

Monitoramento de antropismo na Amazônia em período de intensa cobertura de nuvens: a experiência do CR-Belém/CENSIPAM no programa Amazônia-SAR

Carlos Eduardo Pereira Tamasauskas¹
Nicola Saverio Holanda Tancredi¹
Ulisses Silva Guimarães¹

¹ Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia / Centro Regional de Belém (CENSIPAM/CR-BE)

Av. Júlio César 7060 – 66820-000 – Belém – PA - Brasil

carlos.tamasauskas, nicola.tancredi, ulisses.silva@sipam.gov.br

Abstract. The Amazon-SAR Program for Environmental Monitoring of the Operations and Management Center of the Amazon Protection System uses microwave images as input matrix for mapping anthropic Amazon in periods of high cloud cover, especially in the months of October year to April of the following year. The base year of the Amazon SAR corresponded to the period from October / 2013 to March / 2014 and monitored an area of about 491,000 km². This paper presents the products of the CR-Belém - Regional Center of Belém. We conducted analysis of 14 segments SAR dated 10 and 11 December 2013, with average dimensions of 20 km x 150 km (3,000 km²) and spatial resolution of 6 meters, totaling approximately 32,000 km². Obtained as a result of anthropic : 1742 deforestation polygons, 35 features gold-mining and 11 airstrips, products relating to Lot 1. The kappa value found was 0.61, which corresponds to a "good" rating. Besides the need for data validation, data is returned from the field of environmental enforcement actions and the program structure that permits the use of data from other environmental agencies will promote and consolidate the Amazon-SAR as an important program that helps with environmental protection of the Amazon.

Palavras-chave: remote sensing, anthropic, microwave, amazon-sar, sensoriamento remoto, antropismo, micro-ondas, Amazônia-sar.

1. Introdução

O Programa de Monitoramento Ambiental Amazônia-SAR do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia utiliza imagens de micro-ondas como insumos matriciais, complementando os principais Programas de Monitoramento Ambiental já existentes, possuindo como vantagem a geração de dados em períodos com elevada cobertura de nuvens, em especial nos meses de outubro do ano corrente a abril do ano seguinte (INPE, 2008). Neste período, os órgãos executores da Política Nacional de Meio Ambiente, como o IBAMA e ICMBio, que atuam em ações de fiscalização ambiental em campo, são um dos principais órgãos afetados pelo funcionamento restrito dos programas de monitoramento que subestimam a real quantidade de área desmatada, visto que muitas vezes mais de 80% do território amazônico está recoberto por nuvens.

Nesse sentido, um programa de monitoramento que detecte antropismos (desflorestamento, mineração ilegal, etc.) em períodos de grande incidência de nuvens na Amazônia é de grande importância para coibir ações predatórias que podem não ser detectadas e/ou serem detectadas tardiamente pelos sistemas de monitoramento que utilizam sensoriamento remoto óptico, o qual sofre interferência das nuvens. Assim, o CENSIPAM se inseri como um Órgão parceiro nas ações de monitoramento ambiental da Amazônia por meio de seu aparato tecnológico de sensoriamento remoto aerotransportado que opera na faixa de micro-ondas.

Deste modo, o presente estudo apresenta os resultados de monitoramento de antropismo efetuada pela equipe técnica do Centro Regional de Belém/CR-Belém do CENSIPAM em uma das áreas alvo de imageamento do Programa Amazônia-SAR, o qual operou de Outubro de 2013 a Março de 2014.

2. Metodologia de Trabalho

O programa Amazônia-SAR foi desenvolvido a partir dos procedimentos metodológicos abaixo:

- ❖ Imageamento com a aeronave SAR-R99;
- ❖ Processamento dos Dados;
- ❖ Mapeamento dos alvos de interesse;
- ❖ Análise e Validação dos dados.

