

Análise da evolução das estradas no módulo IV da Flota/AP, Amapá-Brasil dos anos de 1985 a 2008.

Cynthia Pereira de Oliveira¹
Valdenira Ferreira dos Santos²
Euryandro Ribeiro da Costa³
Robson Borges de Lima⁴
Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira¹
Marta Vieira da Silva²
Eleneid Doff Sotta⁵

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

s/n - 52171-900 - Recife - PE, Brasil

{cynthia_ueap@hotmail.com; rinaldo@dcfl.ufrpe.br}

² Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

s/n - 68912-250- Macapá - AP, Brasil

{valdenira.ferreira@gmail.com; mvsilva.ap@hotmail.com}

³ Instituto Estadual de Florestas do Amapá – IEF-AP

Nº 90 - 68900-081- Macapá - AP, Brasil

{euryandro@gmail.com}

⁴ Universidade do Estado do Amapá - UEAP

Nº 650 - 68900-070 - Macapá - AP, Brasil

{rbl_florestal@yahoo.com.br}

⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA-AP

Caixa postal 10 - 68903-419 - Macapá - AP, Brasil

{esotta@cpafap.embrapa.br}

Abstract. The construction of roads has been accelerating the occupation of the Amazon and contributing for the increasing rates of deforestation in the region. Opened in the 1960s through the governmental program National Integration Plan, roads connected the northern region with the rest of the country, there were two different kinds of roads in the region: official and non-official. The goal of this study was analyse the road network evolution using remote sensing technics aiming to identify its relation in the context of land use change in the module IV of Amapá State Forest – FLOTA/AP. Fourteen images of Landsat 5/TM, scenes 226/057 and 226/58 from the years 1985, 1989, 1991, 1997, 2000, 2004 and 2008. The optimum index factor (OIF) was calculated, which was possible to obtain the colored combination R5G2B6. Roads were vectorized from visual interpretation. Increased roads was calculated. Officials roads identified were BR-156, EAP-260 e EAP-310. Non-official roads were AP-130 and road branches of access to agrarian settlement, villages and mining areas. Studies of the evolution of the road network showed that roads with the greatest increase were not -oficiais type, this may generate messy advance serious environmental and socioeconomic area of conservation unit in focus impacts.

Palavras-chave: road network, remote sensing, image processing, multi-temporality, rede viária, sensoriamento remoto, processamento de imagens, multitemporalidade.

1. Introdução

As estradas têm sido reconhecidas como fatores importantes que afetam a cobertura e uso da terra, nos ambientes tropicais e temperados. Em escala regional, as estradas são construídas pelos governos para melhorar a acessibilidade das regiões ricas em recursos por causa do desenvolvimento nacional. Na escala local, a construção de estradas envolve a expansão de infraestrutura local por pessoas que procuram explorar os recursos para benefício privado (Arima, 2005).

Segundo Brandão Jr. e Souza Jr (2007) as estradas na Amazônia são os principais vetores de ocupação, havendo dois tipos predominantes: estradas oficiais construídas na década de 70 pelo governo federal conectando a região Norte ao

Brasil; e as estradas não-oficiais de abrangência local construídas pela iniciativa privada e não aparecem nos mapas oficiais do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A utilização de dados de sensoriamento remoto, sobretudo o orbital, como auxílio ao planejamento das atividades ligadas aos recursos naturais e ao meio ambiente está consagrada mundialmente e vem facilitando sobremaneira as pesquisas executadas nos diferentes ecossistemas (Sá, 2004).

Técnicas de Sensoriamento Remoto aliadas ao uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são de grande importância no estudo e na preservação dos recursos naturais da terra, uma vez que nos leva a lugares de difícil acesso bem como facilita no acompanhamento dos processos dinâmicos da natureza (Ribeiro e Maracajá, 2008).

De acordo com Mcgrath et al.(2010) a construção de rodovias na Amazônia é uma questão polêmica, pois ao mesmo tempo em que o acesso rodoviário é considerado essencial para o desenvolvimento regional desencadeia um processo de ocupação que leva o desflorestamento. A história recente da construção de rodovias na Amazônia é uma série de repetitivos ciclos de “boom” na fase de ocupação seguido por colapso quando os recursos madeireiros ficam esgotados e a maior parte da floresta convertida em pastos improdutivos.

