

MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS DEPARTAMENTOS DE FRANCISCO MORAZÁN E YORO EM HONDURAS (2019-2021)

Juan Ramón Velásquez Serrano ¹
Cleonice Regis Soares²
Alécio Perini Martins ³

RESUMO

Informações sobre o uso e cobertura da terra tem contribuído com a interpretação das mudanças em diversas localidades, por meio de dados de sensoriamento remoto podemos aplicar técnicas para a obtenção de informação sobre objetos (alvos), sem que haja contato direto. Empregamos Sistemas de Informação Geográfica -SIG através do software ArcGIS 10.8[®] para o processamento de imagens do satélite Sentinel 2A com resolução espacial de 10 metros, para assim, dar resposta ao objetivo de identificar os principais usos e cobertura da terra nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro em Honduras (2019-2021). Utilizou-se o método supervisionado por máxima verossimilhança (MAXVER) gerando nove categorias de uso e cobertura da terra: Agropecuária (18,14%), Floresta de pinheiros densos (17,60%), Floresta de folhas largas (16,50%), Áreas urbanas (13,30%), Floresta mista (12,11%), Campo rupestre (11,09%), Floresta de pinheiros finos (9,19%), Agricultura comercial (2,06%) e Corpos de água (0,01).

Palavras-chave: Uso da terra, cobertura da terra, sensoriamento remoto, MAXVER, SIG.

ABSTRACT

Information on the use and land cover has contributed to the interpretation of changes in several locations, through remote sensing data we can apply techniques to obtain information about objects (targets), without direct contact. We employ Geographic Information Systems -GIS through ArcGIS 10.8[®] software for the processing of Sentinel satellite images with spatial resolution of 10 meters, to respond to the objective of identify the main uses and land cover in the departments of Francisco Morazán and Yoro in Honduras (2019-2021). The method supervised by maximum likelihood (MAXVER) was used, generating nine categories of land use and land cover: Agriculture (18.14%), Dense pine forest (17.60%), Broadleaf forest (16.50%), Urban areas (13.30%), Mixed forest (12.11%), Rupestrian field (11.09%), Fine pine forest (9.19%), Commercial agriculture (2.06%) and Water bodies (0.01).

Keywords: Land use, land cover, remote sensing, MAXVER, GIS.

¹ Doutorando do Curso de Geografia do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Jataí – UFJ, juanvelasquez@discente.ufj.edu.br; Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG pela concessão de bolsa de doutorado.

² Doutoranda do Curso de Geografia do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Jataí – UFJ, cleoniceregis@gmail.com;

³ Doutor do Curso de Geografia do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Jataí – UFJ, alecioperini@ufj.edu.br



1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa intitulada mapeamento do uso e cobertura da terra nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro em Honduras (2019-2021), segundo o Instituto Nacional de Estadística – INE em 2023 se estima uma população de 9.745.149, no caso de Francisco Morazán se estima 1.748.900 hab. e Yoro 655.445 hab., sendo um total de 2.404.345 hab., termos como objetivo geral identificar os principais usos e cobertura da terra nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro em Honduras em 2019-2021, pretende-se criar as bases para a implementação do Sensoriamento Remoto (SR) no território nacional, neste trabalho utilizarmos imagens do satélite Sentinel 2A da Agencia Espacial Europeia – ESA obtidas do *Earth Explorer do United States Geological Survey-USGS* com datas de 2019 até 2021, em seguida gerarmos no ArcGIS 10.8[®] uma classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MAXVER) obtendo nove (9) classes: Agropecuária (18,14%), Floresta de pinheiros densos (17,60%), Floresta de folhas largas (16,50%), Áreas urbanas (13,30%), Floresta mista (12,11%), Campo rupestre (11,09%), Floresta de pinheiros finos (9,19%), Agricultura comercial (2,06%) e Corpos de água (0,01).

