criterion	: -12027.7
S.E of regression	: 0.196273		

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
w_d_10box	0.837476	0.00348221	240.501	0.00000
CONSTANT	0.00608597	0.0125898	0.483403	0.62881
dist_rio_p	0.0427812	0.00599264	7.13896	0.00000
eix_mad_p	-0.0233376	0.00568951	-4.10186	0.00004
dist_urb_p	-0.0647387	0.00563844	-11.4817	0.00000
per_uc_us	-0.0117385	0.00289076	-4.06069	0.00005
asent_nver	0.0676514	0.00450627	15.0127	0.00000
fert_baixa	0.0745298	0.00736263	10.1227	0.00000
a_media_06	0.0414522	0.0117802	3.51881	0.00043
per_uc_pi	-0.0206663	0.00394508	-5.2385	0.00000
per_tis	-0.0189994	0.0031065	-6.11602	0.00000
dec_ondula	-0.0494015	0.00453539	-10.8924	0.00000
fertmedalt	0.05358	0.0068803	7.78746	0.00000
a_grand_06	0.0454088	0.0109041	4.16439	0.00003
a_peq_06	0.0462276	0.0117152	3.94596	0.00008

**Tabela 3. Modelo de regressão espacial da classe de uso da terra *pastagem*.**

R-squared	: 0.796928	Log likelihood	: 18251.3
Sq. Correlation	: -	Akaike info criterion	: -36478.6
Sigma-square	: 0.0217983	Schwarz criterion	: -36374.4
S.E of regression	: 0.147642		

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
w_pasto_10bx	0.857896	0.00320142	267.974	0.00000
CONSTANT	0.0298995	0.00322717	9.26495	0.00000
dist_rio_p	0.039029	0.00434434	8.98387	0.00000
eix_mad_p	-0.0244334	0.00372863	-6.5529	0.00000
dist_urb_p	-0.0374911	0.00401698	-9.33317	0.00000
per_uc_us	-0.0124533	0.00196688	-6.33153	0.00000
asent_verd	-0.0380633	0.00403477	-9.43382	0.00000
asent_nver	0.0580559	0.00343396	16.9064	0.00000
dec_plano	0.0262663	0.0080913	3.24625	0.00117
dec_alta	0.0245362	0.00993987	2.46847	0.01357
fert_baixa	0.0389695	0.00261119	14.924	0.00000
a_media_06	-0.0317538	0.00546989	-5.80519	0.00000

**Tabela 4. Modelo de regressão espacial da classe de uso da terra *mosaico de ocupações*.**

R-squared	: 0.732252	Log likelihood	: 3603.02
Sq. Correlation	: -	Akaike info criterion	: -7182.05
Sigma-square	: 0.0430937	Schwarz criterion	: -7077.88
S.E of regression	: 0.20759		

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
w_mosa_10box	0.842301	0.00342178	246.159	0.00000
CONSTANT	0.00607486	0.00927365	0.655067	0.51242
dist_rio_p	0.0324515	0.00621827	5.21874	0.00000
dist_urb_p	-0.0674633	0.00584268	-11.5466	0.00000
per_uc_us	-0.0152884	0.00295463	-5.17438	0.00000
asent_nver	0.0944664	0.00483699	19.53	0.00000
fert_baixa	0.0278768	0.00361635	7.70856	0.00000
a_media_06	0.0335915	0.0111048	3.02496	0.00249
per_tis	-0.0144645	0.00314726	-4.5959	0.00000
dec_ondula	-0.0144411	0.00463296	-3.11703	0.00183
a_grand_06	0.0581846	0.0101747	5.71857	0.00000
a_peq_06	0.0522208	0.0114682	4.55355	0.00001

**Tabela 5. Modelo de regressão espacial da classe de uso da terra agricultura.**

R-squared	:	0.635467	Log likelihood	:	26670.7
Sq. Correlation	:	-	Akaike info criterion	:	-53321.5
Sigma-square	:	0.0147127	Schwarz criterion	:	-53234.7
S.E of regression	:	0.121296			
-----					
Variable		Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
w_agri_10box		0.86889	0.00310722	279.636	0.00000
CONSTANT		0.00850614	0.00181985	4.67409	0.00000
dist_urb_p		-0.0131023	0.00307719	-4.25787	0.00002
per_uc_us		-0.00430675	0.00164231	-2.62238	0.00873
asent_nver		0.0121874	0.00272562	4.47142	0.00001
fert_baixa		0.0116932	0.00190369	6.14237	0.00000
a_grand_06		0.00996681	0.00323122	3.08454	0.00204
dist_brs_p		-0.00719192	0.00289509	-2.48418	0.01299
asent_verd		-0.0139922	0.0032715	-4.27702	0.00002
dec_plano		0.00208799	0.00653919	0.319304	0.74950

