



ISSN: 2230-9926

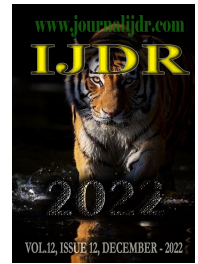
Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 12, Issue, 12, pp. 60722-60726, December, 2022

<https://doi.org/10.37118/ijdr.25911.12.2022>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

ELEMENTOS DE INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS CLASSES DE NÃO FLORESTA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA POR MEIO DE IMAGENS SAR DE BANDA C/SENTINEL-1

*Tamires Fernandes Oliveira, Priscilla Flores Leão Ferreira Tamasauskas and Laryssa de Cassia Tork da Silva

Núcleo de Inteligência de Imagens, Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia, Centro Regional de Belém (CENSIPAM/CR-BE)

ARTICLE INFO

Article History:

Received 17th September, 2022

Received in revised form

29th October, 2022

Accepted 21st November, 2022

Published online 25th December, 2022

Key Words:

Visual interpretation, Non-forest, SAR, Brazilian Amazon.

*Corresponding author:

Tamires Fernandes Oliveira

ABSTRACT

The object of the article contemplates the preliminary result of a qualitative methodology for mapping non-forest classes present in the Brazilian Amazon through the use of C-band SAR (Synthetic Aperture Radar) images, more specifically, Sentinel-1, in order to better assist interpreters in the process of visual interpretation of these targets. To this end, elements of visual interpretation considered essential for the distinction of non-forest targets will be presented. In the results and final considerations, positive and negative aspects will be examined, in addition to proposals for improving the process of identifying non-forest targets.

Copyright©2022, Tamires Fernandes Oliveira et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Tamires Fernandes Oliveira, Priscilla Flores Leão Ferreira Tamasauskas and Laryssa de Cassia Tork da Silva et al. 2022. "Elementos de interpretação visual das classes de não floresta na Amazônia brasileira por meio de imagens sar de banda c/sentinel-1", *International Journal of Development Research*, 12, (12), 60722-60726.

INTRODUÇÃO

O contexto histórico de uso e ocupação da terra na Amazônia Legal remonta à intensa transformação de vastas paisagens naturais em áreas antropizadas, sendo o desmatamento e as queimadas os principais vetores de conversão da vegetação nativa em atividades produtivas, a exemplo de pastagens e agriculturas. Dados oficiais do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) apontam um crescente aumento do percentual de área desmatada, registrando um incremento de 21,97% em 2021 em relação ao ano de 2020 (INPE, 2021). Dessa forma, é imperativo ter conhecimento acurado não somente da quantificação de áreas desmatadas, mas também das particularidades da cobertura vegetal da Amazônia face ao crescente avanço das fronteiras de desmatamento.

É necessário considerar que as paisagens amazônicas abrigam uma vasta diversidade vegetal. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mapeou a cobertura vegetal brasileira na escala de 1:250.000 e para a Amazônia brasileira verifica-se a existência de formações florestais, não-florestais e áreas de contato. As pesquisas desenvolvidas até o momento valorizam o monitoramento de uso e cobertura da terra na Amazônia por satélite com enfoque em dados de perda de floresta, subestimando a resposta espectral semelhante entre os alvos de espécies florestais e não florestais. Desse modo, neste artigo será dado enfoque às classes de não floresta.

As formações não florestais estão presentes em praticamente todos os estados da Amazônia brasileira, totalizando 961.000 km² e compreendem os seguintes tipos vegetacionais: Campinarana, Savana, Formações Pioneiras com Influência Marinha e Fluvio-Marinha e Refúgios (IBGE, 2012; INPE, 2019). As Savanas, por exemplo, são consideradas hotspots de biodiversidade e estão sujeitas à queimadas e ao avanço de atividades produtivas. Assim, o monitoramento contínuo das áreas de não floresta se faz necessário, com vistas à conservação dos serviços ambientais prestados (MYERS et al., 2000; SANAIOTTI, 1991). O Projeto Mapbiomas possui elevada acurácia global no mapeamento das classes temáticas, mas em relação à classe de formação natural não florestal a estatística de acurácia revelou que para os anos analisados os erros de omissão (subestimação do dado) e os de inclusão (superestimação do dado) são relevantes. Em ambos os casos, houve equívocos de classificação de não floresta com as classes de floresta e agropecuária. Desse modo, verifica-se a necessidade de melhoria nos parâmetros de classificação de alvos de não floresta (MAPBIOMAS, 2022). Tanto os projetos do Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real (DETER), do PRODES como do Mapbiomas utilizam sensores ópticos, os quais são sensíveis às interferências atmosféricas, limitando a geração de dados para todos os meses, sobretudo no inverno amazônico, quando há maior cobertura de nuvens na região tropical.