O Amapá possui uma área total de 142.814,585 Km², destacando-se no cenário nacional e internacional como o Estado que mantém a cobertura vegetal mais preservada do Brasil, contribuindo, dessa forma, para a conservação e uso sustentável da biodiversidade do planeta, com cerca de 72% do seu território transformado em áreas protegidas, distribuídas em dezessete (17) unidades de conservação e cinco (5) terras indígenas. O conjunto dessas áreas forma o Corredor da Biodiversidade do Amapá (Amapá, 2007).

A implantação da Floresta Estadual do Amapá constituiu um dos eixos principais da política de desenvolvimento sustentado da economia florestal do estado, tendo como objetivo garantir o uso racional dos recursos florestais, suprimento de matéria-prima, além de aumentar o controle e o retorno social da atividade florestal (PAOF, 2010).

Baseando-se nessas informações, o presente estudo teve como objetivo analisar a evolução da rede viária nos anos de 1985, 1989, 1991, 1997, 2000, 2004 e 2008 com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto visando identificar sua relação com a alteração do uso e cobertura do solo no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá-FLOTA/AP.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A área da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) é dividida em 4 módulos (Figura 1), abrangendo cerca de 2.369.400 ha de área geograficamente descontínua. O estudo foi desenvolvido no Módulo IV da FLOTA/AP e entorno, localizando-se na porção Norte do Estado, abrangendo os municípios de Calçoene e Oiapoque, se estende entre as coordenadas 02°24'32" e 04°01'12" de latitude Norte e 51°38'59" e 52°00'04" de longitude Oeste, e é delimitada por duas bacias hidrográficas, ao norte a bacia de Oiapoque e ao sul a bacia de Calçoene.

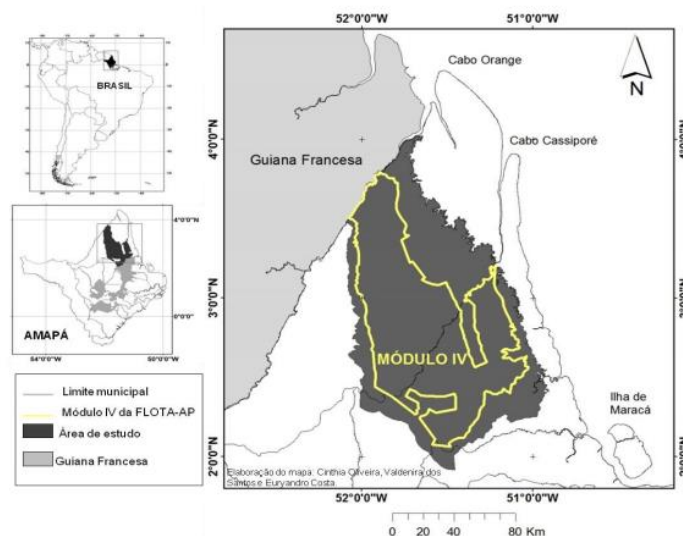


Figura 1. Área de estudo localizada no Módulo 4 da Floresta Estadual do Amapá e entorno

Segundo Peres et al. (1974) o clima é quente e úmido, e de acordo com o clima é do tipo Sub-Termaxérico, marcado por períodos secos de 1 ou 2 meses (Agosto a Outubro), e o mais chuvosos iniciando em Dezembro. Os domínios florísticos são em grande parte, compostos por Floresta Densa de Terra Firme. De acordo com os dados ZEE (2008), este domínio ocupada cerca de 103.081,58 Km² do Estado pode ser dividida em Sub-montana e de Baixos platôs.