### Comparação da importância relativa dos fatores determinantes do desmatamento e uso da terra

A importância relativa dos fatores determinantes do desmatamento e uso da terra podem ser obtidos a partir dos valores dos coeficientes  $\beta$  gerados no modelo de regressão. Desse modo, foram obtidos o percentual de contribuição de cada variável independente na explicação da variável dependente. Os resultados da comparação entre os fatores encontram-se sumarizados na Tabela 6 (pág. 16). Para a categoria de fatores relacionadas a presença de áreas especiais, em geral, os assentamentos não-verdes demonstraram ser um dos fatores de maior importância para os padrões de *desmatamento* ( $\beta=0.07$ ; 12.07%) e usos da terra – *pastagem* ( $\beta=0.06$ ; 17.54%); *mosaico de ocupações* ( $\beta=0.09$ ; 23.02%); e *agricultura* ( $\beta=0.01$ ; 16.35%). Indicando que essas áreas de colonização desempenham um papel dominante nas atividades agropecuárias da região, como a agricultura de subsistência, agricultura de grande escala e criação de gado. Em contrapartida, os assentamentos verdes (criados com uma política de colonização ambientalmente diferenciada visando baixo desmatamento) apresentaram uma associação negativa com os usos da terra *pastagem* ( $\beta=-0.04$ ; 11.5%) e *agricultura* ( $\beta=-0.01$ ; 18.77%). Evidenciando que essas áreas não participam desses tipos de atividade agropecuária de grande escala, como a criação de gados e cultivo da soja. Já as Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, bem como as Terras Indígenas, desempenham um papel de frear o desmatamento e a ocupação em seu interior. Isso é evidenciado pela associação negativa que essas áreas especiais apresentam tanto para o desmatamento quanto para os usos da terra (Tabela 6).

Em relação à categoria de fatores relacionados à acessibilidade a mercados e redes de infra-estrutura, a distância a centros urbanos (> 10 mil habitantes) se mostrou um fator de destaque, apresentando associação negativa com o *desmatamento* ( $\beta=-0.06$ ; 11.55%), *pastagem* ( $\beta=-0.04$ ; 11.32%), *mosaico de ocupações* ( $\beta=-0.07$ ; 16.44%) e *agricultura* ( $\beta=-0.01$ ; 17.58%). Segundo esses resultados, a alocação do desmatamento e dos usos da terra tende a ocorrer predominantemente próximo aos centros urbanos. Por outro lado, o fator distância a rios apresentou uma associação positiva com os padrões de *desmatamento* ( $\beta=0.04$ ; 7.63%), *pastagem* ( $\beta=0.04$ ; 11.79%) e *mosaico de ocupações* ( $\beta=0.03$ ; 7.91%). Isso indica que esses padrões tendem a ocorrer em áreas mais distantes aos principais rios navegáveis. Já, o fator distância as principais rodovias (BR-364 e BR-317) demonstrou ser importante apenas para a *agricultura*, apresentando uma associação negativa ( $\beta=-0.013$ ; 9.65%). Desse modo, a localização desse uso está concentrada mais próxima às rodovias. Esse resultado é interessante, dado que o fator

distância a rodovias têm sido considerado por alguns autores como um dos mais importantes *drivers* do desmatamento na Amazônia (Laurence, 2001; Soares-Filho, et al 2006). Contudo, essa variável não foi significativamente importante para o padrão de *desmatamento* no estado do Acre.

Para a categoria de fatores relacionados à estrutura agrária, não houve predominância relativa entre as classes de tamanho de propriedades para o padrão de *desmatamento* (Tabela 6). Contudo, a importância da estrutura agrária pode ser visualizada quando os diferentes usos da terra são comparados. O uso da terra *agricultura* tende a ocorrer predominantemente em grandes propriedades ( $\beta=0.01$ ; 13.37%), como já era esperado, dado que essa classe está relacionada à produção agrícola em grande escala, como a da soja. Já para o uso da terra *mosaico de ocupações* as três classes de tamanho de propriedades apresentaram associação positiva. Contudo, pequenas ( $\beta=0.05$ ; 12.72%) e grandes propriedades ( $\beta=0.06$ ; 14.18%) apresentaram uma maior associação em relação às propriedades médias ( $\beta=0.03$ ; 8.18%). Esse resultado indica que a classe *mosaico de ocupações* é composta por uma diversidade de tamanho de propriedades, não podendo ser resumida a uma única categoria de tamanho. Já a classe de *pasto* apresentou uma associação negativa em relação a propriedades médias ( $\beta=-0.03$ ; 9.59%), indicando que esse uso deve ocorrer para os demais tamanhos de propriedades, embora essa relação não tenha apresentado importância significativa.