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

Honduras, se localiza no istmo Centro-americano, pela situação natural e geográfica, forma parte dos países antilhanos ou caribenhos, tem costas no Mar das Antilhas ou Caribe e Oceano Pacífico, tem fronteiras com Guatemala, El Salvador y Nicarágua, tem uma extensão territorial de 112.492 km². Consta de 18 departamentos e 298 municípios (Portillo, 2007). (Figura 1).

A área de estudo compreende os departamentos de Francisco Morazán e Yoro em Honduras, Francisco Morazán com uma superfície de 8.850 km², em 2015 com uma população total de 1.553.379, população urbana 349.325 e população rural 1.203.754, limita-se com os departamentos de Yoro, Comayagua, La Paz, Valle, Choluteca, El Paraíso e Olancho. Amostra 28 municípios: Distrito Central (capital do país), Alubarén, Cedros, Curarén, El Porvenir, Guaimaca, La Libertad, La Venta, Lepaterique, Maraita, Marale, Nueva Armenia, Ojojona, Orica, Reitoca, Sabanagrande, San Antonio de Oriente, San Buenaventura, San Ignacio, San Juan de Flores, San Miguelito, Santa Ana, Santa Lucía, Talanga, Tatumbula, Valle de Ángeles, Valle de San Francisco e Vallecillo (INE, 2013).



Yoro, tem uma superfície de 7.787 km², em 2015 com uma população total de 613.473, população urbana 325.426 e população rural 288.047, apresenta 11 municípios: Yoro, Arenal, El Negrito, El Progreso, Jocón, Morazán, Olanchito, Santa Rita, Sulaco, Victoria e Yorito (Figura 2) (INE, 2013).

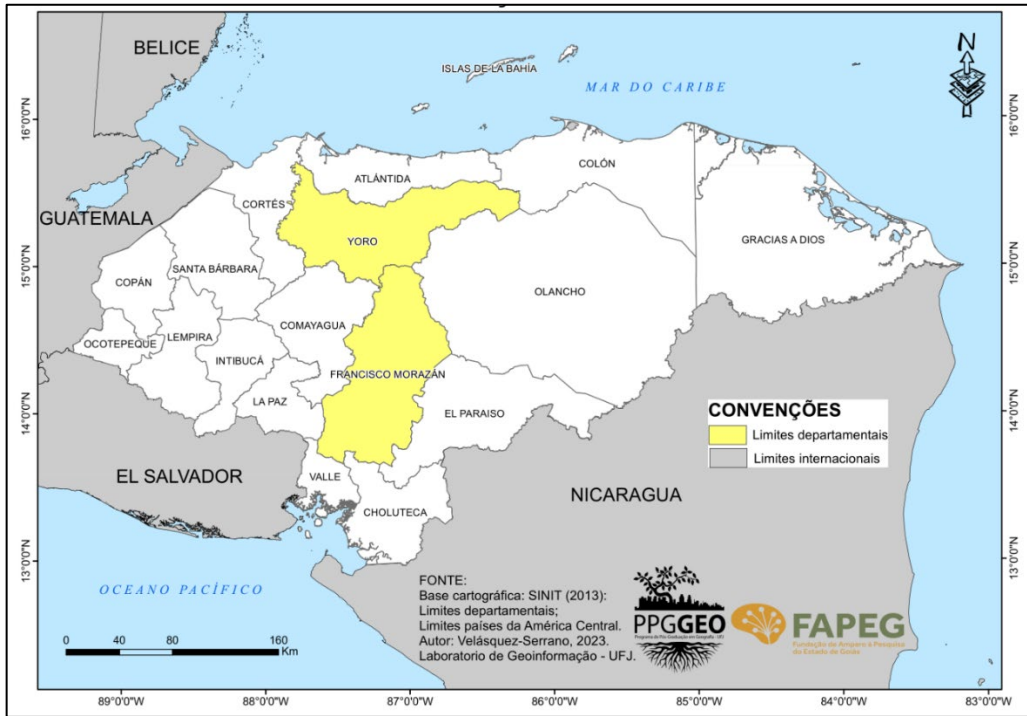


Figura 1 – Localização da área de estudo - Honduras
Fonte: SINIT (2023). Elaborado por Velásquez-Serrano, 2023.

