

A classificação de “fronteiras” como metodologia para o diagnóstico de relações espaciais locais do desmatamento

Renata Maciel Ribeiro¹
Silvana Amaral Kampel¹
Antônio Miguel Vieira Monteiro¹

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE¹
Caixa Postal 515, 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil
{renata, silvana, miguel} @dpi.inpe.br

Resumo. O perfil socioeconômico e cultural da região amazônica são fatores determinantes nas características de ocupação do território amazônico, no qual a extensão da área e características geográficas decorrem em importantes diferenças intrarregionais. Com base em trabalhos que discutem a forte autocorrelação espacial do desmatamento, esta análise visa identificar as relações entre diferentes padrões de desmatamento e o uso do solo, com base nas classes de fronteiras estabelecidas por Rodrigues et al. (2009) a fim de identificar relações espaciais locais associadas aos usos proeminentes encontrados, nas classes de fronteira nos municípios do Distrito Florestal Sustentável da BR-163 no oeste paraense, obtendo como principal resultado que as classes de fronteira são capazes de representar componentes de dependência espacial associada aos seus usos. Sendo assim, a hipótese do trabalho é confirmada e afirma que a metodologia proposta por Rodrigues et al. (2009) quando avaliada no contexto da relação estabelecida pelos modelos lineares globais é capaz de representar como os principais fatores condicionantes do desmatamento se distribuem no espaço.

Palavras-chave:

1. Introdução

Os processos de ocupação da Amazônia brasileira baseiam-se em diferentes causas, típicas do perfil econômico e cultural da região. Esse perfil caracteriza-se principalmente por um padrão econômico direcionado à exportação na lógica de uma economia voltada a valorização momentânea de produtos no mercado internacional (BECKER, 2001).

Até a década de 1980, o histórico do desmatamento da região da Amazônia Legal esteve ligado, especialmente, às ações governamentais para a ocupação e desenvolvimento do território por intermédio da abertura de estradas e incentivo à migração (BECKER, 2005; FEARNESIDE, 1986). Fatores condicionantes do desmatamento recentes, entretanto, apontam para as atividades agropecuárias que se expandem seguindo a lógica econômica privada (MARGULIS, 2003). Dado esse contexto, Richard e VanWey (2015) e Becker (2013), questionam o crescente interesse do mercado internacional na produção de *commodities* como um fator de remodelação do espaço rural, que por consequência, altera a organização das cidades, e é apontado como a mais significativa força de conversão florestal na região amazônica.

Estas tendências se refletem nas características de ocupação do território amazônico, no qual a extensão da área e características geográficas decorrem em importantes diferenças intrarregionais. Essas diferenças caracterizam os processos de desmatamento como fenômenos espacialmente heterogêneos (OLIVEIRA e ALMEIDA, 2011).

A dissemelhança de padrões e distribuição do desmatamento no território amazônico, leva ao questionamento sobre a eficácia de modelos que tratam do fenômeno de forma homogênea em toda sua vasta extensão territorial. Assim, alguns estudos enfocam na análise das relações espaciais em escala local, a partir de técnicas

de regressão espacial, como o método GWR ou RPG (Regressões Ponderadas Geograficamente). Nesse método, desenvolvido por Fotheringham et al. (2002), a heterogeneidade espacial é tratada a partir de coeficientes de regressões locais, onde aplica-se regressões lineares para cada unidade espacial homogênea analisada (OLIVEIRA e ALMEIDA, 2011), onde neste trabalho, a componente espacial será representada pelas classes de fronteira, estabelecidas com a finalidade de identificar e corrigir minimamente a dependência espacial do desmatamento discutida por outros autores, visto que estas possuem a configuração da espacialização de padrões de desmatamento e aglomeração dos semelhantes, podendo desta forma indicar a presença de dependência espacial local.

Aguiar et al. (2007) destacam em seu trabalho a forte autocorrelação espacial do desmatamento, resultante do processo de conversão florestal, associado a um outro uso posterior, que, geralmente, encontra-se associado aos tipos de uso verificados em áreas adjacentes. Neste contexto, este trabalho busca identificar as relações entre diferentes padrões de desmatamento e o uso do solo, com base nas classes de fronteiras estabelecidas por Rodrigues (2009), descritas de A a G, que representam a posição relativa do desmatamento em relação a duas variáveis: “extensão do desmatamento” e “atividade do desmatamento”, onde estas, referem-se a porcentagem de área desmatada acumulada em relação a cobertura florestal em uma determinada unidade espacial, e a porcentagem de área desmatada em três anos na mesma unidade (Tritsch e Arvor, 2016), respectivamente.

A análise da relação entre as classes de fronteira, estabelecidas através de metodologia proposta pelos autores citados, e uso do solo, foi realizada com base nos dados do Programa de Avaliação do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES – INPE) no ano de 2010, e das classes redefinidas do mapeamento de uso e cobertura da terra do programa TerraClass (INPE, 2014) no ano de 2014, e, tem a finalidade de identificar associações entre os diferentes padrões de desmatamento em um dado período (2010) e os padrões associados de uso do solo em um tempo seguinte (2014) a fim de mapear a dependência espacial associada aos usos proeminentes encontrados nas classes de fronteira. Para tal, fez-se necessária a análise exploratória preliminar dos dados de desmatamento e uso e cobertura da terra a fim de identificar os principais usos associados a cada classe para, a posteriori, contrapor com os resultados obtidos nas análises das regressões e discutir a hipótese de dependência espacial local associada aos arranjos das classes de fronteira de desmatamento.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

O recorte espacial adotado compreende os municípios de Santarém, Mojui dos Campos, Itaituba, Novo Progresso, Trairão, Placas, Rurópolis, Aveiro, Belterra e Altamira, conforme ilustra a figura 1. Esses municípios fazem parte do Distrito Florestal Sustentável da BR-163 (DFS da BR-163), no oeste paraense. Juruti, Prainha e Óbidos também estão inseridos no DFS BR-163, porém esses municípios não entraram no recorte espacial do estudo, pois correspondem a áreas sem informações prévias obtidas em campo.