Os dados matriciais foram obtidos pelos dois sensores ativos que operam nas bandas X (polarização HH) e L (polarizações HH, HV, VH, VV) e ocorreu nas áreas indicadas pelo mapa de densidade (Kernel) produzido a partir dos dados de desmatamento do PRODES 2012. A Figura 1 ilustra as áreas de imageamento.

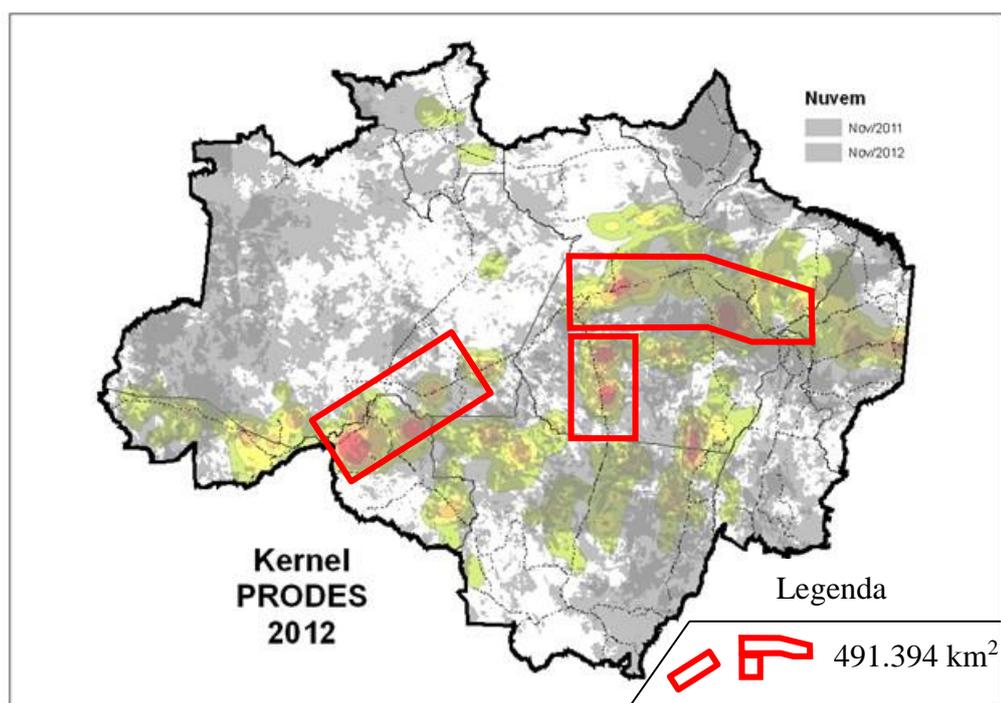


Figura 1 – Áreas selecionadas para imageamento (maior pressão antrópica)

Para o processamento dos dados matriciais e vetoriais foram utilizados os softwares ArcGIS 10.2® e QuantumGIS 2.2.0 Valmiera e definiu-se como ano base de análise de antropismo o ano de 2013 e como referência de temporalidade a máscara do PRODES 2012-2013.

3. Resultados e Discussão

A geração das imagens seguiu o fluxograma padrão para processamento dos dados SAR/SIPAM que se inicia com o planejamento da missão, o sobrevoo/imageamento com a aeronave R99 que registra os sinais de retorno dos sensores ativos, recebimento dos dados na estação de processamento para conversão em imagens digitais, análise/controle de qualidade das imagens e backup dos dados. O controle de qualidade busca identificar efeitos como desfocalização, arrastes, feições duplicadas, multicaminhamentos e deslocamentos entre os segmentos, sendo que tais problemas são informados em nota técnica (SIPAM, 2008). A próxima etapa foi o ajuste geométrico das imagens geradas, utilizando como base a imagem do satélite LANDSAT 8 que é gerada a partir da fusão entre sua imagem multibandas, composição R6G5B4/pixels de 30 metros, e a imagem pancromática de alta resolução, Banda 8/pixels de 15 metros (USGS, 2013). A Figura 2 ilustra o processo de ajuste geométrico dos segmentos SAR/R99 no ambiente do software ArcGIS 10.2, no qual cada faixa é fatiada em 3 partes

equivalentes sendo coletado em torno de 6-8 pontos de controle para execução do procedimento de correção geométrica.