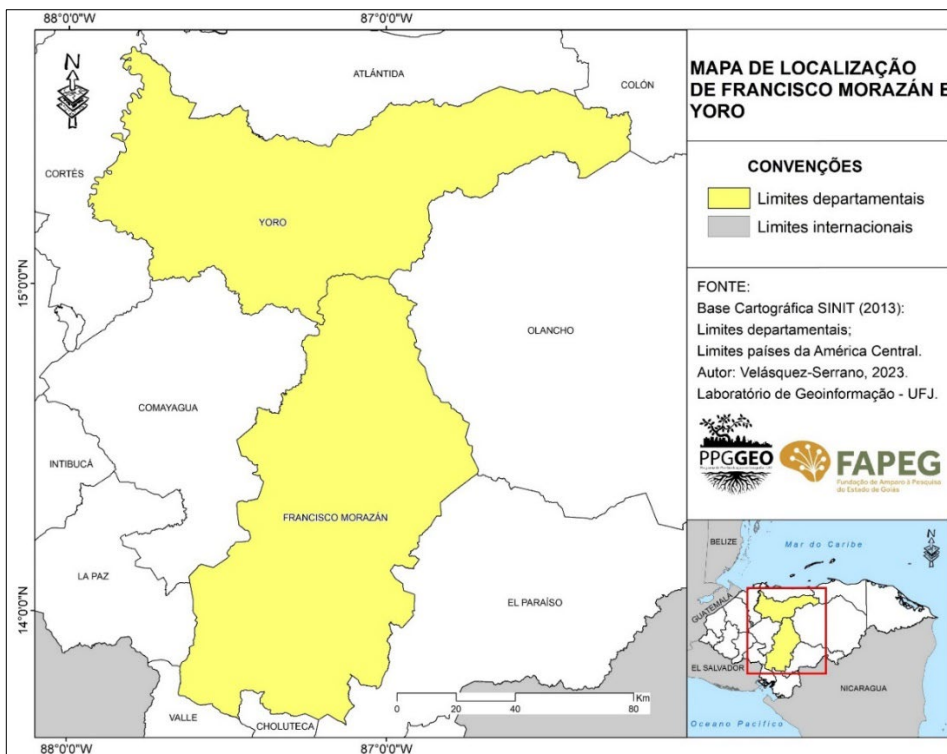


Figura 2 – Localização dos departamentos de Francisco Morazán e Yoro
Fonte: SINIT (2023). Elaborado por Velásquez-Serrano, 2023.

2.2 Classificação supervisionada

A obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento e tomada de decisões. Os mapas de uso da terra e de cobertura da terra são instrumentos que auxiliam a cumprir essa função, constituindo-se em mecanismos bastante adequados para promoverem o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, e são imprescindíveis para o planejamento regional ou local do terreno. O desenvolvimento de sistemas de classificação pode fornecer referências para a organização e hierarquização de informações que constam nos mapas dessa natureza (ARAÚJO FILHO et al., 2007).

A classificação do uso e cobertura da terra foi criada com base em imagens Sentinel 2A, com resolução espacial de 10 metros, obtidas no site da *Earth Explorer do United States Geological Survey-USGS* (USGS, 2022), com as imagens T16PDC, T16PEC, T16PDB, T16PEB, T16PDA, T16PEA.

A classificação supervisionada do uso e cobertura da terra foi realizada na ferramenta Image Classification, com uso do software ArcGIS® 10.8. As imagens originais foram reprojetaadas para o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator - UTM, Datum WGS84, zone 16 norte.

Fizemos o uso das bandas B2 (azul), B3 (verde) e B4 (vermelho), geramos a combinação das bandas RGB (4, 3 e 2), logo geramos o mosaico das imagens e o recorte para área de estudo.

A classificação foi feita no método supervisionado por máxima verossimilhança (MAXVER), estabelecida por Swain, Davis e Schalkff em 1996. MAXVER é um dos métodos de classificação supervisionados mais populares utilizados em imagens de sensoriamento remoto, baseia-se na probabilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe. O algoritmo pressupõe que as classes têm a mesma probabilidade e as bandas possuem distribuição normal (Marinho et al., 2017).