Apesar do DFS (BR-163) ter sido criado como uma unidade geopolítica, apresenta distintas dinâmicas econômicas, demográficas e de uso da terra (ALVES et al., 2010), o que caracteriza uma demanda local de estudos direcionados à sua caracterização socioeconômica e ambiental e análise de relação entre as principais características da região e padrão de conversão florestal.

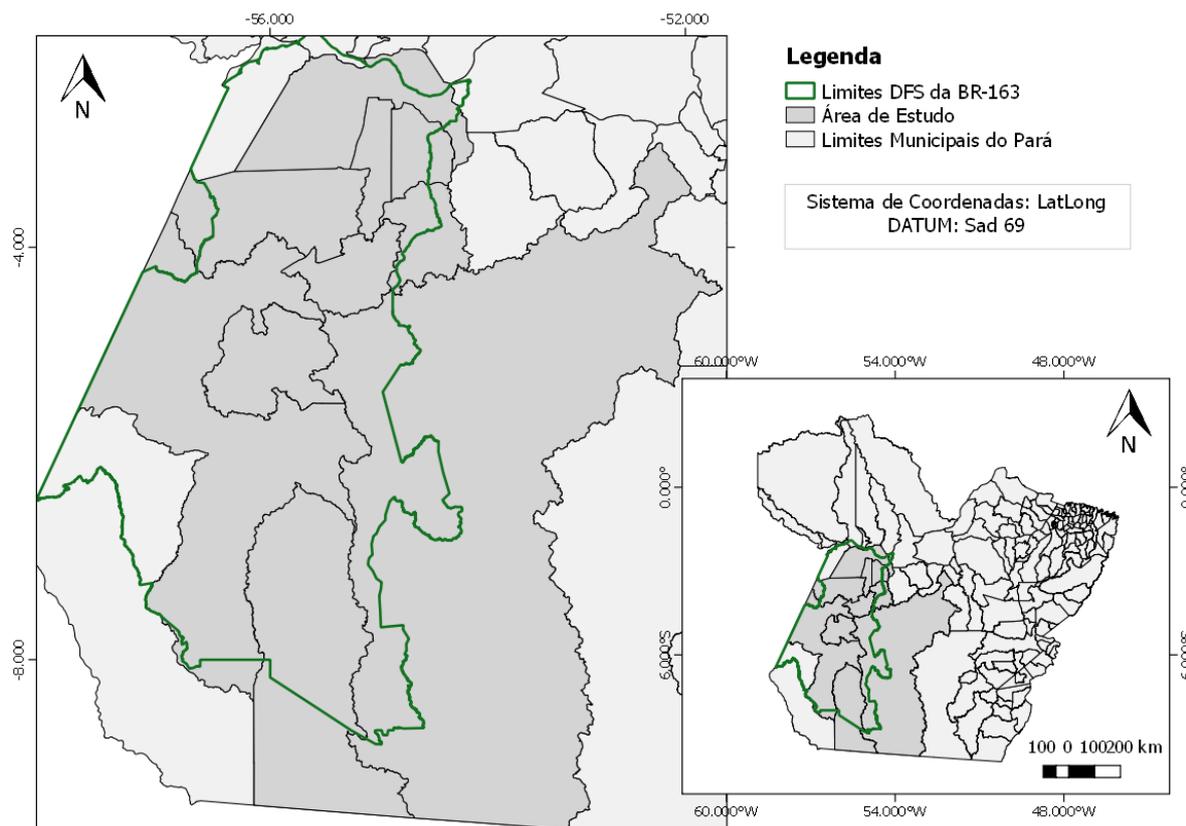


Figura 1. Localização da área de estudo no estado do Pará e no DFS da BR-163.

2.2. Bases de dados

Para a análise de padrões de desmatamento e definição das classes de fronteira, foram utilizados dados de desmatamento extraídos dos dados em mosaico para o estado do Pará (PRODES, 2010) no ano de 2010.

Os dados de desmatamento nos municípios da área de estudo foram avaliados em relação às taxas de desmatamento anual (km^2/ano) e desmatamento acumulado sobre a malha municipal do IBGE de 2015 (IBGE, 2015). Os dados referem-se ao total de área desmatada no período de 1997 a 2010, e taxa de desmatamento anual no mesmo período. Esses dados foram utilizados para o cálculo das variáveis utilizadas para estabelecimento das classes de fronteira com base nos critérios de decisão descritos por Rodrigues (2009), onde a porcentagem de desmatamento acumulado até 2010 representa a “extensão do desmatamento”, e a porcentagem de área desmatada total entre os anos de 2008 e 2010 representa a “atividade do desmatamento”.

A partir dos resultados obtidos no cálculo das variáveis para cada unidade espacial, determina-se a qual classe a unidade espacial pertence, com base nos conceitos de pré e pós-fronteira discutidos por Tritsch e Arvor (2016).

Tabela 1. Descrição das classes de fronteira (adaptado de Tritsch e Arvor, 2016).

Classes	Característica	Descrição
A e B	Pré-Fronteira	Área desmatada limitada e baixa atividade de desmatamento.
C, D e E	Fronteira ativa	Área desmatada crescente e alta atividade de desmatamento.
G e F	Pós-Fronteira	Grande extensão de áreas desmatadas e baixa atividade de desmatamento.

