

## ANÁLISE DE USO E COBERTURA DO SOLO EM ÁREA DE INVENTÁRIO FLORESTAL EM SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA–AM, COM IMAGENS LANDSAT

Amanda Nery SENA<sup>1</sup>  
Moacir Alberto Assis CAMPOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista Iniciação Científica INPA-PIBI/CNPq;

<sup>2</sup>Orientador CDAM/INPA.

### INTRODUÇÃO

O desmatamento das florestas tropicais, especialmente da Amazônia é um componente importante na compreensão do balanço do carbono, devido as suas implicações com as mudanças climáticas globais. O monitoramento das mudanças na cobertura florestal é atividade fundamental para ações que visam à interrupção do desmatamento, bem como medidas mitigadoras por parte do governo e demais atores envolvidos. Uma das propostas que vem se desenvolvendo de forma gradativa é o pagamento por serviços ambientais. O mecanismo REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento, Degradação florestal, Conservação, Manejo Florestal Sustentável e Aumento dos Estoques de Carbono Florestal) é o modelo para pagamento por desmatamento evitado, adotado pelas Nações Unidas. Este mecanismo requer o conhecimento do desmatamento pretérito. A dinâmica das mudanças na cobertura vegetal permite a quantificação do estoque de Carbono removido da floresta, informação fundamental nos programas para redução das emissões decorrentes do desflorestamento.

No Brasil o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza o monitoramento do desmatamento da floresta amazônica, divulgando anualmente as taxas de desmatamento anuais. Estes dados podem ser utilizados, na elaboração de projetos de Carbono, no que diz respeito à linha de base e estimativa de adicionalidade, porém é necessária uma análise que permita a modelagem das mudanças sob diferentes cenários. Este trabalho propôs realizar uma análise multitemporal das mudanças ocorridas na cobertura do solo, na região de São Gabriel da Cachoeira. Apesar de ter sua área coberta por Unidades de Conservação e Terras Indígenas protegidas, monitoradas e fiscalizadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, este fato não garantiu os resultados que indicam a importância das unidades de conservação na redução do desmatamento (Ferreira *et al.* 2005).

Para o estudo foram utilizadas imagens landsat, mapas temáticos oficiais e dados de campo coletados pela equipe de Inventário florestal do Laboratório de Manejo Florestal – LMF. Utilizando o ambiente SIG as imagens foram processadas, tendo como objetivo obter informações sobre a dinâmica das mudanças ocorridas na área de inventário florestal realizado pelo Laboratório de Manejo Florestal - LMF, em São Gabriel da Cachoeira, AM; analisando a espacialidade das mudanças do desmatamento em quatro ocasiões: 1990, 2000, 2010 e 2015.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de São Gabriel Cachoeira, onde foi realizado um inventário florestal (Sousa 2012) no ano de 2011. São Gabriel da Cachoeira fica na margem esquerda do Rio Negro, a 850 km de Manaus em linha reta. Faz fronteira com a Colômbia e a Venezuela, além de ser o principal acesso ao Pico da Neblina, o ponto mais alto do Brasil, com 3.014 m de altitude. As coordenadas geográficas da área

fica entre as latitudes 0°51'14,241"N e 0°27'27,108"S e longitudes de 67°40'49,923"O e 66°35'8,99"O. A delimitação da área de estudo foi realizada por meio de um retângulo envolvente (*shapefile*) das parcelas do inventário realizado anteriormente. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima do município é Af (RADAM 1976). A vegetação desta área na sua maior parte é de floresta ombrófila densa submontana (acima de 100 metros nesta latitude) e floresta ombrófila densa de terras baixas. Grande parte é coberta por campinaranas e suas transições. Este tipo de vegetação ocorre predominantemente em áreas fronteiriças da Colômbia e Venezuela, sob a forma de disjunções por toda a Amazônia. As campinaranas ocorrem em áreas planas e alagadas, e apresentam fisionomia bastante variada, desde formações campestres até florestais, com árvores finas (IBGE 2012).