As classes de uso e cobertura da terra identificadas foram agrupadas em nove categorias: 1) Área urbana; 2) Agricultura comercial; 3) Agropecuária; 4) Floresta de folhas largas; 5) Floresta mista; 6) Floresta de pinheiros densos; 7) Floresta de pinheiros finos; 8) Corpos de água; 9) Campo rupestre (Figura 3).



1. Área Urbana



2. Agricultura comercial



3. Agropecuária



4. Floresta de folhas largas



5. Floresta mista



6. Floresta de pinheiros densos



7. Floresta de pinheiros ralos



8. Corpos de água



9. Campos rupestres



Figura 3 – Imagens das classes do uso e cobertura da terra

Fonte: organizado pelos autores, 2023.



3. REFERENCIAL TEÓRICO

A definição clássica do termo sensoriamento remoto (SR) refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles. Para melhor compreender esta definição, faz-se necessário identificar os quatro elementos fundamentais das técnicas de SR: REM, fonte, sensor e alvo (MORAES-NOVO; POZONI, 2001).

Segundo Moraes-Novo e Pozoni (2001) a Radiação Eletromagnética (REM), que é o elemento de ligação entre todos os demais elementos, a fonte de REM, que para o caso da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, é o Sol (pode ser também a Terra para os sensores passivos de micro-ondas e termais, podem ser antenas de micro-ondas para os sistemas radares); o sensor, que é o instrumento capaz de coletar e registrar a REM refletida ou emitida pelo objeto, que também é denominado alvo, e que representa o elemento do qual se pretende extrair informação.

Os programas de pesquisa sobre o uso da terra em escala global tornaram-se centrais para a pesquisa internacional sobre mudanças climáticas e ambientais desde o lançamento do projeto de mudança de uso e cobertura da terra (LULC), tem duas terminologias separadas que são frequentemente usadas de forma intercambiável. A cobertura da terra refere-se às características biofísicas da superfície da Terra, incluindo a distribuição da vegetação, água, solo e outras características físicas da terra. Enquanto o uso da terra refere-se à maneira pela qual a terra tem sido usada pelos seres humanos e seu habitat, geralmente com ênfase no papel funcional da terra para as atividades econômicas (LIPING et al., 2018).

As ações antrópicas geram grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal, diversos fatores estão diretamente ligados a este processo, podendo influenciar a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais, além de afetar a biodiversidade em grandes áreas do planeta (Coelho et al., 2014).

A terra é um dos principais recursos naturais de um país. Qualquer cidade cresce não só pela população, mas também por mudanças nas dimensões espaciais. A mudança no uso da terra, incluindo a conversão da terra de um tipo para outro e a modificação da cobertura da terra através da gestão do uso da terra, alterou grandemente uma grande proporção da superfície da Terra para atender às demandas imediatas da humanidade por recursos naturais (RAHMAN, ET AL., 2012).



Honduras não possui um banco de dados nacional de assinaturas espectrais das diferentes coberturas terrestres, que permitam validar projetos de sensoriamento remoto. A grande maioria dos estudos realizados no país com técnicas e análise de imagens de satélite, possuem apenas radiometria orbital, o que em muitos casos dificulta a precisão na classificação da cobertura devido à influência negativa de parâmetros atmosféricos e práticas agrícolas como a queima de florestas, guamiles (terra de descanso que foi invadida por vegetação arbustiva) e pastagens, causando uma identificação difusa e aumentando a dispersão da refletividade, principal causa de erros e edição excessiva de imagens de satélite, especificamente classificação de cobertura e dinâmica de mudanças na cobertura (ANDINO; LÓPEZ, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uso e cobertura da terra

Na tabela 1 e gráfico 1 se apresentam os dados de uso e cobertura da terra entre 2019-2021 nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro, se observam as classes: agropecuária com 2958,27 km² (18,14%); floresta de pinheiros densos 2869,30 km² (17,60%); floresta de folhas largas 2691,07 km² (16,50%); área urbana com 2167,90 km² (13,30%); floresta mista 1974,17 km² (12,11%); campo rupestre 1808,54 km² (11,09%); floresta de pinheiros finos 1498,43 km² (9,19%); agricultura comercial 335,72 km² (2,06%) e corpos de água 2,10 km² (0,01%).