Por fim, para a categoria de fatores de aptidão agrícola, o fator fertilidade baixa apresentou associação positiva com todos os padrões, tanto para o desmatamento quanto para os usos da terra (Tabela 6). Enquanto, o fator fertilidade média-alta apresentou associação positiva apenas com o padrão de *desmatamento* (Tabela 6). Esses resultados evidenciam que apesar de existir uma importância relativa para esses fatores não é possível relacionar a fertilidade do solo como um bom indicador da alocação dos diferentes usos da terra, especialmente para as atividades de agricultura, como seria esperado. Para os fatores de declividade do solo, tanto a declividade plana ( $\beta=0.03$ ; 7.93%) como a declividade alta ( $\beta=0.02$ ; 7.41%) apresentaram associação positiva com a *pastagem*. Indicando que não parece existir uma preferência para alocação da criação de gado em áreas mais planas. Por outro lado, o uso da terra *agricultura* apresentou associação positiva apenas com a declividade plana ( $\beta=0.002$ ; 2.8%). Esse resultado demonstra que áreas mais planas são mais adequadas para alocação desse tipo de atividade agrícola que demanda de um manejo mecanizado, como a produção da soja.

#### 4. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo utilizar métodos estatísticos de análise espacial para avaliar a importância relativa de diferentes fatores sobre os padrões de uso e cobertura da terra no estado do Acre. Com base nos resultados obtidos posso concluir que a interação entre diferentes fatores explica os padrões de desmatamento e uso da terra no estado do Acre, e que a importância relativa de cada fator varia entre os usos. Por fim, esse estudo evidencia os principais fatores determinantes do desmatamento e dos diferentes usos da terra no estado do Acre para o ano de 2010, tendo como destaque a proximidade a centros urbanos e os assentamentos não-verdes.

A formulação de políticas públicas que visem diminuir a vulnerabilidade dos índios isolados deve levar em conta o papel de cada um desses fatores e suas mudanças ao longo do tempo. Devido à heterogeneidade espacial da ocupação nessa região como um todo, uma abordagem regionalizada poderia ser tema de um futuro estudo. A fim de levar a melhores inferências a respeito das diferenças intra-regionais dos padrões de uso

da terra, bem como de seus fatores determinantes. Uma ideia seria analisar os padrões espaciais das ocupações ilegais que ocorrem na região do “Corredor dos Isolados”.

## Referências Bibliográficas

Aguiar, A. P. D., Câmara, G., & Escada, M. I. S. (2007). Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological modelling*, 209(2), 169-188.

Alves, D.S., 2002. Space–time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia. *Int. J. Remote Sens.* 23 (14).

Anselin, L. Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis*, New York, v.27, n.2, p.93-115, 1995.

Anselin, L., 2001. Spatial econometrics. In: Baltagi, B. (Ed.), *A Companion to Theoretical Econometrics*. Basil Blackwell, Oxford, pp. 310–330.

Anselin, L, 2005. *Exploring spatial data with GeoDaTM: a workbook*. University of Illinois.

Bailey, C.; Gatrell, A.C. *Interactive spatial data analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1995. 432 p.

Câmara, G.; Monteiro, A.M.; Druck, S.; Carvalho, M.S. Análise espacial de áreas. In: DRUCK, S.; CARVALHO, C.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. (Org.). *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004.

de Almeida et al., 2014. NOVA CARTOGRAFIA SOCIAL DA AMAZÔNIA. Projeto Mapeamento Social como Instrumento de Gestão Territorial contra o desmatamento e a devastação.

Dirzo, R., & Raven, P. H. (2003). Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 137-167.

Fearnside, P. M. (1999). Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: risks, value and conservation. *Environmental conservation*, 26(04), 305-321.

Fearnside, P.M. & Laurance, W.F. (2004). Tropical deforestation and greenhouse gas emissions. *Ecological Applications*, 14(4), 982- 986.

Fearnside, P.M. (2004). A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje*, 34(203), 63–65.