Ressalta-se que a definição da tipologia foi baseada no recorte temporal estabelecido, sendo assim, as classes de fronteira estabelecidas são válidas para o período referente aos anos de análise (2008 a 2010), em outra data, as classes podem ser diferentes, baseadas na extensão e atividade de desmatamento no período, e que, os dados mapeados pelo PRODES correspondem à área de desmatamento, superior a 6,25 ha, do tipo corte raso em floresta primária.

Para o estabelecimento das variáveis explicativas da análise de regressão, usou-se como base de dados o mapeamento de uso e cobertura da terra do sistema TerraClass (INPE, 2014) para o ano de 2014, que possui classes referentes a: “agricultura anual”, “área não observada”, “área urbana”, “mineração”, “mosaico de ocupações”, “pasto com solo exposto”, “pasto limpo”, “pasto sujo”, “regeneração com pasto”, “reflorestamento”, “vegetação secundária”, “floresta”, “não floresta” e, “outros”, onde, na análise, as classes “pasto com solo exposto”, “pasto limpo”, “pasto sujo” e “regeneração com pasto” foram agrupadas em uma só classe, e, as classes referentes a “área não observada” e “outros” foram excluídas da análise por não contribuírem na interpretação dos resultados cujo objetivo é identificar as classes de uso relacionadas ao processo de desmatamento.

2.3.Procedimentos Metodológicos

A metodologia aplicada teve a finalidade de estabelecer as condições requeridas para a execução da Regressão Linear Múltipla das duas variáveis dependentes com base no resumo metodológico descrito por Feitosa, 2014.

2.3.1. Preparação das Variáveis Dependentes

O plano celular foi gerado com base no limite do DFS da BR-163 (figura 2) com resolução de 5 x 5 km, que foi usado, posteriormente, na etapa de preenchimento celular com os dados das variáveis dependentes e variáveis explicativas.

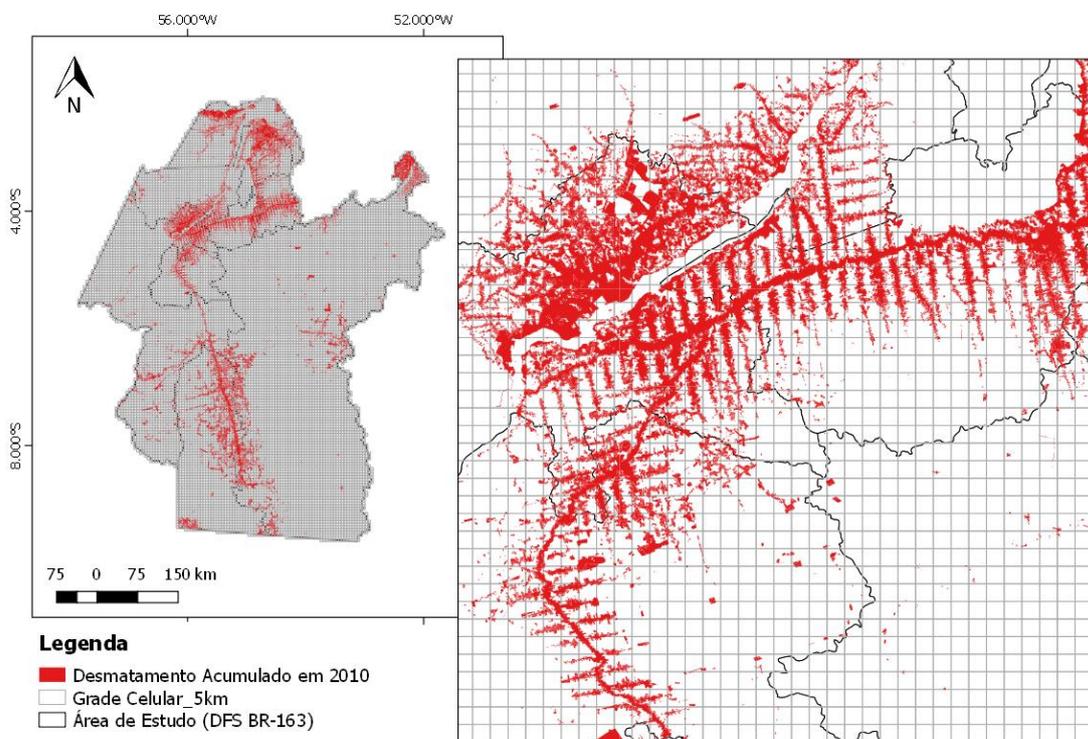


Figura 2. Limites municipais e desmatamento acumulado em 2010 da área de estudo (DFS BR-163).

As variáveis dependentes, referentes aos dados de desmatamento reorganizados por classes de fronteira e desmatamento acumulado até 2010, foram construídas através do uso de ferramentas de geoprocessamento do sistema TerraView 4.2 (INPE, 2013) e preenchimento de plano celular com resolução espacial de 25 km² baseado em operadores de porcentagem de área por célula disponíveis no GeoDMA (Geographical Data Minig Analyst) desenvolvido por Korting et al. (2008), gerando como resultado preliminar duas colunas na tabela de atributos da camada da grade celular; representando a porcentagem de desmatamento acumulado na célula até o ano de 2010 e a porcentagem do total de desmatamento anual em 2008, 2009 e 2010 em cada célula da área de estudo (figura 4).