Essa característica pressupõe uma incipiente fonte de dados da dinâmica intranual (dados mensais ou quinzenais), a qual pode ser superada por meio da aplicação de dados de radar. Assim, os sensores SAR (SyntheticAperture Radar) são uma alternativa para essa dificuldade, pois geram dados em diferentes condições atmosféricas (PRUDENTE et al., 2020). Nesse sentido, o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) está desenvolvendo um projeto de uso de imagens SAR aplicadas na dinâmica da cobertura vegetal da Amazônia Legal brasileira, com vistas ao desenvolvimento de uma chave de interpretação utilizando imagens SAR da banda C (Sentinel-1) para auxiliar na identificação de alvos de cobertura vegetal (florestais e não florestais). Assim, o presente artigo visa apresentar os resultados preliminares da chave de interpretação de classes não florestais e discutir os avanços, dificuldades e melhorias a serem realizadas para gerar informação acurada que auxilie as atividades de interpretação visual de alvos de não floresta na Amazônia brasileira. Espera-se, desse modo, contribuir para o aprimoramento de atividades de mapeamento temático e na produção de informações sobre desmatamento e outros impactos sobre o ambiente amazônico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho de pesquisa consiste em uma abordagem exploratória de caráter qualitativo e foi dividido em 6 etapas:

- Revisão bibliográfica e documental das especificações e aplicações da constelação de imagens Sentinel-1 e das dinâmicas de uso e cobertura da Amazônia Legal brasileira;
- Seleção e organização de dados matriciais (Sentinel-1) adquiridos no site da Agência Espacial Europeia (ESA);
- Inserção e cruzamento das imagens e dados vetoriais e matriciais selecionados no software QGIS, versão 3.16, além da definição do conjunto de dados amostrais de cobertura vegetal, com base na classificação oficial do “Manual Técnico de Vegetação Brasileira” do IBGE, na escala de 1:250.000;
- Criação de polígonos representativos das amostras de não floresta, vetorizados em múltiplas escalas;
- Definição metodológica dos parâmetros e elementos de interpretação (textura, tonalidade, forma, contexto, ambiente e recomendações) adotados;
- Análise comparativa entre o comportamento das amostras de não floresta coletadas;

Área de estudo: A presente pesquisa concentra-se nas áreas de não floresta localizadas na Amazônia Legal brasileira (Figura 1), delimitada conforme o art. 2º da Lei Complementar n. 124, de 03 de outubro de 2007 e composta por nove estados: Amapá, Acre, Pará, Mato Grosso, Amazonas, Roraima, Rondônia, Tocantins e parte do Maranhão (IBGE, 2022).

