

CARACTERIZAÇÃO DAS MUDANÇAS NA PAISAGEM E VARIAÇÃO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO - PI DESDE 2000 COM FUNDAMENTO NO USO E COBERTURA DAS TERRAS A PARTIR DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

CHARACTERIZATION OF LANDSCAPE CHANGES AND TEMPORAL VARIATION OF VEGETATION IN THE MUNICIPALITY OF PORTO - PI SINCE 2000 BASED ON LAND USE AND LAND COVER USING GEOPROCESSING TECHNIQUES

Wandemara de Oliveira Costa

Mestra em Geografia no PPGGEO da
Universidade Federal do Piauí
E-mail: wandemaracosta@ufpi.edu.br

Gustavo Souza Valladares

Docente do curso de Geografia da
Universidade Federal do Piauí
E-mail: valladares@ufpi.edu.br

RESUMO

Os estudos e mapeamento do uso e cobertura das terras, bem como sua dinâmica, são imprescindíveis para a compreensão dos impactos ambientais provocados, principalmente, pela ação antrópica, além de ser um importante instrumento para fins de planejamento ambiental e territorial são potencializados por meio da utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e das técnicas de sensoriamento remoto. Este trabalho tem o objetivo de identificar as mudanças na paisagem e a variação da vegetação por meio de uma análise espaço-temporal apresentando o mapeamento da dinâmica do uso e cobertura das terras do município de Porto, Piauí. A metodologia foi baseada em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando as imagens do satélite *Landsat 7 ETM+* e *RapidEye*, assim como revisão de literatura e trabalho de campo. A área de estudo corresponde ao município de Porto localizado na mesoregião norte do estado do Piauí, o trabalho foi desenvolvido no período entre 2000 e 2012. Dos

resultados encontrados, a variação temporal da vegetação resultou em uma sucessão secundária de 22,36% devido a retração da área plantada. Esse percentual proporcionou alterações positivas na cobertura vegetal natural do município, pois com o abandono de áreas plantadas possibilitou-se a regeneração da vegetação. Portanto, com o mapeamento do uso e cobertura das terras foi possível identificar mudanças na paisagem, principalmente a variação temporal da vegetação, que pode contribuir para o desenvolvimento de ações planejadas quanto a expansão do espaço urbano e atenuar os prejuízos que as ações antrópicas podem causar ao meio ambiente.

Palavras-chave: alteração do uso das terras; mudanças na paisagem; sensoriamento remoto; SIG.

ABSTRACT

The study and mapping of land use and land cover, as well as their dynamics, are essential for understanding the environmental impacts caused, mainly, by human action, in addition to being an important tool for environmental and territorial planning purposes, which can be enhanced through the use of Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques. This work aims to identify landscape changes and vegetation variation through a space-time analysis presenting the mapping of the dynamics of land use and land cover in the municipality of Porto, Piauí. The methodology was based on remote sensing and geoprocessing techniques, using Landsat 7 ETM+ and RapidEye satellite images, as well as literature review and fieldwork. The study area corresponds to the municipality of Porto located in the northern mesoregion of the state of Piauí, and the work was developed between 2000 and 2012. From the results found, the temporal variation of vegetation resulted in a secondary succession of 22.36% due to the retraction of the planted area. This percentage provided positive changes in the natural vegetation cover of the municipality, as the abandonment of planted areas allowed for vegetation regeneration. Therefore, with the mapping of land use and land cover, it was possible to identify changes in the landscape, mainly the temporal variation of vegetation, which can contribute to the development of planned actions regarding the expansion of urban space and mitigate the damages that human actions can cause to the environment.

Keywords: land use change; landscape changes; remote sensing; GIS.

I

INTRODUÇÃO

O mapeamento do uso e cobertura das terras traz informações importantes que possibilitam fazer planejamentos ambientais e territoriais, sendo um valioso instrumento de análise das mudanças na cobertura terrestre e danos ambientais causados pelas ações antrópicas, como desmatamentos, expansão urbana desordenada, ocupação irregular de áreas protegidas dentre outras. Segundo Rosa (2001 *apud* Mota *et al.*, 2013), a partir desse mapeamento é possível compreender os padrões de organização espacial, permitindo a avaliação das consequências do uso inadequado das terras. Para IBGE (2013), ao descrever as formas e a dinâmica de apropriação da terra, estes estudos também representam ferramenta para a construção de indicadores ambientais e para avaliação da capacidade de sustentação ambiental, frente aos diferentes manejos aplicados na produção, contribuindo assim para a identificação de possibilidades que fomentem a sustentabilidade.