A variável dependente de uma das regressões múltiplas foi a própria porcentagem de desmatamento acumulado por célula, como já citado, a outra foi obtida através da relação entre as variáveis "extensão de desmatamento" e "atividade de desmatamento" para o estabelecimento das classes de fronteira no espaço celular. O procedimento e critérios de decisão foram realizados com base nos critérios estabelecidos por Rodrigues et al. (2009), conforme demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 2. Critérios de estabelecimento das classes de fronteira (baseado em Rodrigues et al., 2009).

Classes	Extensão do Desmatamento (%) – acumulado em 2010	Atividade de Desmatamento (%) – total em 3 anos (2008, 2009 e 2010)
A	< 5	< 0,5
B	< 25	0,5 – 5
C	< 40	≥ 5
D	40 – 60	≥ 5
E	≥ 60	≥ 5
F	≥ 75	0,5 – 5
G	≥ 90	< 0,5

A projeção das classes de fronteira na grade celular possibilitou a visualização da distribuição espacial das mesmas e identificação de possíveis processos de dependência espacial entre os usos representados por cada classe.

A análise do mapa permite identificar a preeminência da classe A sobre as outras, esta, representativa de áreas pouco desmatadas e com baixa atividade de conversão florestal. As classes pós-fronteira (F e G) e fronteiras ativas (C, D e E) apresentaram agrupamentos, mostrando tendência a dependência espacial das classes que será verificada a posteriori na análise dos resíduos da regressão.

É possível verificar também um significativo número de células não classificadas, onde Tritsch e Arvor (2016) explicam como sendo uma falha metodológica, cuja classificação de fronteiras proposta por Rodrigues et al. (2009) se mostra não inclusiva, onde células com grau moderado de extensão e baixa atividade de desmatamento não são classificadas (figura 3).

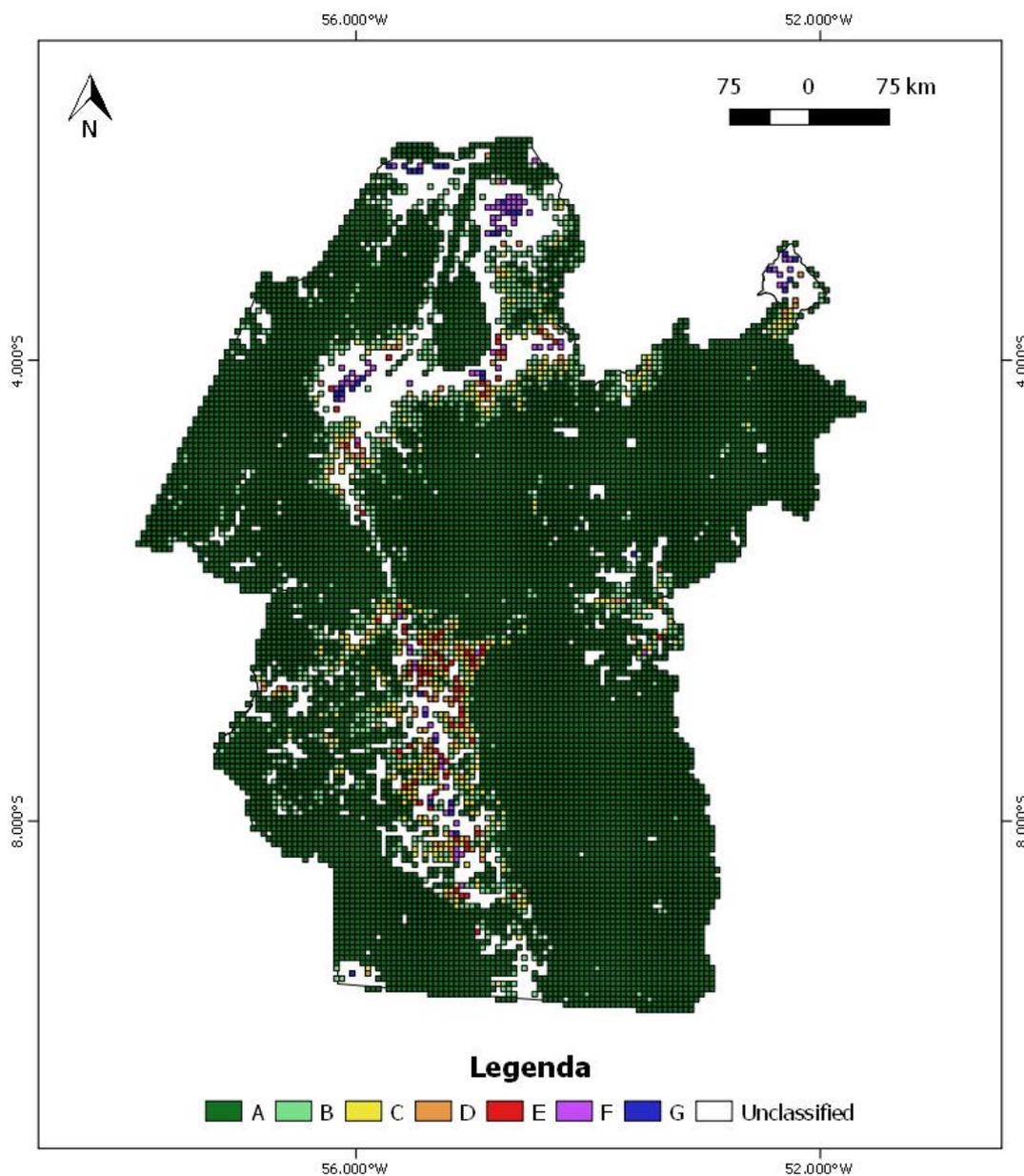


Figura 4. Representação da espacialização do desmatamento através da projeção das classes de fronteira na grade celular da área de estudo.