Fearnside, P. M. (2008). Quantificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras. *Oecologia brasiliensis*, 12(4), 12.

Foley, J. A., Asner, G. P., Costa, M. H., Coe, M. T., DeFries, R., Gibbs, H. K., ... & Snyder, P. (2007). Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(1), 25-32.

Fundação Nacional do Índio (FUNAI): Povos Isolados e de Recente Contato Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/nossas-acoes/povos-indigenas-isolados-e-de-recente-contato>.

IBGE, 1996. Censo Agropecuário 1996 (Agricultural Census 1996). Instituto Brasileiro de Geographia e Estatística (Brazilian Census Bureau).

IBGE, 2009. Uso da Terra e a Gestão do Território no Estado do Acre- Relatório Técnico.

INPE, 2010. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (Monitoring the Brazilian Amazon Forest by Satellite). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (National Institute for Space Research), São José dos Campos, Brazil, <http://www.obt.inpe.br/prodes/>.

Malhi, Y., & Grace, J. (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(8), 332-337.

Laurance, W. F., Ferreira, L. V., Rankin-de Merona, J. M., & Laurance, S. G. (1998). Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, 79(6), 2032-2040.

Myers, N. (1997). The world's forests and their ecosystem services. *Nature's Services: societal dependence on natural ecosystems*, 215-235. Washington DC: Island Press.

Salati, E. (2001). Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico na Amazônia. In: *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 436pp*, 153-172.

Soares-Filho, B., Nepstad, D., Curran, L., Cerqueira, G., Garcia, R., Ramos, C.A., Voll, E., Mcdonald, A., Lefebvre, P., Schlessinger, P., 2006. Modeling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440, 520–523.

Steffen, W., Sanderson, R. A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore III, B., ... & Wasson, R. J. (2006). *Global change and the earth system: a planet under pressure*. Springer Science & Business Media.

Vaz, A. (2011). Isolados no Brasil-Política de Estado: da tutela para a política de direitos, uma questão resolvida? *Brasília, Brazil: Estação Gráfica*. 64p. Disponível em: [http://servindi.org/pdf/informe\\_10.pdf](http://servindi.org/pdf/informe_10.pdf).

Vaz, A. (2013). Povos Indígenas Isolados e de Recente Contato no Brasil – Políticas, direitos e problemáticas. Disponível em: [http://wrm.org.uy/pt/files/2013/09/Povos\\_Indigenas\\_Isolados\\_e\\_de\\_Recente\\_Contato\\_no\\_Brasil.pdf](http://wrm.org.uy/pt/files/2013/09/Povos_Indigenas_Isolados_e_de_Recente_Contato_no_Brasil.pdf)

**Tabela 6. Porcentagem e direção da associação de cada fator (var. independente) sobre os padrões de desmatamento e uso da terra (var. dependente).**

<i>Fatores</i>	<b>Desmatamento</b>	<b>Direção</b>	<b>Pasto</b>	<b>Direção</b>	<b>Mosaico de ocupações</b>	<b>Direção</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Direção</b>
<b>Distância a rios</b>	7.63	+	11.79	+	7.91	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Distância a eixos de madeira</b>	4.16	-	7.38	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Distâncias a rodovias</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	9.65	-
<b>Distância a centros urbanos</b>	11.55	-	11.32	-	16.44	-	17.58	-
<b>Assentamentos verdes</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	11.5	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>	18.77	-
<b>Assentamentos não-verdes</b>	12.07	+	17.54	+	23.02	+	16.35	+
<b>Fertilidade baixa</b>	13.3	+	11.77	+	6.79	+	15.69	+
<b>Fertilidade média-alta</b>	9.56	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>% de UC's de proteção integral</b>	3.69	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>% de UC's de uso sustentável</b>	2.09	-	3.76	-	3.72	-	5.78	-
<b>% de terras indígenas</b>	3.39	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>	3.52	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Declividade plana</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	7.93	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>	2.8	+
<b>Declividade ondulada</b>	8.81	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>	3.52	-	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Declividade alta</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	7.41	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Pequenas propriedades</b>	8.25	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>	12.72	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Médias propriedades</b>	7.4	+	9.59	-	8.18	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Grandes propriedades</b>	8.1	+	<i>ns</i>	<i>ns</i>	14.18	+	13.37	+

*ns* = variável independente não significativa para o modelo.

Direção (+): associação positiva entre a variável dependente e a variável independente.

Direção (-): associação negativa entre a variável dependente e a variável independente.