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizadas imagens de sensoriamento remoto, da série Landsat, as quais foram baixadas de forma compactadas (formato tif) da plataforma do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey-USGS*), tendo como referência as órbitas/pontos da área estudada 002/060, 003/059 e 003/060. As imagens baixadas e arquivadas para o estudo tiveram suas bandas descompactadas, para que fossem geoprocessadas no ambiente SIG. Além disso, foram utilizadas algumas imagens do acervo do LMF, informações do inventário para análise da área de estudo e imagens SRTM - Missão do ônibus espacial para levantamento topográfico, ocorrida em 2000, esse modelo digital de elevação (MDE) do SRTM. A existência desses dados em cobertura da região permite que se avalie e se desenvolva seu potencial para o mapeamento da vegetação de forma relativamente padronizada, auxiliando na compreensão da interpretação das imagens classificadas durante a edição do polígono de desmatamento. Finalmente, foram utilizados dados temáticos de fontes governamentais (de localidades, reservas, águas, parques, terras indígenas, trilhas, caminhos, rio permanente e aluvião, etc) no formato *shapefile*. O Processamento digital das imagens - PDI foi realizado no *software* Arcgis 10, por meio das etapas de: pré-processamento, classificação, edição de polígonos/cálculo de desmatamento e posteriormente sobreposição das imagens para análise do desmatamento. Na primeira etapa (pré-processamento) do PDI, as imagens passaram por: empilhamento, composição colorida e realce.

Posteriormente foi realizada a classificação utilizando classificadores máxima verossimilhança - MAXVER. Foram estipulado 6 amostras de áreas de treinamento para cada uma das 6 classes: floresta, regeneração, campinarana, água, solo exposto e nuvens. E finalmente foi realizado o delineamento de desmatamento levando em consideração duas classes: regeneração e solo exposto, nos 4 períodos analisados, para alcançar o objetivo do trabalho, auxiliando nas comparações de desmatamento interanuais que foram analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as imagens da área de estudo do ano inicial (1990) pré-processadas, as três imagens foram transformadas em mosaico, que foi processado gerando o mapa de classificação do uso do solo. Por meio da classificação foi possível quantificar a distribuição do uso e cobertura do solo através das classes: floresta, campinarana, regeneração, solo exposto, água e nuvem. Para melhores resultados dos cálculos das áreas das classes, foi realizada a edição manual dos polígonos, onde alguns polígonos foram alterados, corrigindo os números das áreas (ha) de cada classe, gerando um segundo mapa. Comparando os resultados da Classificação inicial com os resultados gerados após as alterações foi observado, que:

- As nuvens cobriam pouco mais de 3% da área de estudo na classificação automática, após a edição de polígonos a classe de nuvens representa pouco mais de 2% de toda a área estudada, apontando uma

diminuição de 1/3 quando comparado ambos os dados. Essa diminuição foi o que alterou a percentagem de floresta após as edições;

- Na edição manual, muitos polígonos foram omitidos durante o processo de classificação automática, o que resultou em um aumento na área de floresta cerca de 10% maior após as correções;
- A classificação inicial identificou os polígonos de sombra de nuvem como solo exposto, com isso a classe de solo exposto que possuía 1,88% da área total, após a edição manual a classe ficou com apenas 0,27% da área total, diminuindo assim 80% após as alterações. Como resultado da correção de polígonos.
- A floresta ocupa a maior extensão; o que já era de se esperar, pois a região está dentro do município que possui Terras Indígenas, Unidades de Conservação e dos quais 80% dos habitantes consideram-se índios (Eloy e Lasmar 2011).
- Em ambos os processos foi identificado que a região possui grande parte coberta por campinarana, sendo a segunda maior classe apresentada. Esse resultado aponta a vegetação da região descrita segundo o IBGE (2012) “grande parte é coberta por campinaranas e suas transições”.