2.3.2. Análise Exploratória e Preparação das Variáveis

As variáveis independentes, ou previsoras, referentes às classes de uso da terra do TerraClass (INPE, 2014), foram construídas através de um ambiente de SIG, por preenchimento de plano celular de mesma resolução espacial das variáveis dependentes (25 km²) e mesmo operador de desagregação (porcentagem de área por célula).

Através do plug-in de preenchimento do plano celular foi possível criar as variáveis independentes em uma única tabela, onde cada coluna representou uma variável diferente obtidas a partir do operador escolhido. Para a escolha das variáveis mais significativas, foi realizada análise exploratória das variáveis através da técnica *stepwise backward*, onde foi gerado um modelo, com base na significância do teste F (5%), a partir do conjunto inicial com todas as variáveis independentes, onde as menos significativas ($p\text{-valor} > 0.05$), foram retiradas do modelo e gerada uma nova regressão.

Através do diagnóstico dos resultados dos modelos de regressão, foram selecionadas as classes de uso e cobertura da terra que apresentaram resultados mais significativos.

A tabela 3 mostra uma sumarização dos dados, fontes, significado de cada classe dentro da tipologia adotada pelo TerraClass e as variáveis geradas a fim de atender de forma mais eficiente a hipótese de correlação proposta.

Obteve-se como resultado da etapa de análise exploratória para seleção das variáveis que as mais significativas foram as descritas pela tabela 3, onde, duas classes foram retiradas do modelo, são estas: “desmatamento em 2014” e “reflorestamento”.

Tabela 3. Variáveis utilizadas no modelo de regressão e descrição (baseado em EMBRAPA, 2008).

ID	Variável	Descrição	Sinal Esperado β_1	Fonte
PORCORES_1	Floresta	Área de floresta primária não alterada.	Negativo	
PORCRAFI_1	Hidrografia	Malha hidrográfica.	Negativo ou Nulo	
PORCORES_2	Não Floresta	Áreas com presença de formação florestal diferenciada dos padrões fitofisionômicos do bioma amazônico.	Negativo	
PORCG_SE_1	Vegetação Secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.	Positivo	
PORCEA_U_1	Área Urbana	Manchas urbanas decorrentes da concentração populacional que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural apresentando adensamento de arruamentos, casas, prédios e outros equipamentos públicos.	Positivo	Programa TerraClass (INPE, 2014)
PORCUAL_23	Agricultura Anual	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual.	Positivo	
PASTO	Pasto	Abrange áreas em início de processo de regeneração, áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de gramíneas e associadas a vegetação arbustiva e áreas com atividade agropastoril e cobertura de solo exposto.	Positivo	
C_PEMULA_1 (independente)	Desmatamento Acumulado	Porcentagem de desmatamento acumulado por célula.	-	
CLAS (independente)	Gradiente de desmatamento (Classes de Fronteira)	Variável composta da relação entre a porcentagem de desmatamento acumulado na célula e porcentagem de desmatamento total em três anos.	-	PRODES (INPE, 2010)

2.3.3. Modelo de Regressão Linear Global Múltipla

O modelo de regressão linear simples tem como objetivo prever a relação linear entre a variável dependente e a variável explicativa, conforme expresso na equação 1:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + \varepsilon \quad (1)$$

Onde, Y_i é a i -ésima observação da variável dependente, X_i é a i -ésima observação da variável independente, os parâmetros β_0 e β_1 representam respectivamente o intercepto e a inclinação da reta, e a constante ε representa os erros, ou resíduos da estimativa (NETER et al., 1996).

Os modelos de regressão linear múltipla seguem os mesmos pressupostos dos modelos simples, porém possuem mais de uma variável explicativa.

Nos modelos lineares globais assume-se que as observações não são correlacionadas, e que os resíduos do modelo também são independentes e não correlacionados com a variável dependente, além de apresentar variância constante e distribuição normal com média zero. Por isso a importância de testar os pressupostos para garantir a consistência dos resultados alcançados.

Por meio da análise dos resíduos é possível observar se o modelo de regressão satisfaz os seus pressupostos, como, por exemplo, a premissa da independência dos resíduos, que é analisada através de um gráfico de dispersão dos resíduos contra as variáveis predictoras. No caso da constatação de tendências nos dados, onde pode indicar a presença de dependência espacial entre as variáveis, o pressuposto de independência não é satisfeito e as observações ficam dispersas em direções definidas. Assim, deve ser realizado o cálculo de índice de Moran I para os resíduos a fim de avaliar o grau de autocorrelação espacial dos resíduos. O índice de Moran quantifica o grau de autocorrelação espacial e seus valores variam de -1 a +1, onde -1 indica autocorrelação inversa, 0 indica aleatoriedade e +1 autocorrelação positiva.

3. Resultados e Discussões

Neste trabalho, as regressões múltiplas geraram resultados que possibilitaram a avaliação dos pressupostos e linearidade das regressões de coeficientes globais, cuja multicolineariedade das variáveis foi avaliada através do VIF (Índice de Variância Inflado), e, a normalidade, homocedasticidade e independência foram avaliadas através de testes estatísticos e análise dos resíduos.

Para as variáveis escolhidas na análise exploratória de ambas as variáveis dependentes, obteve-se como resultado que não há redundância entre as variáveis através da análise do valor de VIF, onde todos os valores foram menores que 7.5 e com isso, todos contribuem de forma independente na regressão.

Para os testes Jaque-Bera e Koenker-Passat, os resultados foram significativos a 95% de confiança, e com isso detectou-se que os dados não possuem distribuição normal e variância constante, indo contra os pressupostos da regressão linear. Esses resultados podem indicar que os dados não são paramétricos, necessitando de tratamento da não-linearidade das variáveis.