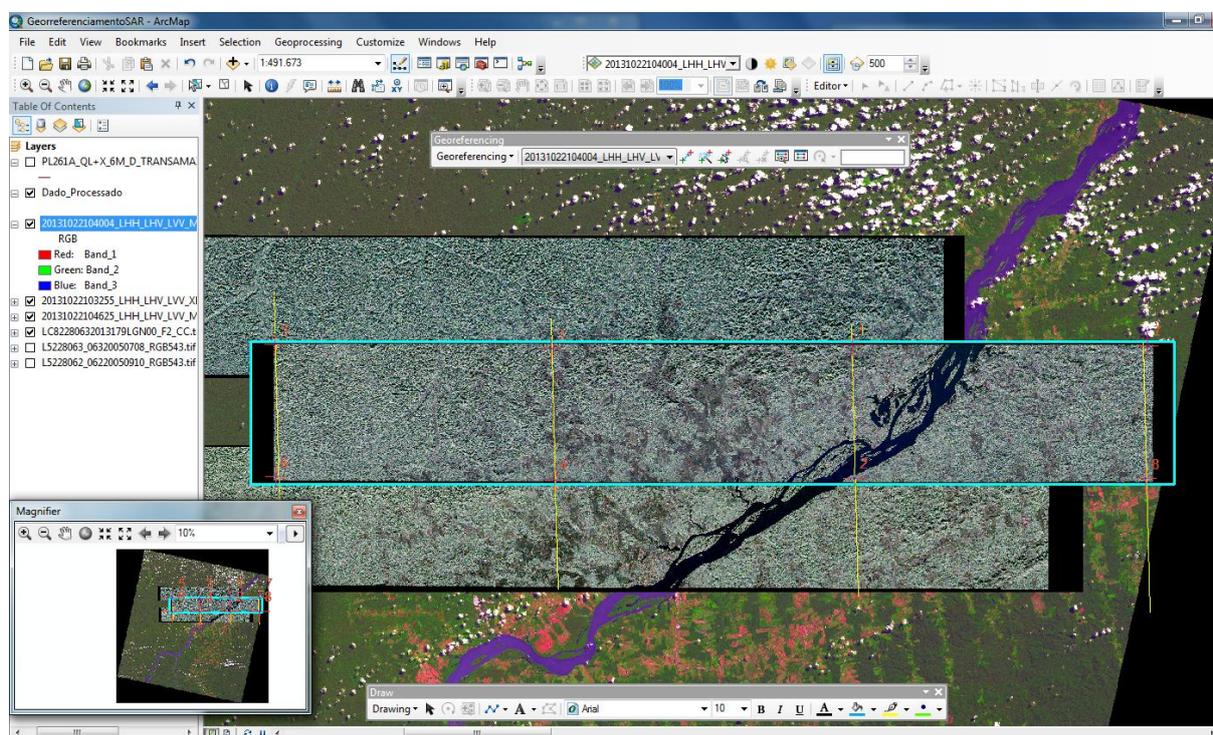


Figura 2 – Correção geométrica de segmentos SAR/R99

Visando mapear somente as áreas antropizadas ainda não identificadas optou-se por utilizar como máscara de desflorestamento os dados digitais (polígonos) do PRODES 2012-2013 (INPE, 2013). O procedimento de mapeamento de alvos de interesse (feições de antropismo) visou a identificação de 3 classes de alvos, conforme orientações metodológicas disponíveis em SIPAM (2009):

1- classe desflorestamento (geometria de polígono): corresponde à área que sofreu supressão florestal sob a forma de corte raso e onde é possível identificar, também, áreas de exploração madeireira em estágio avançado, sendo visualizados as cicatrizes de estradas, ramais de arraste e pátios para estocagem de madeiras no interior da floresta antropizada.