2.2. Imagens Landsat

Para a realização do trabalho foram utilizadas 14 cenas do Landsat TM5, pontos/órbitas 226/057 e 226/058, duas cenas para cada um dos anos de 1985, 1989, 1991, 1997, 2000, 2004 e 2008. As imagens utilizadas foram disponibilizadas a partir da base de dados do projeto REDD+ FLOTA, com correção atmosférica, registradas entre si e com índices de nuvens menores que 30%, nas imagens foram utilizadas as bandas 1,2,3,4,5 e 6 (banda termal), a última, não sendo possível ser calculada a correção atmosférica e passou por um processo de reamostragem de pixels para poder ser utilizada com as demais bandas.

2.3. OIF (*Optimum Index Factor*)

Para minimizar as informações perdidas da geração da composição colorida de cada uma das imagens analisadas foi utilizado o OIF (*Optimum Index Factor*). Segundo Jensen (1996)

quando aplicado a qualquer conjunto de dados multiespectrais de sensores remotos o OIF analisa as possibilidades de composições coloridas através de dados estatísticos obtidos da imagem.

Para a realização do cálculo do OIF (*Optimum Index Factor*) foi utilizada a imagem do satélite Landsat5 *TM* do ano de 1985, órbita ponto 226/57, onde primeiramente foi necessário encontrar o número de combinações possíveis entre as 6 bandas (1,2,3,4,5 e 6) da imagem utilizando análise combinatória (Equação 1):

$$C_{m,n} = \frac{m!}{(m-n)!n!} \quad (1)$$

Onde:

m: número total de bandas

n : número de bandas em uma composição colorida

m! : Fatorial de bandas

n!: Fatorial do número de bandas em uma composição colorida

C_{m,n} : Combinações (número) de composições coloridas possíveis

O procedimento seguinte foi realizar o cálculo da estatística univariada das bandas da imagem de 1985 utilizando o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.0.5. A partir dos resultados obtidos da estatística foi realizado o cálculo do OIF (Equação 2), baseando-se no total de variância e de correlação existente dentro e entre as variadas combinações de bandas encontradas na análise combinatória, empregando a equação a seguir:

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 S_k}{\sum_{j=1}^3 r_j} \quad (2)$$

Onde:

S_k : desvio padrão da banda “k”

r_j : coeficiente de correlação absoluta 2 a 2 entre as 3 bandas utilizadas, onde j representa cada um dos coeficientes de correlação possíveis em número de 3.

Com os valores de OIF encontrados para cada uma das combinações possíveis, onde foi um ranking feito decrescente dos valores, no qual foram testadas visualmente para verificar a composição colorida que mais realçava as alterações por estradas no solo, obtida a melhor composição colorida RGB, foram gerados os mosaicos das imagens Landsat TM5 órbita ponto 226/57 e 226/58 para todos os anos.

2.4. Mapeamento e classificação das estradas

As estradas foram vetorizadas como linhas a partir da ferramenta “edição vetorial” do software SPRING versão 5.0.5 utilizando o método de interpretação visual dos mosaicos gerados em cada ano. As extensões das estradas foram calculadas em quilômetros e realizada a análise multitemporal da evolução da rede viária do Módulo IV da FLOTA-AP nos períodos entre 1985 e 2008 a partir do cálculo da taxa de incremento e sua integração em um SIG (ArcGIS, versão 9.2)

A categorização das estradas em relação a sua oficialidade foi realizada a partir do mesmo critério de Brandão Jr. e Souza Jr.(2007), adotando somente duas classes: estradas oficiais e estradas não oficiais, em que apenas as estradas identificadas pelo Departamento

Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE são consideradas oficiais.

O mapa da evolução da rede viária do módulo IV da FLOTA-AP do período entre 1985 à 2008, foi gerado a partir do *software* ArcGis versão 9.2 utilizando as estradas vetorizadas em formato *shapefile* e os dados vetoriais da área de estudo.

3. Resultados e Discussão

A imagem Landsat TM5 órbita ponto 226-57 do ano de 1985 apresentou 20 combinações possíveis de tripletes e verificou-se que a melhor composição colorida (RGB) do triplete do ranking 19ª posição com as bandas 5,2,6 (R5G2B6), utilizada na interpretação visual das estradas (Figura 2).