No entanto, na análise do histograma dos resíduos, pôde-se identificar a normalidade e homocedasticidade do modelo, contraponto os resultados obtidos nos testes estatísticos (figura 6).

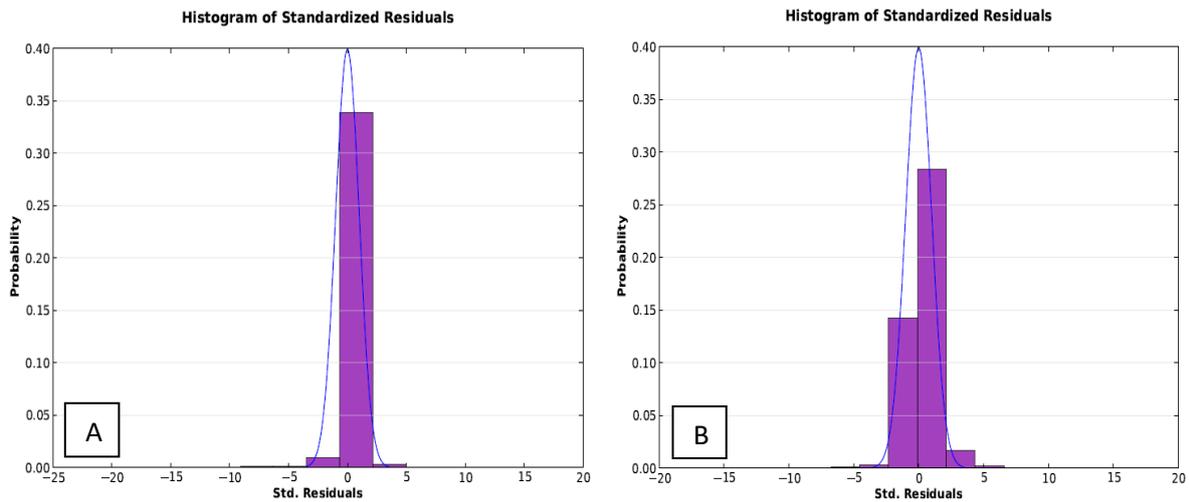


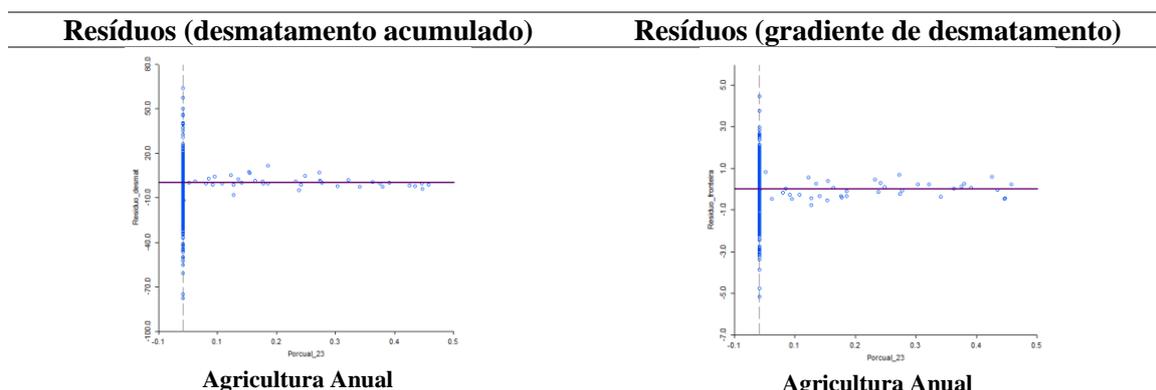
Figura 6. Histograma da análise de normalidade dos resíduos. (A) Y – desmatamento acumulado (B) Y – gradiente de conversão florestal (fronteiras)

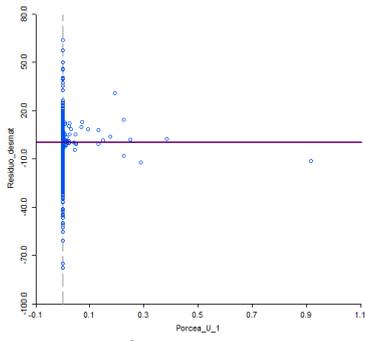
O histograma dos resíduos (figura 6) apresenta um formato próximo a uma gaussiana e com isso supõe que os resultados da análise são confiáveis. As variáveis escolhidas para o modelo proposto por este trabalho apresentam concentração de dados e alto número de amostras, o que pode ter sido um fator limitante para a rejeição de H_0 nos testes de normalidade e heterocedasticidade (Jaque-Bera e Koenker), contudo a análise dos resíduos permite a continuação da análise por apresentar características de linearidade.

De acordo com Laplace (1810), o Teorema do Limite Central também corrobora para a continuidade da análise. Onde, segundo este teorema, tratando-se de variáveis aleatórias com média e variância finitas, à medida que o n (número de amostras) aumenta, a soma das variáveis se aproxima a uma distribuição normal.

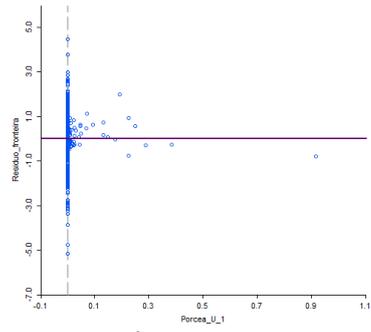
As análises de resíduos do modelo satisfazem os pressupostos de linearidade e apresentaram um bom ajuste, ou poder explicativo, da maioria das variáveis independentes em relação a variável dependente (tabela 3).