Com relação aos erros de classificação, verificou-se que a principal confusão entre as classes ocorreu por causa da interferência das nuvens, pois as sombras de nuvem tem resposta espectral semelhante às áreas de solo exposto, classificando sombra de nuvem e solo exposto em uma mesma classe, o que foi corrigido por meio da correção manual de polígonos. Segundo Moraes (1999), em toda e qualquer classificação, haverá risco de classificar um objeto em uma classe a qual, ele não pertence. Pois segundo o INPE (2016), que monitora o desmatamento da Amazônia, é impossível obter imagens sem cobertura de nuvens em muitas áreas dessa região.

### **Delineamento de incremento de desmatamento**

Após as correções na classificação das imagens, foram realizados os processos de delineamento nos incrementos de desmatamento nos três períodos: 2000, 2010 e 2015. Para o cálculo das taxas de desmatamento foram consideradas as classes de “solo exposto” e “regeneração”, que são as classes principais para este estudo e “floresta total”. Na classe de “floresta total”, foi incluída a somatória das áreas de: floresta, campinarana, água e nuvem. Verificou-se que nos 25 anos analisados, a ocupação da “floresta total” variou entre 99,23% e 99,35% da área de estudo. As áreas correspondentes à “regeneração” e “solo exposto”; somadas correspondem a menos de 1% nas quatro ocasiões. No período acumulado até o ano inicial da análise (1990) e durante década posterior (até 2000) as taxas de antropização se repetem: 0,39% de área regenerada e 0,27% de área que corresponde à solo exposto. Já a área de regeneração (0,32%) é considerada igual a área de solo exposto (0,33) no terceiro período analisado (2010). A mesma semelhança acontece nos últimos 5 anos analisados (2010-2015): a área de regeneração corresponde à 0,40% similar à área de solo exposto (0,38%). Verificou-se ainda que, nas áreas analisadas (floresta total, regeneração e solo exposto), nas ocasiões 2000, 2010 e 2015, apesar dos polígonos algumas vezes ocorrerem em lugares diferentes (o que demandou edições de polígonos), não houve grandes incrementos nos três períodos posteriores, quando comparadas ao ano inicial (1990). No resultado das taxas de desmatamento, observou-se que não houve grandes mudanças, quando comparados os quatro períodos analisados.

Em um estudo feito sobre desmatamento na Amazônia, Ferreira *et al.* (2005), questionam se áreas protegidas podem ser um instrumento de política pública, usado para a diminuição do desmatamento na Amazônia. Porém, as baixas taxas de desmatamento apontam claramente a importância da área de estudo, ser composta

por áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas), sendo fundamental para conter ou controlar o processo do desmatamento.

### Análise da Dinâmica das Mudanças ocorridas entre as décadas

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os valores referentes às mudanças nas classes de interesse, a partir destas tabelas, foram analisadas como ocorreu a variação da taxa de área antropizada entre as décadas estudadas sequencialmente. Nas áreas desmatadas são consideradas as classes de regeneração e solo exposto. Pois para a classe de solo exposto foram consideradas áreas antropizadas. E na classe de regeneração são áreas em que anteriormente foi solo exposto, ou seja, áreas desmatadas em processo de recuperação da vegetação.

Tabela 1. Percentagem de desmatamento comparando duas décadas: 1990 e 2000.

Classes	1990		2000		Variação	
	Cobertura		Cobertura		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Floresta total	2.335.683,46	99,34	2.335.682,55	99,34	-0,91	0,00
Regeneração	9.190,97	0,39	9.190,97	0,39	0,00	0,00
Solo exposto	6.337,49	0,27	6.338,40	0,27	0,91	0,00
<b>Total</b>	<b>2351211,92</b>	<b>100</b>	<b>2351211,92</b>	<b>100</b>		

Tabela 2. Percentagem de desmatamento comparando duas décadas: 2000 e 2010.

Classes	2000		2010		Variação	
	Cobertura		Cobertura		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Floresta total	2.335.682,55	99,34	2.335.868,87	99,35	1.86,32	0,01
Regeneração	9.190,97	0,39	7.499,99	0,32	-1.690,98	-0,07
Solo exposto	6.338,40	0,27	7.843,06	0,33	1.504,66	0,06
<b>Total</b>	<b>2.351.211,92</b>	<b>100</b>	<b>2.351.211,92</b>	<b>100</b>		

Tabela 3. Percentagem de desmatamento comparando 2010 e 2015.