2- classe garimpo (geometria de polígono): áreas que apresentam feições características de exploração mineral irregular estando localizadas, principalmente, próximas a rios, o que descaracteriza a paisagem local devido a constante movimentação de sedimentos.

3- classe pistas de pouso (geometria de ponto): apresentam forma retangular e alongada no meio da floresta, o que permite serem facilmente identificados na paisagem.

Como exemplo da atividade de monitoramento de antropismo por imagens de radar SAR/R99 temos o resultado da interpretação visual de 14 segmentos SAR (Lote 01) datados de 10 e 11 de dezembro de 2013, com dimensões médias de 20 km x 150 km (3.000 km²) e resolução espacial de 6 metros, totalizando cerca de 32.000 km², já excluídas as áreas de sobreposição das faixas. Assim, foram mapeados 1.742 polígonos de desflorestamento, 35 feições de garimpo e 11 feições pontuais de pistas de pouso. A Figura 3 ilustra uma feição de cada tipo de alvo mapeado na imagem SAR/R99.

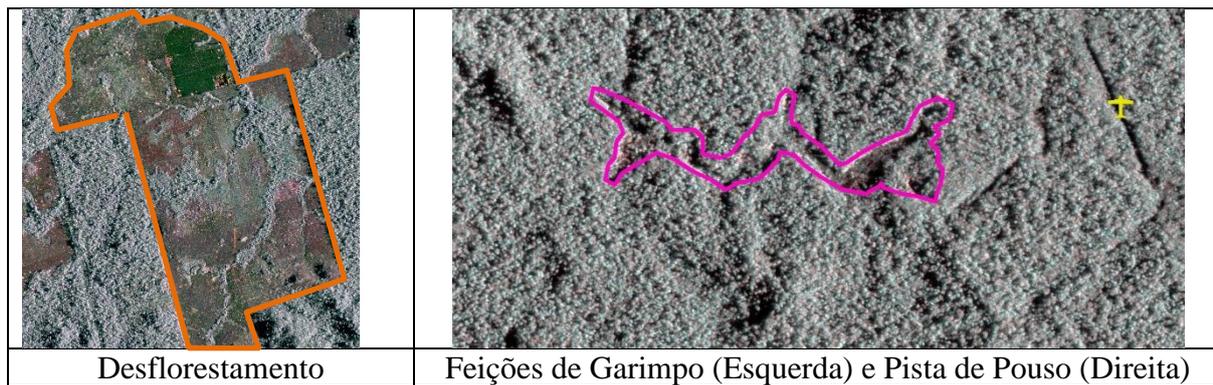


Figura 3 – Visualização dos alvos mapeados na imagem SAR/R99

Ao final da análise dos 14 segmentos de imagens SAR/R99, temos os primeiros produtos de antropismos correspondentes ao Lote 01 do ano base do Programa Amazônia SAR 2013-2014, os quais são ilustrados pela Figura 4.