Tabela 4. Diagrama de dispersão dos resíduos das regressões.

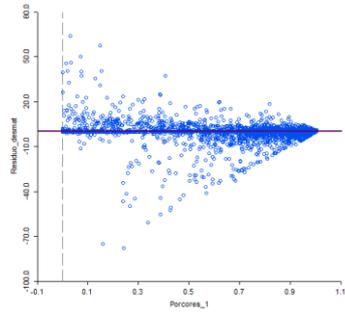




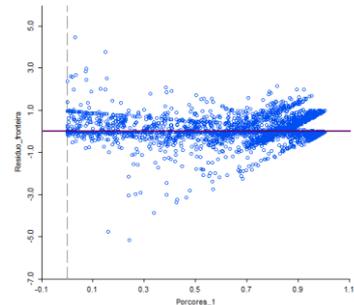
Área Urbana



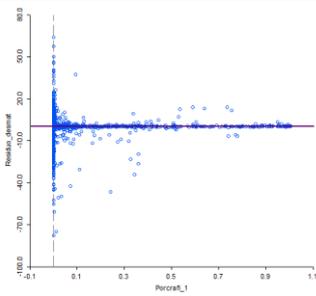
Área Urbana



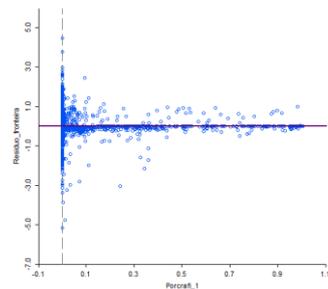
Floresta



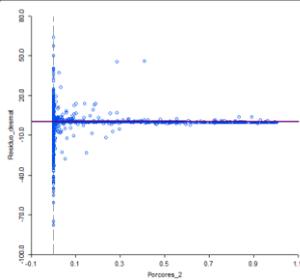
Floresta



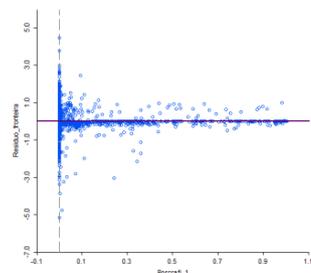
Hidrografia



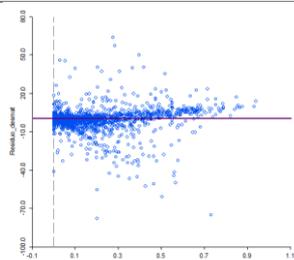
Hidrografia



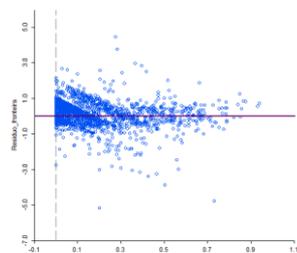
Não Floresta



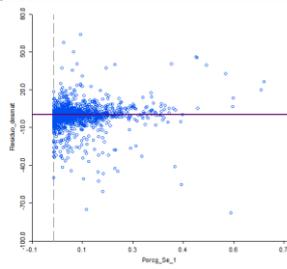
Não Floresta



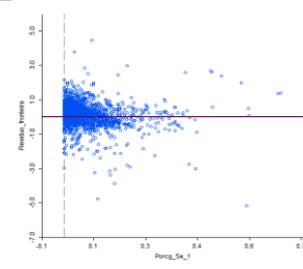
Pasto



Pasto



Vegetação Secundária



Vegetação Secundária

Com base nos trabalhos supracitados que motivaram esta pesquisa e resultados preliminares fez-se necessária a verificação da dependência espacial entre as variáveis. E para tal, aplicou-se o teste de Moran I aos resíduos, obtido através de um teste estatístico de normalidade em que a hipótese nula é de independência espacial ($I = 0$) contra a hipótese alternativa, onde há dependência espacial ($I \neq 0$) (SILVA et al., 2010).

Os resíduos do modelo de regressão clássico foram analisados quanto à autocorrelação espacial por meio do I de Moran. Os resultados obtidos nas regressões e teste de Moran são descritos na tabela abaixo.

Tabela 5. Resultados do ajuste das regressões e análise da dependência espacial global.

Resultados da Regressão	Scatter plot Moran's I
<p>Y = desmatamento acumulado</p> <p>$R^2 = 0.91$ Akaike = 72753.3 Moran = 0.11</p>	
<p>Y = estágios de fronteira</p> <p>$R^2 = 0.88$ Akaike = 4946.96 Moran = 0.08</p>	

O teste de Moran I aceitou a hipótese nula de que há dependência espacial entre as variáveis do modelo e com isso é necessário utilizar técnicas de estatística espacial para correção da dependência espacial entre os dados.

No entanto, apesar do teste ter apresentado a existência de correlação espacial, o valor foi menor do que o esperado, isso pode ser justificado pela pressuposição de parâmetros globais das estatísticas lineares, e em situações onde os fenômenos podem apresentar respostas diferentes conforme a região estudada, as relações podem variar através do espaço quando olhado em uma escala mais refinada. Essa não-

estacionariedade não é captada pelo modelo linear clássico, de modo que o estudo de relações localizadas necessitam de metodologia alternativa.

O termo heterogeneidade espacial, tratado como característico de fenômenos como o desmatamento, diz respeito às variações nas relações entre as variáveis ao longo do espaço. Essas diferentes relações são expressas por diferentes coeficientes das regressões ajustados para cada ponto no conjunto de dados, ponderando as observações em razão da distância a este ponto (Carvalho et al., 2006).