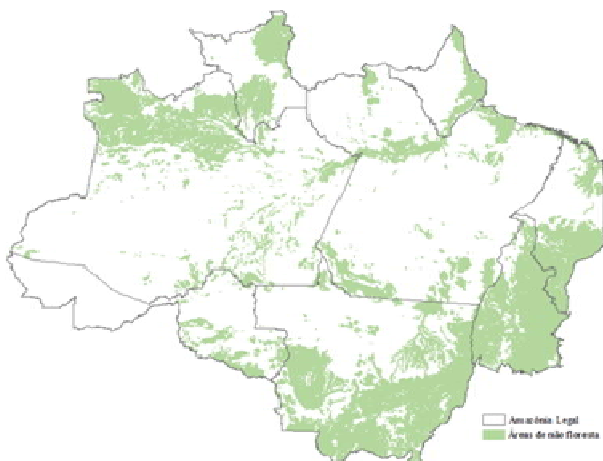


Figura 1. Localização das áreas de não floresta na Amazônia Legal brasileira

Classes e subclasses de cobertura vegetal: O IBGE desenvolveu um Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira na escala de 1:250.000, a fim de agrupar a vegetação segundo as suas características florísticas, fisionômico-ecológicas e fitossociológico-biológicas. O resultado deste trabalho foi a confecção do “Manual Técnico da Vegetação Brasileira”. Esta pesquisa envolve somente as formações de Não Floresta, as quais abrangem as classes de Campinarana (Campinarana Florestada, Campinarana Arborizada, Campinarana Arbustiva e Campinarana Gramíneo-Lenhosa), Savana (Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa), Savana-Estépica (Savana-Estépica Florestada, Savana-Estépica Arborizada, Savana-Estépica Parque e Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa), Formações Pioneiras com Influência (Formações Pioneiras com Influência Marinha, Formações Pioneiras com Influência Fluvio-Marinha, Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre) e Refúgio (Refúgio Submontano, Refúgio Montano e Alto-Montano), sendo subclassificadas segundo suas fisionomias ecológicas e geomorfológicas.

Identificação das amostras em imagens SAR: Foram utilizadas imagens da missão Sentinel-1, que fazem parte de uma das cinco missões desenvolvidas pela ESA (Agência Espacial Europeia) para a iniciativa Copernicus. Tal missão é composta por uma constelação de dois satélites, com órbita polar e por radar de abertura sintética que atua na banda C. O modo de aquisição das imagens SAR utilizadas no projeto em tela é o InterferometricWideSwath (IW), no qual as emissões de microondas são sincronizadas de passagem para passagem para garantir o alinhamento dos pares interferométricos. Esse é o principal modo operacional do SENTINEL-1 sobre os ambientes terrestres. Os principais parâmetros técnicos da Sentinel-1 C-SAR são: frequência central de 5.405 GHz (corresponde ao comprimento de onda de ~5.5465763 cm); largura de banda de 0-100 MHz (programável); polarização HH+HV, VV+VH, VV, HH; faixa de ângulo de incidência entre 20°- 46°; direção da visada à direita; entre outros, que podem ser explorados em <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/sar-instrument>. O período de revisita do SENTINEL-1 no modo de aquisição IW é de uma vez a cada 12 dias em uma única passagem (ascendente ou descendente). No que tange à resolução espacial, tal informação está diretamente relacionada ao modo de aquisição, neste caso IW, e do nível de processamento. As imagens utilizadas foram obtidas no site da ASF (Alaska Satellite Facility), disponível em www.asf.alaska.edu, no modo de processamento .GRD (Ground Range Detected). Realizaram-se as seguintes etapas de processamento, executadas no software Envi versão 5.5:

- Importação de duas cenas Sentinel-1A no nível 1 de processamento .GRD, mais recentes;
- Corregistro (ortoretificação) das cenas com o DEM (Shuttle Radar Topography Mission-SRTM com resolução espacial de 30 m);
- Aplicação de filtro multiespectral De-Grandi;
- Geocodificação (saída): arquivo com resolução espacial de 10 m, em valores de intensidade linear e com única polarização (VV);

As imagens SAR utilizadas são referentes ao período seco no bioma amazônico (mês de julho/2021). A utilização das imagens da missão Sentinel-1 permite o mapeamento de cobertura vegetal e de detecção de mudanças. A fim de validar as amostras das classes identificadas nas imagens SAR Sentinel-1A e 1B, foram utilizadas imagens ópticas da Sentinel-2. Nos casos de alta cobertura de nuvens nas imagens Sentinel-2, foram adotadas as imagens Planet, disponibilizadas institucionalmente pelo Ministério da Justiça/Programa MAIS Brasil. É importante destacar que a base de dados referente à classificação da cobertura vegetal brasileira foi elaborada pelo IBGE no ano de 2003 e devido ao intervalo de tempo em relação ao período das imagens SAR analisadas, tais amostras poderiam não corresponder à realidade da cobertura vegetal atual. Desse modo, as imagens ópticas têm por objetivo auxiliar a identificação da amostra na imagem-base SAR, com vistas a esclarecer possíveis dúvidas sobre o comportamento dos alvos.