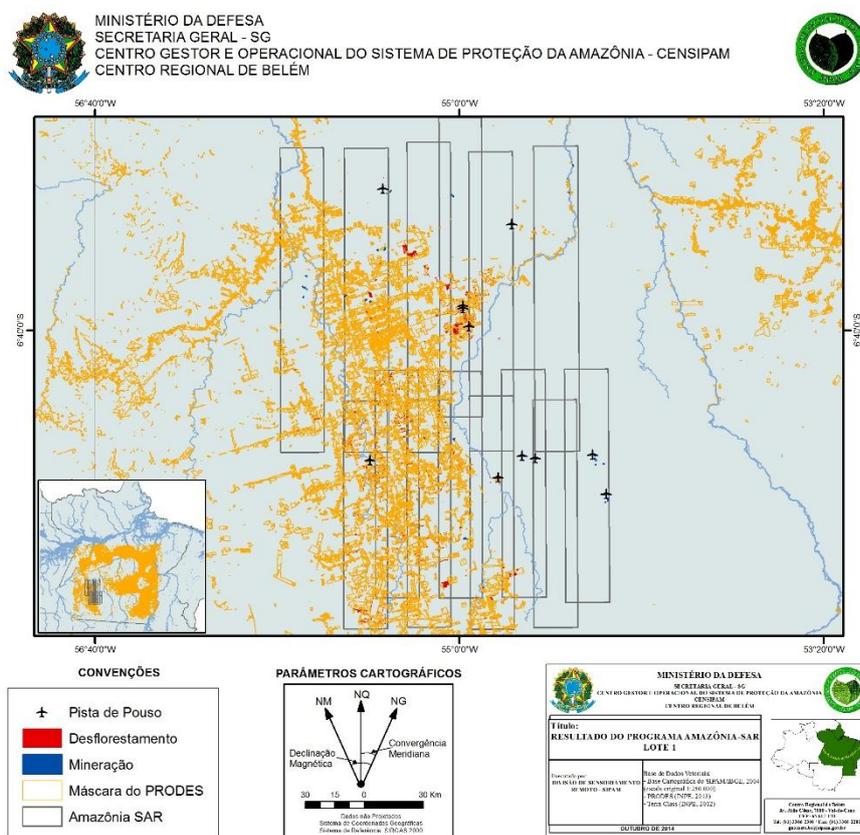


Figura 4 – Localização dos produtos de antropismos do Lote 1

Do total de alvos de desflorestamentos identificados, 1.091 polígonos apresentaram tamanhos inferiores a 6,25 hectares e área total de 2.889,80 hectares, isto significa uma capacidade de mapeamento em áreas inferiores às monitoradas pelo PRODES (INPE, 2013). Houve 538 polígonos entre 6,25 – 25 hectares, atingindo 6.223,80 ha; e 107 polígonos acima de 25 hectares, com 8.853,70 ha.

Acerca da classe de mineração encontraram-se 35 feições, das quais 21 com menos de 6,25 ha, somando 50,7 ha; 11 polígonos com áreas entre 6,25 – 25 ha (128,3 ha), e 116,2 hectares na categoria superior a 25 hectares englobados em 3 polígonos, ressaltando que esta última categoria é a área mínima mapeada pelo Programa DETER. Já em relação à classe pista de

pouso, foram identificados 11 pontos de pistas de pouso que podem ser pistas clandestinas que auxiliariam atividades ilegais. Os resultados obtidos podem ser melhor visualizados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Áreas das classes de antropismos mapeadas.

| Classes de feição por área | Desflorestamento (ha) | % | MINERAÇÃO (ha) | % |
|----------------------------|-----------------------|------------|----------------|------------|
| Área < 6,25 (ha) | 2.889,80 | 16 | 50,7 | 17 |
| Área ≥ 6,25 e ≤ 25 (ha) | 6.223,80 | 35 | 128,3 | 44 |
| Área > 25 (ha) | 8.853,70 | 49 | 116,2 | 39 |
| TOTAL | 17.967,3 | 100 | 295,2 | 100 |

Tomando por base os resultados obtidos, percebe-se a importância de um programa de monitoramento ambiental com base em imagens SAR. Tal afirmativa é reforçada ao levar em consideração a cobertura de nuvens ocorrida no período de abrangência do citado programa de monitoramento, o qual operou no período de maior incidência de nuvens na Amazônia, como pode ser verificar na Tabela 2 e Figura 5 abaixo.