Classes	2000		2010		Variação	
	Cobertura		Cobertura		Variação	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Floresta total	2.335.682,55	99,34	2.335.868,87	99,35	1.86,32	0,01
Regeneração	9.190,97	0,39	7.499,99	0,32	-1.690,98	-0,07
Solo exposto	6.338,40	0,27	7.843,06	0,33	1.504,66	0,06
<b>Total</b>	<b>2.351.211,92</b>	<b>100</b>	<b>2.351.211,92</b>	<b>100</b>		

Quando comparadas as taxas de desmatamento dos períodos de 1990 e 2000, verificou-se que entre as duas décadas nas áreas de floresta total e as áreas antropizadas (regeneração e solo exposto), as taxas de variações foram pequenas. Sendo que a área de floresta total diminuiu 0,91ha em 2000, quando comparado à década anterior. A área de solo exposto teve um aumento de 0,91ha em 2000, indicando que a área da floresta em 1990 foi desmatada, sendo acrescentada em 2000 como solo exposto. Na área de regeneração entre as décadas não houve variação. Quando comparadas as taxas de desmatamento dos períodos de 2000 e 2010, verificou-se que a variação foi um pouco maior quando comparada à variação de 1990 e 2000, porém ainda são pequenas. A área de floresta total aumentou 186,32, apesar de pequeno (0,01%), foi o dobro se comparado à variação anterior (1990 e 2000). A área coberta por regeneração diminuiu 1690,98ha, correspondente a uma

variação de -0,07%. Analisando os números foi percebido que essa perda foi acrescida em “floresta total”, pois essa já estava em processo de regeneração, devolvendo a vegetação da floresta; mas a área de solo exposto cresceu mais do que foi regenerada. A área de solo exposto aumentou em 1504,66ha em 2010, variando em 0,06% com relação a 2000. Sendo assim, houve uma redução na área da floresta, implicando no aumento da área de regeneração e solo exposto. Quando comparadas às taxas de desmatamento nos períodos de 2010 e 2015, observou-se que, apesar do período não corresponder a uma década, tendo um intervalo apenas de cinco anos, houve maior variação que nos intervalos analisados anteriormente. Isso ocorreu principalmente na área de “floresta”, que perdeu 0,12% de sua área com relação ao período anterior.

Essas taxas estão bem abaixo da taxa de variação de desmatamento para Amazônia legal segundo o INPE (2016), que indica um aumento de 16%, apenas comparando 2015 com o ano anterior 2014, e um aumento de 54% para o estado do Amazonas (sendo o estado mais desmatado da Amazônia legal nesse período). Os dados deste estudo destacam a baixa variação e, portanto, as baixas taxas de desmatamento na área analisada, mesmo sendo num período maior (cinco anos) e onde houve a maior variação da análise de desmatamento do estudo.

### **Comparativo da espacialidade do desmatamento**

As últimas análises correspondem ao comparativo da espacialidade do desmatamento, onde eles geralmente ocorrem, observando seus padrões de estrutura, formas e continuidades. Para que fossem feitas as afirmações quanto ao impacto e importância do desmatamento na área de estudo no Município de São Gabriel da Cachoeira. Para tal análise foram feitos mapas correspondentes ao desmatamento de cada década analisada: 1990, 2000, 2010 e 2015. A análise multitemporal permitiu observar que, a antropização (regeneração e solo exposto) é recorrente próximo às margens dos rios. A maior incidente de desmatamento está localizada na área urbana do município de São Gabriel da Cachoeira. Por meio da geometria e pequena espacialidade dos polígonos, verifica-se que as áreas antropizadas são decorrentes de pequenas agriculturas ou ocupação por pequenas comunidades. Durante a elaboração dos mapas de desmatamento, foi possível verificar que os polígonos identificados como “regeneração”, geralmente áreas de pousio, onde após serem utilizadas pelos pequenos agricultores, são abandonadas por um período que dura entre cinco a dez anos, ocorrendo durante esse período o processo de regeneração daquela área. Este resultado está de acordo com aquele definido por Watrin *et al.* (1996) e Alencar *et al.* (1996 apud Watrin *et al.* 1998), que salientam que os estádios iniciais da sucessão secundária apresentam uma participação mais ativa como componente de pousio da pequena agricultura.