Figura 2. Melhor composição colorida R5G2B6 obtida a partir do cálculo do OIF em imagens Landsat TM5.

As estradas identificadas na área de estudo nos períodos entre 1985 e 2008 foram de categoria oficial e não-oficial. Entre as estradas oficiais encontradas teve a rodovia federal BR-156 e as rodovias estaduais AP-260 e AP-310. Nas estradas não-oficiais foram encontrados ramais de acesso e trilhas atualmente abandonadas.

Para o cálculo de incremento das estradas (Tabela 1) adotou-se o ano de 1985 como o ano zero e o seu incremento foi contado a partir do ano seguinte 1989.

Tabela 1. Cálculo de incremento da evolução da rede viária do Módulo IV da FLOTA-AP e área de entorno nos anos de 1985, 1989, 1991, 1997, 2000, 2004 e 2008, elaborado a partir das estradas vetorizadas.

PERÍODO	ESTRADAS OFICIAIS (KM)	INCREMENTO DAS ESTRADAS OFICIAIS (KM)	INCREMENTO DAS ESTRADAS OFICIAIS(%)	ESTRADAS NÃO-OFFICIAIS	INCREMENTO DAS ESTRADAS NÃO-OFFICIAIS (KM)	INCREMENTO DAS ESTRADAS NÃO-OFFICIAIS(%)
1985	286,35	-	-	149,61	-	-
1985-1989	291,28	4,93	2,00	149,63	0,02	-
1989-1991	314,71	23,43	8,00	220,12	70,49	47,00
1991-1997	314,71	-	-	254,26	34,14	23,00
1997-2000	314,71	-	-	255,78	1,52	1,00
2000-2004	314,71	-	-	266,71	10,93	7,00
2004-2008	314,71	-	-	288,62	21,91	15,00

A partir dos valores de incremento foi possível verificar que o crescimento total das estradas identificadas foi de 603,33 Km do período entre 1985 a 2008. Verificando-se um incremento maior das estradas não-oficiais com 139 km de extensão em relação as estradas oficiais que teve somente um acréscimo de 28,36 km. A partir do ano de 1991 houve a estagnação do incremento das estradas oficiais. O mapa gerado da evolução da rede viária de 1985 à 2008 pode ser visto na Figura 3.