Tabela 2 – Área de cobertura de nuvens no período Out./2013 – Mar./2014.

| Período de operação do Amazônia-SAR | Cobertura de nuvens (Km ²) | %* |
|-------------------------------------|--|----|
| out/13 | 109.586,53 | 22 |
| nov/13 | 323.904,97 | 66 |
| dez/13 | 358.863,18 | 73 |
| jan/14 | 355.588,48 | 72 |
| fev/14 | 482.979,73 | 98 |
| mar/14 | 394.221,33 | 80 |

* Percentual relacionado a área de cobertura de nuvens pela área total (491.394 km²) do Programa Amazônia-SAR 2013-2014.

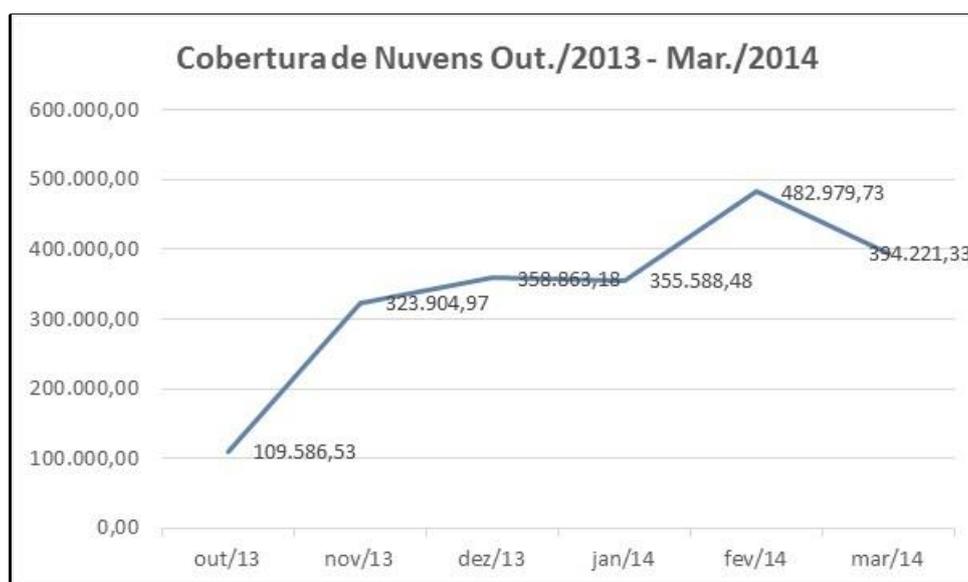


Figura 5 – Cobertura de Nuvens de Out./2013 a Mar./2014

Como podemos notar, as áreas indicadas para monitoramento pelo Amazônia-SAR sofreram um aumento de cobertura de nuvens com o passar dos meses, problemática que iria

interferir no monitoramento baseado em sensoriamento remoto óptico, o que não ocorreu no programa de monitoramento em questão.

Para avaliar a qualidade do mapeamento gerado, efetuou-se a validação dos dados a partir da imagem rapideye 2135722, datada de 25/07/2012. A Figura 6 ilustra a classificação efetuada em 2 classes: floresta e desflorestamento.



Figura 6 – Resultado da classificação da cena rapideye 2135722, de 25/07/2012

Os resultados apontaram que de um total de 1729 pontos randômicos escolhidos na cena rapideye apresentada acima, 1396 apresentaram acertos, registrando acurácia total de 80,74%. A Tabela 3 apresenta a matriz de confusão gerada, que possibilitou o cálculo do índice *kappa* e validação dos dados.