### **CONCLUSÃO**

Ao analisar as mudanças ocorridas entre as décadas foi observado que não houve grandes variações de desmatamento no município de São Gabriel da Cachoeira, durante os últimos 25 anos (1990 à 2015). Com isso o estudo possibilitou afirmar que o fato do município possuir TI (Terras Indígenas) e Unidades de Conservação (UC) ainda tem inibido efeitos de grande impacto como ocorre em outros municípios do estado, tendo papel fundamental na proteção da floresta. Além das taxas de desmatamentos nos anos analisados não apresentarem grandes impactos, as áreas desmatadas (área de cada polígono) não possuem grande espacialidade e geralmente ocorrem paralelas e próximas as margens dos rios, seguindo um padrão que descreve o uso da terra como sendo utilizadas por pequenos agricultores ou a ocupação por pequenas

comunidades. Apesar do resultado do estudo, ser positivo por está abaixo das taxas de desmatamento da Amazônia é necessário salientar, que a maior parte das mudanças ocorre próxima às estradas e na sede distrital do município de São Gabriel da Cachoeira, o que contribui para afirmativas de que o homem desempenha o papel de maior devastador da floresta e de seus recursos. Ao mesmo tempo esse estudo demonstra a importância das áreas protegidas e de constituir direitos aos indígenas para manejarem suas terras valorizando suas tradições, preservando a cultura e conservado a floresta Amazônica. Afinal o município é o maior do estado do Amazonas em extensão territorial e tem papel essencial proteção da floresta Amazônica contra o desmatamento.

## REFERÊNCIAS

- Eloy, L; Lasmar, C. 2011. Urbanização e transformação dos sistemas indígenas de manejo de recursos naturais: o caso do alto rio Negro (Brasil). *Acta Amazonica*, 91-102.
- IBGE. 2012. *Manuais Técnicos de Geociências: Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2ed. IBGE, Rio de Janeiro. 271p.
- INPE. 2016. Prodes. <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 20/01/2016.
- IPAM. 2015. Floresta Amazônica perde equivalente a 85% de Manaus em 12 anos. (<http://www.ipam.org.br/noticias/Floresta-Amazonica-perde-equivalente-a-85-de-Manaus-em-12-nos/2978>). Acesso em: 10/09/2015.
- Lima, L.T. 2014. *A paisagem costeira do Rio Grande do Sul: leitura e interpretação das propriedades fisionômicas do espaço como estratégia de planejamento e gestão do território*. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Gerenciamento Costeiro). Universidade Federal do Rio Grande/FURG). 163p.
- RADAM. 1976. Departamento Nacional de Produção Mineral. Folha 19 Pico da Neblina: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro.
- SIPAM. PROAE - Programa de Monitoramento de Áreas Especiais Identificação do Desmatamento nas Unidades de Conservação das Unidades de Conservação do Amazonas. Divisão de Sensoriamento Remoto. 2008. <http://www.sipam.gov.br/@@busca?SearchableText=PROAE>. Acesso em: 10/03/2015.
- Sousa, M.M.P. 2012. *Estrutura e composição das comunidades de árvores na bacia do alto rio Negro*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia vegetal, Fitogeografia, Sistemática e Taxonomia vegetal, Botânica aplicada, Biologia vege) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 91p.
- USGS. 2015. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10/12/2015.
- Watrin, O.S.; Venturieri, A.; Sampaio, S.N. 1998. Análise Multitemporal do Uso da Terra e suas Interrelações com a Cobertura Vegetal em Comunidades Rurais do Nordeste Paraense. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos: INPE, 11-18 setembro 1998. *Anais IX*, p. 1573-1583.