Tabela 1. Resumo dos elementos de interpretação das classes nas imagens SAR

Classe	Nomenclatura da classe a ser interpretada.
Tonalidade	Refere-se às variações de tons de cinza da amostra, abrangendo os tons associados aos valores mínimo (cinza escuro), intermediário e máximo (cinza claro).
Textura	A amostra pode apresentar um aspecto liso (conjunto de pixels de valores iguais ou aproximados) ou rugoso (conjunto de pixels de valores heterogêneos).
Forma	Diz respeito ao aspecto geométrico dos alvos, o que pode denotar formas regulares para alvos artificiais e formas irregulares para alvos naturais.
Contexto	Neste item, são apresentados os dados complementares que devem ser observados pelo intérprete, a fim de auxiliar na discriminação dos alvos. Exemplos: estradas-corteseletivo; drenagem-mineração.
Ambiente	Descrição da localização geográfica da amostra.
Recomendações	Outras fontes de informações que o analista pode utilizar caso possua dificuldade em interpretar a classe (estudos já desenvolvidos, sugestões de análises multitemporais, indicação de dados auxiliares).

Elementos interpretativos das imagens SAR

- Segundo Lillessand e Kiefer (1999) interpretar fotografias aéreas ou imagens de satélite é identificar objetos nelas representados e dar significados a cada um deles. Neste trabalho foram definidos seis elementos (textura, tonalidade, forma, contexto, ambiente e recomendações) para o processo de interpretação (identificação e discriminação de alvos) das classes nas imagens SAR (Tabela 1, acima). O elemento cor não foi considerado no primeiro momento desta pesquisa, pois apesar desta ter sido conduzida sob uma perspectiva qualitativa a partir de elementos visuais de análise, utilizou-se imagens SAR com uma única polarização (VV) e representativas de um único momento (período seco/Julho 2021), o que inviabiliza a geração de informação baseada em canais de cor.
- Os elementos de textura e tonalidade merecem destaque. A tonalidade demonstra a variação dos níveis de cinza, os quais são codificados entre o valor mínimo, representado pela cor cinza escuro, o valor máximo, representado pela cor cinza claro, e os valores intermediários que representam as variações de intensidade da cor cinza. A textura está relacionada à distribuição espacial dos tons de cinza. De acordo com Haralick et al. (1973), tonalidade e textura estão intrinsecamente relacionadas, mesmo que em determinadas análises uma propriedade tenha maior importância em relação à outra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares para a caracterização do comportamento visual das classes de cobertura não florestal da Amazônia brasileira foram produzidos através da coleta de amostras representativas de cada classe de interesse quanto à tonalidade, textura, forma, contexto e ambiente. Desse modo, a seguir pode-se visualizar o quadro com as classes e a descrição dos respectivos elementos de interpretação visual (Tabela 2).

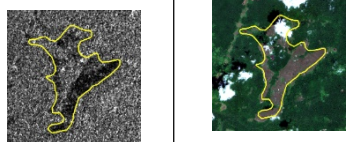
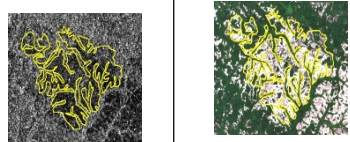
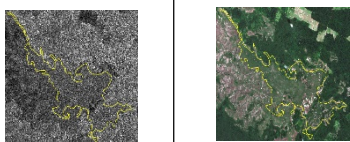
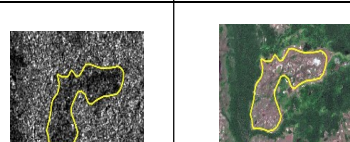