Conforme apresentado na figura 4, a distribuição do uso e cobertura da terra em Francisco Morazán e Yoro, no primeiro momento a maior distribuição da área urbana se localiza em Francisco Morazán, já que contém o Distrito Central do país e no município El Progreso em Yoro, a agricultura comercial com destaque na região noroeste de Yoro, a agropecuária se difunde principalmente nas margens dos rios, em seguida, a floresta mista se distribui ao longo das regiões centrais das áreas de estudo, as florestas de folhas largas se encontram em zonas de montanha, além disso, as florestas de pinheiros finos se localizam em áreas com uma maior altitude (acima de 1500 m.s.n.m.) e se localizam na zona de transição entre Francisco Morazán e Yoro, as florestas de pinheiros densos se encontram espalhadas ao longo dos departamentos.

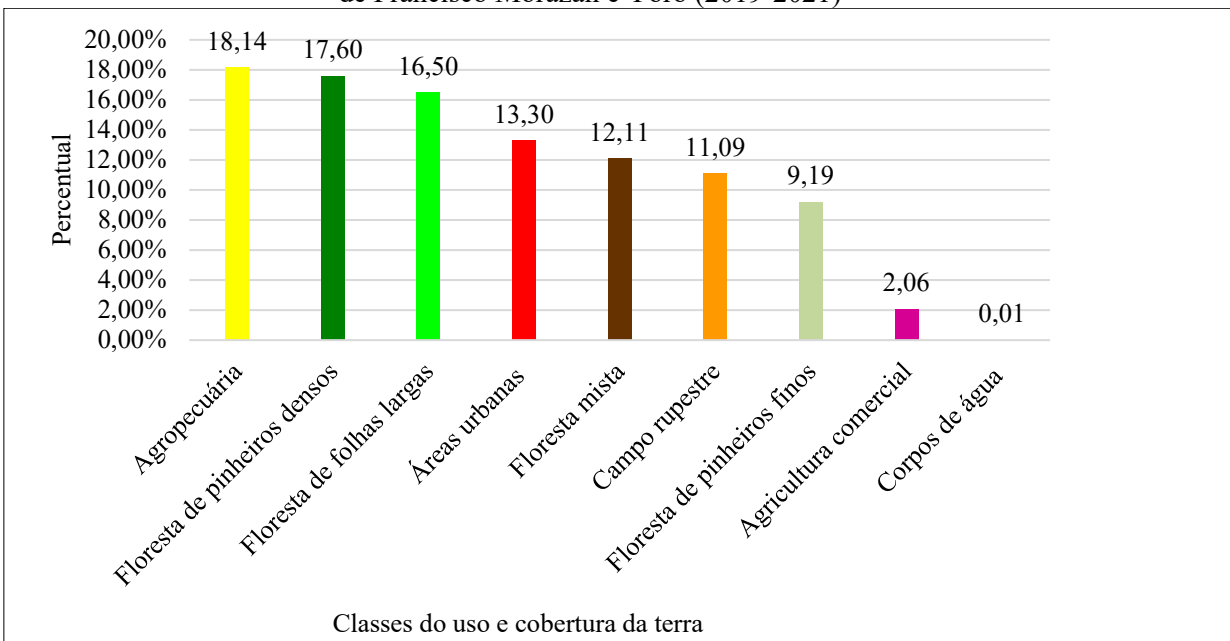


Tabela 1 – Classes de uso e cobertura da terra nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro (2019-2021)