Tabela 3 – Matriz de Confusão para validação dos dados

| Classes | Desflorestamento | Floresta | Total | Erro de Comissão (%) | Acurácia (%) |
|---------------------|------------------|----------|-------|-----------------------------|--------------|
| Desflorestamento | 868 | 20 | 888 | 2,25% | 97,75% |
| Floresta | 313 | 528 | 841 | 37,22% | 62,78% |
| Total | 1181 | 548 | 1729 | | |
| Erro de Omissão (%) | 26,50% | 3,65% | | | |
| Acurácia (%) | 73,50% | 96,35% | | Acurácia Total (%) = 80,74% | |

O valor *kappa* encontrado foi 0,61, que corresponde a uma classificação “boa” segundo Landis & Koch (1977). A validação dos dados mapeados é uma etapa importante para avaliar os resultados que os técnicos executores do Centro Regional do Belém entendem que deve ser implementada ao Programa de Monitoramento Amazônia SAR, ressaltando que apesar da diferença temporal de cerca de 15 meses da imagem utilizada para validação ter influenciado na acurácia total dos resultados, especialmente na classe de floresta que foi convertida em desflorestamento, consideramos válido executar esse procedimento.

Além da validação dos dados, o fluxograma apresentado pela Figura 7 retrata o formato que os técnicos do Centro Regional de Belém entendem ser o formato tecnicamente mais

adequado que este importante Programa de Monitoramento deve possuir para contribuir cada vez mais à proteção ambiental da Amazônia, tal fluxograma visa relacionar os mapeamentos de antropismo com as bases de dados ambientais dos órgãos fiscalizadores para identificar antropismos que já sofreram ações de fiscalização e os que ainda não foram fiscalizados.