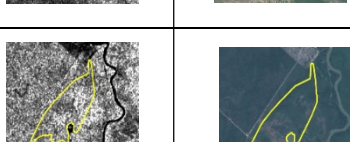
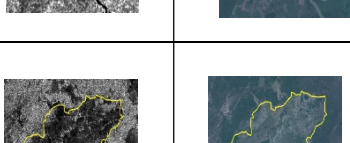
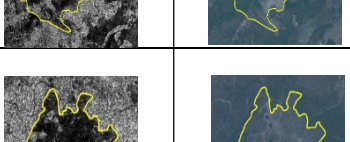
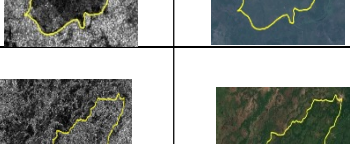
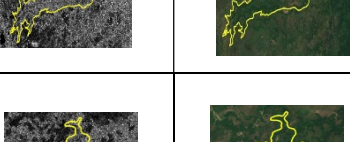
- **Campinarana Florestada (a):** Localizada em pediplanos tubulares das acumulações arenosas periodicamente inundáveis (Caatinga Amazônica) ou próximo de matas jovens ou ripárias. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Campinarana Arborizada (b):** Formação não florestada que ocorrem nos interflúvios tabulares e planícies fluviais. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Campinarana Arbustiva (c):** Conhecida como campina amazônica, que ocorre principalmente nas áreas de depressões. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Campinarana Gramíneo-Lenhosa (d):** Ocorre ao longo de planícies encharcadas dos rios de águas pretas e também em depressões. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Florestada (e):** Também conhecida como Cerradão. Restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos,

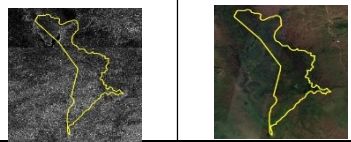
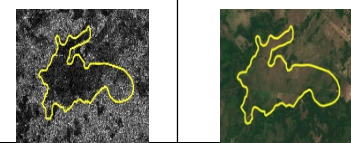

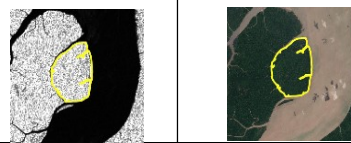
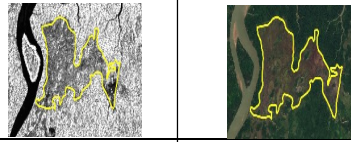
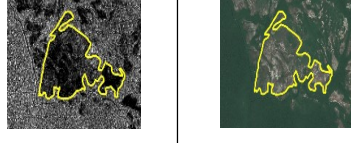
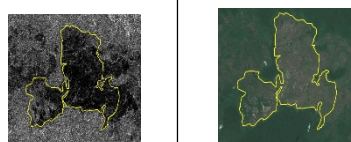
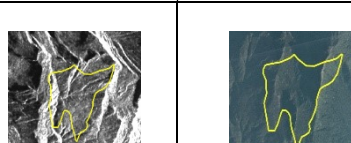
ocorrendo em clima tropical estacional. Possui tonalidade cinza claro, textura rugosa e forma irregular.

- **Savana Arborizada (f):** Predominam ora fisionomias mais abertas (Campo Cerrado), ora mais adensada (Cerrado). Possui tonalidade cinza claro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Parque (g):** Também conhecida como Campo-Sujo-de-Cerrado. Ocorre áreas de campos litossólicos e/ou rupestres. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Gramíneo-Lenhosa (h):** Ocupam extensas áreas que comumente são manejadas pelo fogo ou pastoreio e a fisionomia é de gramados cobertos por plantas lenhosas raquíticas. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Estépica Florestada (i):** Apresenta fisionomia campestre. Possui tonalidade cinza claro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Estépica Arborizada (j):** Apresenta dois tipos de fisionomias: arbustiva-arborea-superior esparsa e gramíneo-lenhosa. Possui tonalidade cinza claro e escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Estépica Parque (k):** Apresenta fisionomia com arbustos e pequenas árvores. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (l):** Também conhecida com Campo Espinhoso, com fisionomia marcada por gramíneas e plantas lenhosas anãs espinhosas. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Formações Pioneiras com Influência Marinha (m):** Característica de vegetação com influência marinha (Restingas). Ocorrem em praias e são influenciados diretamente pelas águas do mar. Possui tonalidade cinza claro, textura rugosa e forma irregular.
- **Formações Pioneiras com Influência Fluvio-Marinha (n):** Característica de vegetação com influência fluviomarina (Manguezal e Campos Salinos). Ocorrem na desembocadura de rios e regatos no mar. Possui tonalidade cinza claro, textura rugosa e forma irregular.
- **Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre (o):** Característica de vegetação com influência fluvial (comunidades aluviais). Localizam-se ao longo de planícies aluviais. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Refúgio Submontano (p):** Conhecida como “vegetação relíquia”, com espécies endêmicas, localizadas em altitudes até 500 metros. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Refúgio Montano (q):** Conhecida como “vegetação relíquia”, com espécies endêmicas, localizadas em altitudes entre 500 a 1500 metros. Possui tonalidade cinza escuro, textura rugosa e forma irregular.
- **Refúgio Alto-Montano (r):** Conhecida “vegetação relíquia”, com espécies endêmicas, localizadas em altitudes acima de 1500 metros. Possui tonalidade cinza claro, textura rugosa e forma irregular.