| Uso do solo e cobertura da terra (há) | | |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Classes de uso | Área/Hectare | Área/Km ² |
| Áreas urbanas | 216.790,73 | 2.167,90 |
| Agricultura comercial | 33.572,56 | 335,72 |
| Agropecuária | 295.827,23 | 2.958,27 |
| Floresta de folhas largas | 269.107,2 | 2.691,07 |
| Floresta mista | 197.417,84 | 1.974,17 |
| Floresta de pinheiros densos | 286.930,38 | 2.869,30 |
| Floresta de pinheiros finos | 149.843,8 | 1.498,43 |
| Corpos de água | 210,78 | 2,10 |
| Campo rupestre | 180.854,91 | 1.808,54 |
| Total | 1.630.555,43 | 16.305,55 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Gráfico 1 – Percentual de uso e cobertura da terra nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro (2019-2021)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

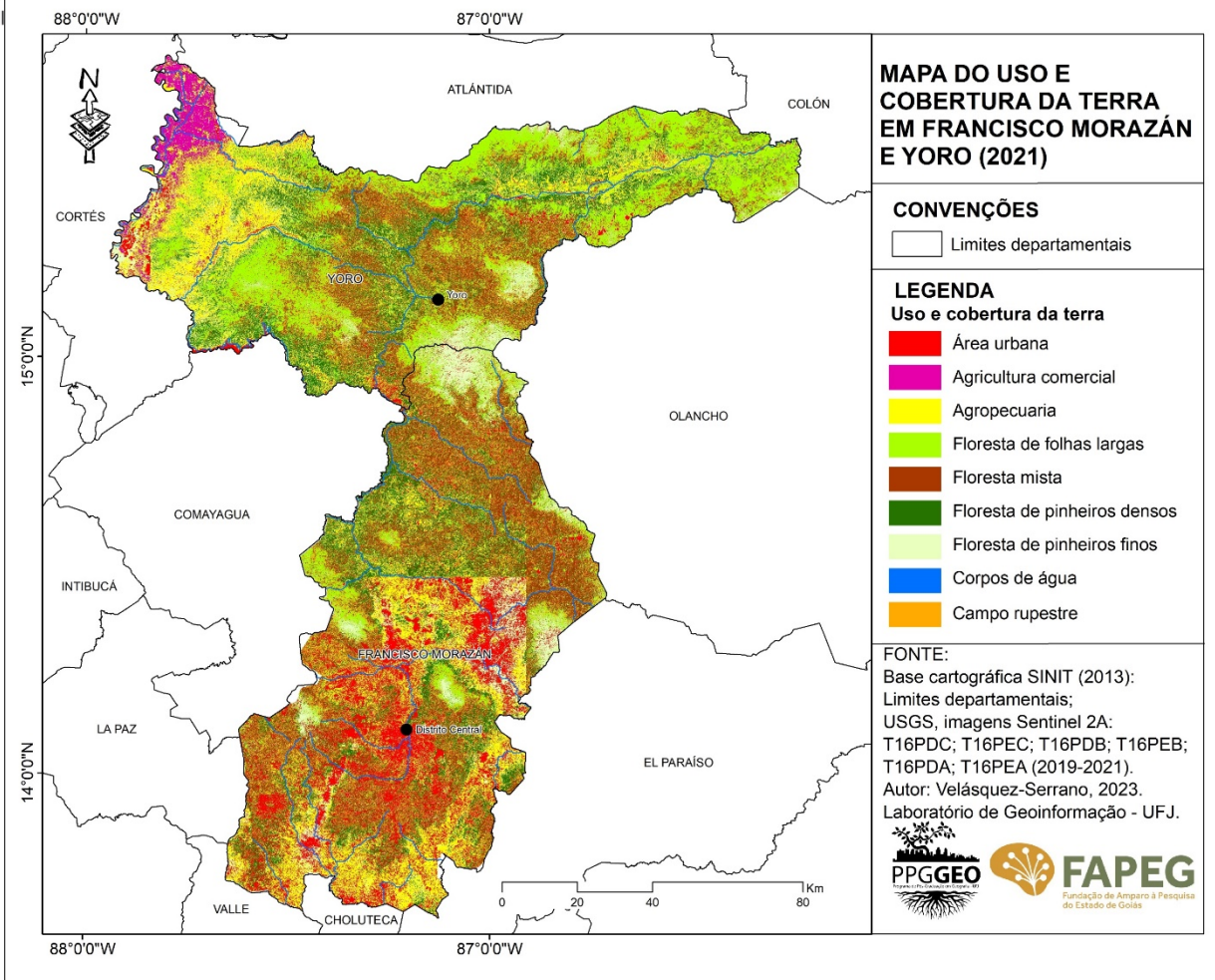


Figura 4 – Uso e cobertura da terra em Francisco Morazán e Yoro

Fonte: Elaborado por Velásquez-Serrano, 2023.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa amostram a importância que têm o uso das geotecnologias para a classificação do uso e cobertura da terra, no caso de Honduras pode servir como baseamento para pesquisas futuras e ser utilizada pelos entes correspondentes na toma de decisões. Se geraram nove categorias do uso e cobertura do solo nos departamentos de Francisco Morazán e Yoro. As categorias com florestas nativas representaram um 66% do uso e cobertura da terra: as florestas de pinheiros densos, floresta de folhas largas, floresta mista, campos rupestres e floresta de pinheiros finos, podemos concluir que a maior parte da área de estudo conta com a preservação e conservação da vegetação nativa e da biodiversidade. Finalmente, a agropecuária representa um 18% com atividades de agricultura familiar, logo um 13,30% as áreas urbanas, em seguida, a agricultura comercial com 2,06% vale destacar que não é muito desenvolvida na região, por fim, os corpos de água com 0,01% da área.

- ANDINO, R. E. C.; LÓPEZ, V. L. O. Firmas espectrales de la cobertura de la Tierra, aplicando radiometría de campo. Fase 1: Región 03 occidente de Honduras. **Revista Ciencias Espaciales**, Tegucigalpa, v. 7, n. 1, p. 76-96, 2014. Disponível em: <https://www.lamjol.info/index.php/CE/article/view/2527/2282>
- ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 171-179, 2007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44902/23912>
- COELHO, V. H. R. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.1, p. 64-72, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7hTsMfpbbPzGYzMTWwP6spw/?format=pdf&lang=pt>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA - INE. **XVII Censo de Población y VI de Vivienda**. Tegucigalpa, 2013. Disponível em: <http://181.115.7.199/binhnd/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=MUNDEP08&lang=ESP>.
- _____. **Proyecciones de población 2014-2030**. Tegucigalpa: INE, 2023. Disponível em: <http://181.115.7.199/binhnd/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=PROYPOB&lang=ESP>.
- LIPING, C.; YUJUN, S.; SAEED, S. Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques—A case study of a hilly area, Jiangle, China. **PLoS ONE**, v. 13, n. 7, 2018. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.020049>
- MARINHO, P. H. A.; SOUSA, R.M.; MEDEIROS, P. C.A.; VIOLA, M.R.; GIONGO, M. Classificação de imagem orbital pelo método máxima verossimilhança em Sucupira-TO. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.4, n.7, p. 115-124, 2017. Disponível em: <https://docs.uft.edu.br/share/s/-wv5cGKIRuqS1sLeoMLcgw>.
- MORAES-NOVO, M. E. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001. 68p. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf
- PORTILLO, N, P. **Geografía de Honduras**. Tegucigalpa: Multigráficos Flores, 2007. 450 p.
- RAHMAN, A.; KUMAR, S.; FAZAL, S.; SIDDIQUI, M. A. Assessment of Land use/land cover Change in the North-West District of Delhi Using Remote Sensing and GIS Techniques. **J Indian Soc Remote Sens**, v. 40, p. 689–697, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257786151_Assessment_of_Land_useland_cover_Change_in_the_North-West_District_of_Delhi_Using_Remote_Sensing_and_GIS_Techniques/link/5409e09d0cf2df04e7491b73/download
- SINIT – Sistema Nacional de Información Territorial. **Base cartográfica de Honduras**. Tegucigalpa, 2023. Disponível em: <http://sinit.hn/>
- USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Dados Sentinel**. 2022. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.