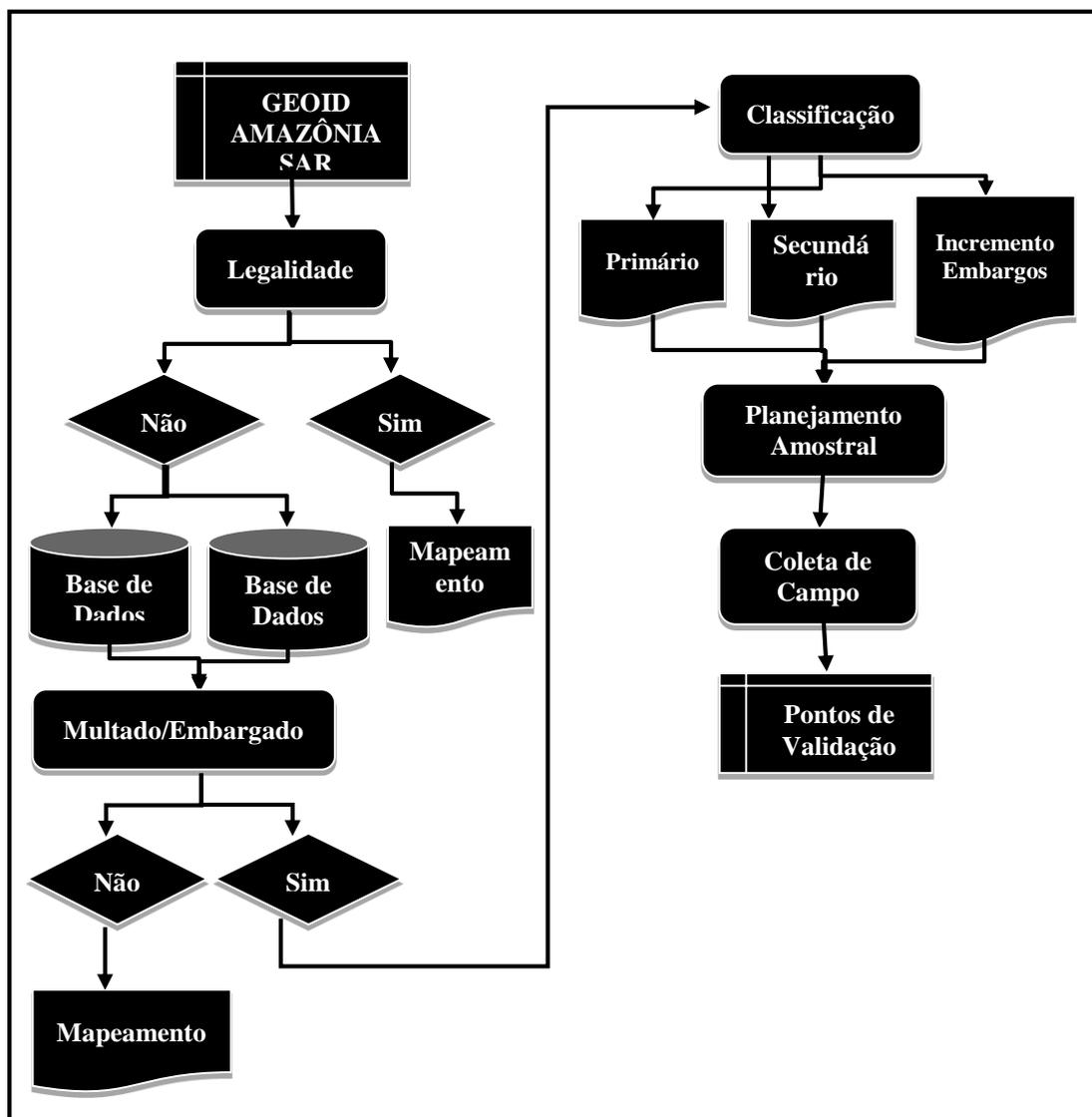


Figura 7 – Sugestão metodológica dos Executores do CR-BE ao Programa Amazônia SAR-CENSIPAM

4. Conclusões

A geração dos dados em um momento em que há limitação para geração de dados de monitoramento foi muito importante para o órgão parceiro executor da política federal de meio ambiente, IBAMA, em suas ações de combate ao desmatamento na Amazônia.

Não foi mensurado o porcentual de áreas embargadas pelo órgão parceiro, constituindo em um desafio para o Programa o retorno dos dados de ação de fiscalização, o que já fora realizado em outras ocasiões, como SIPAM (2013). Tal ação está proposta na avaliação do programa pelos técnicos do Centro Regional de Belém/PA.

Na execução do mapeamento, a utilização do software Quantum GIS trouxe a vantagens para os técnicos, no sentido de trabalharem em ambiente multiusuário que permitiu a visualização das classes já mapeadas pelos demais técnicos, o que evitou problemas de sobreposição de classes nas áreas de sobreposição de faixas.

O investimento em melhorias na metodologia de mapeamento, formas de aquisição por sensores orbitais e implantação integrada do programa via web com dados de órgãos fiscalizadores trarão grandes ganhos ao Amazônia SAR, criando um ambiente cada vez mais favorável para seu estabelecimento como importante Programa de Monitoramento Ambiental na faixa das Micro-ondas.

A continuidade do Programa a partir do ano terceiro ano prevê, como fonte de insumos matriciais, a utilização de imagens de radar orbitais em substituição às imagens de radar aerotransportadas, o que permitirá o monitoramento mais sistemáticos e com ganhos relacionados à classificação automática de feições de antropismo.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília-DF, 19/07/2000.

IBAMA. Pará: Autos de Infração do Estado do Pará (2000-2008). Belém, PA, 2009.

INPE. Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos, SP, 2013. 37 p.

INPE. Catálogo de Imagens. 2008. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 02 de Set. 2014.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics*. v.33, n.3, p.159-179, 1977.

SIPAM. Missão SIPAM/SAR-MMA 2008. Relatório Técnico Final. Brasília, DF, 2008. 148 p.

SIPAM. Programa de Monitoramento de Áreas Especiais 2007-2009 do Centro Regional de Belém-PA. 2009. Relatório Técnico de Metodologia de Análise. Belém, PA, 2009. 22 p.

SIPAM. Relatório de sobrevoo na Estação Ecológica da Terra do Meio, municípios de Altamira e São Félix do Xingu. 2013. Belém, PA, 2013. 19 p.

USGS. Global Visualization. 2013. Disponível em: < <http://www.glovis.usgs.gov> >. Acesso em: 03 de set. 2014.