A chave de interpretação, ainda que direcionada a elementos visuais, disponibiliza orientações fundamentais ao intérprete para a avaliação das informações apresentadas nas imagens de satélite, como

Tabela 2. Quadro com amostras representativas de cada classe de não floresta em imagens SAR e óptica

Imagem SAR	Imagem Óptica	Localização Geográfica
a		61° 2' 53'' W 01° 47' 27'' S Caracaraí - RR
b		60° 32' 48'' W 01° 23' 23'' S Caracaraí - RR
c		60° 38' 42'' W 01° 00' 36'' S Caracaraí - RR
d		60° 51' 12'' W 01° 41' 45'' S Caracaraí - RR
e		55° 41' 8'' W 16° 24' 56'' S Barão de Melgaço - MT
f		50° 38' 20'' W 16° 58' 00'' S Poconé - MT
g		50° 39' 52'' W 00° 22' 07'' S Poconé - MT
h		56° 57' 24'' W 16° 35' 19'' S Poconé - MT
i		57° 05' 13'' W 17° 00' 19'' S Poconé - MT
j		57° 04' 51'' W 16° 52' 01'' S Poconé - MT

k		58° 21' 21'' W 17° 02' 05'' S Cáceres - MT
l		57° 59' 38'' W 16° 43' 37'' S Poconé - MT
m		47° 12' 55'' W 00° 39' 12'' S São João de Pirabas - PA
n		46° 12' 45'' W 01° 03' 20'' S Viseu - PA
o		46° 6' 51'' W 01° 15' 11'' S Caratupera - MA
p		56° 58' 6'' W 08° 18' 51'' S Jacareacanga - PA
q		56° 18' 36'' W 08° 20' 51'' S Jacareacanga - PA
r		66° 01' 28'' W 00° 47' 17'' S Santa Izabel do Rio Negro - AM

A chave de interpretação, ainda que direcionada a elementos visuais, disponibiliza orientações fundamentais ao intérprete para a avaliação das informações apresentadas nas imagens de satélite, como características básicas a serem identificadas (LILLISAND e KIEFER, 1999). Destaca-se a importância dos elementos contexto e ambiente, os quais através de conhecimentos prévios da área de estudo permitiram uma primeira aproximação do mapeamento temático das classes de não floresta. Entre as classes representadas a maior variação ocorreu em relação ao elemento tonalidade, fato que pode ser explicado pelo grau de retroespalhamento dos alvos, o qual está associado à densidade vegetacional e às condições ambientais do terreno (geomorfologia, pedologia, quantidade de água no solo, por exemplo). Ademais, verificou-se por meio dos elementos de interpretação visual que as classes de não floresta podem ser facilmente confundidas com supressão vegetal (desmatamento e degradação) e também com outras classes de floresta, a exemplo da Floresta Estacional Decidual Submontana, devido o fator decidualidade, que faz com que hajam perdas sazonais do dossel. Assim, recomenda-se que sejam feitas análises complementares pelo intérprete, tais como análises temporais, que considerem as condições ambientais acima citadas à data do imageamento, o cruzamento com bases cartográficas auxiliares e outras fontes de informações que o

intérprete pode utilizar caso possua dificuldade em interpretar a classe, conforme indicado no elemento “recomendações” constante na Tabela 1.