A partir dos resultados observados, pôde-se verificar que as classes de floresta, pasto e vegetação secundária apresentaram dispersão não linear no diagrama de análise dos resíduos (tabela 4), demonstrando uma possível dependência espacial associada a classes de fronteira, visto que, na análise exploratória dos dados, essas classes de uso foram identificadas como as mais significantes na composição das áreas classificadas pela metodologia de fronteiras.

4. Considerações Finais

Baseado nos resultados obtidos, é possível observar que a análise comparativa entre as duas regressões permite identificar uma pequena melhora no índice de Moran para a regressão que busca explica as relações entre o desmatamento e uso com base nos estágios de fronteira, contudo, a diferença não é significativa o suficiente para dispensar a aplicação de modelos espaciais capazes de considerar a componente espacial e seu diversificado comportamento no espaço, a fim de obter uma regressão com associações mais consistentes.

No que tange aos objetivos do trabalho, pôde-se identificar que a não estacionariedade observada no gráfico de dispersão dos resíduos em relação às variáveis explicativas das regressões mostrou a existência de dependência espacial nas variáveis, e estas condisseram com as classes de uso mapeadas na análise exploratória como as mais significativas na composição das classes de fronteira estabelecidas na área de estudo, mostrando que a metodologia de estabelecimento de classe de fronteira pode ser uma forma de mapear dependência espacial local, visto que, ela resultou em aglomerados de células de classes de fronteira com as mesmas características e composição de uso.

5. Agradecimentos

Dedico meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de alguma forma participaram da construção deste trabalho, seja através de auxílio técnico-instrumental, ou ombro amigo quando tudo parecia não dar certo. Aos meus orientadores, prof. Silvana Amaral e prof. Antônio Miguel por toda confiança e apoio. E, principalmente, a amiga Dr. Ana Paula Dal'Asta pela dedicação, boa vontade e generosidade em compartilhar seus conhecimentos, e também aos meus amigos Celso Junior, Lidiane Costa, Catherine Almeida, Camile Sothe e Vinicius Capanema por dedicarem seu tempo em ajudar, tirar dúvidas e enriquecer o trabalho.

Referências Bibliográficas

ALVES, P. A.; AMARAL, S.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Explorando as relações entre a dinâmica demográfica, estrutura econômica e no uso e cobertura da terra no sul do Pará: lições para o Distrito Florestal Sustentável da BR-163. **Geografia**, v. 35, n. 1, p. 165 - 182, 2010.

BECKER, B. K. **A Urbe Amazônida**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.

- BECKER, B.K. **Geopolítica da Amazônia**. Estudos Avançados, 19 (53), 2005.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO A. M.; SPOSATI, A.; ROMAN, R.; KOGA, D.; AGUIAR, A.P.D de. Territórios Digitais: As Novas Fronteiras do Brasil. **Seminário Temático Preparatório para a 3ª CNCTI**. Brasília, 2005.
- FEARNSIDE, P. M. Human carrying capacity of the brazilian rainforest. **Columbia University Press**. New York, 1986.
- FEITOSA, F. **Regressão Múltipla**. Aula. UFABC, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal 2015**. Disponível em < http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em 14 de novembro de 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **PRODES 2010**. Disponível em < <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em 14 de novembro de 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraClass 2014**. Disponível em < http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php>. Acesso em 14 de novembro de 2016.
- KORTING, T. et al. **GeoDMA** (Geographical Data Minig Analyst), INPE, 2008.
- LAPLACE, P. S (1810). M´emoire sur les int´egrales d´efinies et leur application aux probabilit´es, **Mem. Acad. Roy. Sci**, p. 357-360.
- MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. **Banco Mundial**, 2003.
- NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J. e WASSERMAN, W. (1996). **Applied Linear Regression Models**, 3rd Edition. Irwin, Illinois.
- OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, E. S. Deforestation in the Brazilian Amazonia and Spatial Heterogeneity: A Local Environmental Kuznets Curve Approach. **UFJF**, 2011.
- RICHARDS, P.; VANWEY, L. Where Deforestation Leads to Urbanization: How Resource Extraction Is Leading to Urban Growth in the Brazilian Amazon. **Annals of the Association of American Geographers**. University of California. San Diego, 2015.
- SILVA, A. E. P., MUSSIO, F. B., PEREIRA, F. O., ANGELO, J. R., LOURENÇO, L. A. E., DEUS, L. R., CURTARELLI, M. P., ANAZAWA, T. M., SOUZA, U. D. V., MUÑOZ, V. A., **Tutorial De Análise De Regressão Espacial Utilizando Os Aplicativos Terraview e R**, INPE, 2010.
- AGUIAR, A.P.; CÂMARA, G.; ESCADA, M.I.S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, 209, p.169-188, 2007.

FOTHERINGHAM, A.S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships**. John Wiley and Sons, 2002.

TRITSCH, I.; ARVOR, D. Transition in environmental governance in the Brazilian Amazon: emergence of a new pattern of socio-economic development and deforestation. **Land Use Policy**, 2016.

RODRIGUES, A. S. L.; EWERS, R. M.; PARRY, L.; SOUZA, C.; VERÍSSIMO, A.; BALMFORD, A. Boom-and-Bust Development Patterns Across the Amazon Deforestation Frontier. **Science**, 2009

CARVALHO, L. E. X.; SILVA, H. N.; LOUREIRO, C. F. G.; MENEZES, H. B. Regressão Linear Geograficamente Ponderada em ambiente SIG. **Transportes**, Volume XIV, nº 2: 18-26, 2006.

BECKER, B. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 135-159, set. 2001.