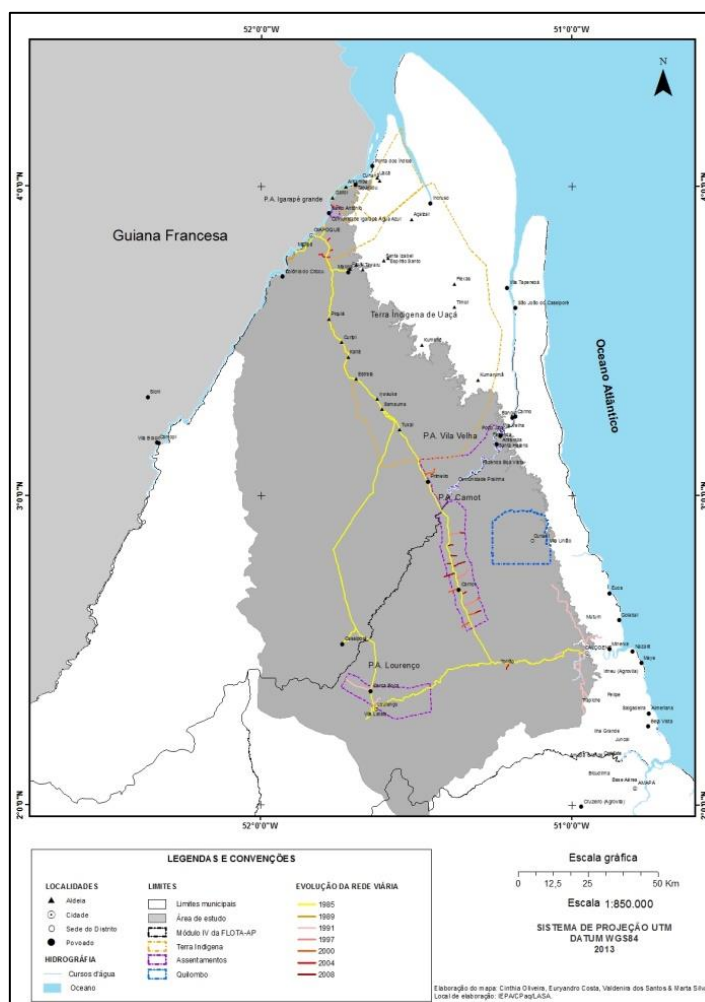


Figura 3. Mapa da Evolução da Rede Viária de 1985 à 2008.

Os estudos da evolução da rede viária apontaram que ao longo de sua evolução, as estradas com maior incremento foram do tipo não -oficiais, com um aumento em torno de 93% para o período analisado (1985-2008). O aumento está associado a abertura de ramais de acesso a projetos de assentamentos agrários, fazendas, aldeia indígena e garimpos.

A predominância estradas não-oficiais encontradas, foi também visto por Souza Jr et al (2005) que definiu as estradas não-oficiais (endógenas) como a nova dinâmica de ocupação na Amazônia

4. Conclusões

O resultado deste quadro evolutivo correlacionado com os trabalhos em realização a respeito das mudanças no uso e ocupação do solo na área permitirá estabelecer relações com as taxas de desmatamento calculadas no projeto, para fins de modelagem ambiental para pagamento por serviços ambientais.

Com base nos estudos feitos e nos resultados obtidos pode-se concluir as estradas não-oficiais estão definindo uma nova dinâmica de ocupação na área e avançam desordenadamente podendo gerar graves impactos ambientais e socioeconômicos a área da unidade de conservação em foco.

Agradecimentos

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá (CPAq/LASA), aos meus orientadores do trabalho de conclusão de curso em engenharia florestal Euryandro Ribeiro Costa e Valdenira Ferreira dos Santos e aos e todos que fizeram ser possível a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

AMAPÁ, Unidades de Conservação, Secretária do Estado do Meio Ambiente –SEMA-AP, 2007.

ARIMA, E. Y. **Loggers and forest fragmentation: behavioral and computational models of road building in the Amazon basin**. 2005. Dissertation (Ph.D. in Geography) - Michigan State University, Michigan. 2005.

BRANDÃO JR, A. O.; SOUZA JR, C. M.; RIBEIRO, J. G. F.; SALES, M. H. R. Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 2357-2364. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.47/doc/2357-2364.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2014.

JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2a ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 544 p.

MCGRATH, D.; ALENCAR, A.; COSTA, R. O Planejamento participativo da Br-163: Um estudo de caso da implantação de grandes projetos de infraestrutura rodoviária na Panamazônia. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia Cenários e desafios para a governança socioambiental Brasília, DF, 2010.

PAOF, Plano de outorga florestal do Amapá, 37p. 2010.

PERES, R. N.; SERRUYA, N. M.; VIEIRA, L. S. Levantamento exploratório de solos. In: BRASIL, DNPM. Projeto RADAM. Folha NA/NB 22. Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. p.1 -120.

RIBEIRO, G. N.; MARACAJÁ, V. P. B. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no estudo dos recursos naturais. *Revista Verde*. Mossoró. v.3, n.1, p.2241, 2008.

SÁ, I. B. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas para o estudo da cobertura vegetal. In: Reunião Nordestina de Botânica. Petrolina, 27., 2004, Petrolina. **Anais...** SBB; EMBRAPA Semi-Árido; UNEB, 2004. Artigos, p. 15-20. Online. Disponível em:<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/153083>> Acesso em: 07 nov. 2014.

SOUZA JR, C.; BRANDÃO JR, A.; ANDERSON, A.; VERÍSSIMO, A. Avanço das Estradas Endógenas na Amazônia. Nº 1 IMAZOON, 2005.

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico. Primeira aproximação do zoneamento ecológico econômico do Amapá. Relatório final. Versão simplificada. Macapá: IEPA ZEE, 2008. 106 p.