CONCLUSÕES

Através do método de interpretação visual foi possível identificar alvos que possuem características radiométricas evidentemente opostas. No entanto, a análise visual apresentou limitações na discriminação de classes que possuem padrões visuais semelhantes entre si quanto à estrutura, forma, textura, fisionomia e contexto. O presente trabalho utilizou dados SAR referentes ao período seco (mês de Julho/2021) e, portanto, os resultados obtidos para a identificação das classes de cobertura não florestal da Amazônia brasileira não podem ser generalizados para o período chuvoso. Em função disso, para aprofundamento do estudo estão sendo utilizadas imagens multitemporais SAR com diferentes composições coloridas para detectar possíveis mudanças entre os períodos seco e chuvoso, a fim de estabelecer uma comparação entre as respostas dos alvos em condições ambientais opostas (pluviosidade, cobertura de nuvens, umidade no solo) e além disso, estão sendo testadas imagens com outras polarizações e na escala de valores de decibéis (dB), a fim de gerar informações quantitativas e estatisticamente comparáveis. Como existem características fitofisionômicas distintas da vegetação da Amazônia brasileira, pretende-se na continuidade da pesquisa aplicar os seguintes índices: Índice de Degradação da Vegetação SAR (Radar Degradation Vegetation Index - RDVI), Índice de Vegetação SAR (Radar Vegetation Index-RVI), Estimativa da Altura da Floresta SAR (Forest Stand Height Estimation-FSH), para melhor distinguir os tipos e estágios vegetacionais (SZIGARSKI, C., et al., 2018; SIQUEIRA, 2019). Adicionalmente, levando em consideração que o relevo é um fator determinante para a classificação da vegetação elaborada pelo IBGE, será útil a utilização de Modelo Digital de Elevação (MDE), a fim de ajustar possíveis equívocos decorrentes da escala cartográfica adotada (1:250.000) por essa classificação. Por fim, para que as amostras sejam representativas da realidade, recomenda-se que os estudos futuros deverão incluir informações como o ângulo de incidência em relação ao relevo e a órbita da imagem SAR utilizada.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - Censipam e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil.

REFERÊNCIAS

- Haralick, R. et al. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transaction on system, man, and cybernetics*. 1973, pp. 610-621.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira: sistema fitogeográfico: inventário de formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2019. *Metodologia Utilizada nos Projetos PRODES e DETER*. INPE, 2019. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf. Acesso em: 15 de outubro de 2022.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2021. *PRODES 2021*. INPE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/divulgacao-de-dados-prodes.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.
- Lillisand, T. M.; Kieffer, R. W. 1999. *Remote sensing and image interpretation*. 4th edition. New Jersey: John Wiley & Son, Inc. 1999, ch. 4.
- Mapbiomas. *Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Disponível em: <https://mapbiomas.org/accuracy-statistics>. Acesso em: 23/11/2022.
- Myers, N., et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, v.403, pp.853-858.
- Prudente, V., H., R., et al. 2020. SAR data for land use land cover classification in a tropical region with frequent cloud cover. *IGARSS*, 2020, pp.4100-4103.
- Sanaïotti, T. M., 1991. Ecologia de paisagem: savanas amazônicas, in: Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas, v. 1, A. L. Val, R. Figliuolo e Foldberg, E. Manaus: INPA, 1991, pp. 77-81.
- Siqueira P. 2019. “Forest stand height estimation”, in: *The Synthetic Aperture Radar (SAR) Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation*, Flores-Anderson et al. 2019, ch. 4. Disponível em: Release of Synthetic Aperture Radar (SAR) Handbook to empower the monitoring and protection of forests worldwide > SERVIR > SERVIR | Global | Articles (servirglobal.net). Acesso em: 06 de outubro de 2022.
- Souza Jr, C, M., et al. 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote sensing*. 12, 2020, pp.1-27.
- Szigarski, C., et al. 2018. Analysis of the radar vegetation index and potential improvements. *Remote Sensing*. v.10,1776, 2018, pp. 1-15