Sendo assim, é importante saber diferenciar o termo uso e cobertura da terra já que de acordo com Mota *et al.* (2013), provoca confusão no conceito de cada um, pois os termos uso da terra e cobertura da terra se assemelham a ponto de se confundir em alguns casos, porém não são equivalentes. Dentre as várias definições existentes, o termo uso da terra está associado às atividades orientadas pelo homem relacionadas com uma dimensão de terra ou a um ecossistema, foi considerado como uma sequência de intervenções desenvolvidas pelos homens, com a finalidade de adquirir produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra (Bie; Leeuwen; Zuidema, 1996, *apud* IBGE, 2013). Em relação à cobertura da terra segundo Turne e Meyer (1994 *apud* Mota *et al.*, 2013), refere-se ao estado físico, químico e biológico da superfície da terra, como, cobertura vegetal com floresta, água, ou áreas de construção. Isto é, envolvem os elementos naturais e antrópicos.

As definições atribuídas ao uso e a cobertura da terra guardam uma relação recíproca e costumam ser aplicadas alternadamente. De um modo geral as atividades antrópicas estão associadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele agrícola, florestal, industrial ou residencial. O sensoriamento remoto disponibiliza dados como imagens de satélite e fotografias aéreas que podem ser associados com a cobertura da terra e utilizados para mapeamento do tema. No entanto, como a atividade não é registrada pelo sensor remoto de modo direto, mas características da superfície terrestre que representam o revestimento do solo, relacionadas à cobertura as atividades de uso da terra, podem ser interpretadas a partir de tonalidades, modelos, formas, texturas, organizações espaciais das atividades e posição no campo (IBGE, 2013).

As primeiras classificações de uso da terra fundamentavam-se em trabalhos de campo. Posteriormente, a partir da década de 1950, inúmeros pesquisadores, em várias partes do mundo, têm se empenhado à identificação minuciosa de culturas agrícolas em fotografias aéreas (Steiner; 1970 *apud* Borges *et al.*, 1993). Segundo os autores, com o surgimento das imagens orbitais na década de 1970, o mapeamento do uso e cobertura das terras em uma determinada região ganhava mais um importante instrumento como auxílio. Esse tipo de trabalho tornou-se de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço agrícola, cada vez mais alterado pela ação do homem e pelo desenvolvimento tecnológico (BORGES *et al.*, 1993).

Para a elaboração do mapeamento é preciso fazer um levantamento do uso e cobertura das terras que conforme IBGE (2013, p. 37), "indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, [...]". Quando este mapeamento estiver vinculado ao Sistema de

Informações Geográficas (SIG) e a técnicas de sensoriamento remoto, será possível compreender a evolução da dinâmica espacial do uso e cobertura das terras com a produção de sequências temporais de mapas de uma mesma área, afirmando serem informações fundamentais para o planejamento da maioria das atividades, desenvolvidas em diferentes escalas (Aquino; Valladares, 2014).

O mapeamento da dinâmica do uso e cobertura das terras além de fornecer as informações necessárias para o reconhecimento das alterações na superfície terrestre, principalmente, a partir de um conjunto de técnicas, possibilita o diagnóstico ambiental e socioeconômico da área. Nesse contexto, busca-se verificar a seguinte hipótese de trabalho: A dinâmica no município de Porto, PI entre os anos de 2000 e 2012 ocasionou possibilidades de alterações negativas na cobertura vegetal natural do município. Com o propósito de verificar a hipótese formulada, foi definido como objetivo deste trabalho: identificar as mudanças na paisagem e a variação da vegetação por meio de uma análise espaço-temporal apresentando o mapeamento da dinâmica do uso e cobertura das terras do município de Porto, Piauí.

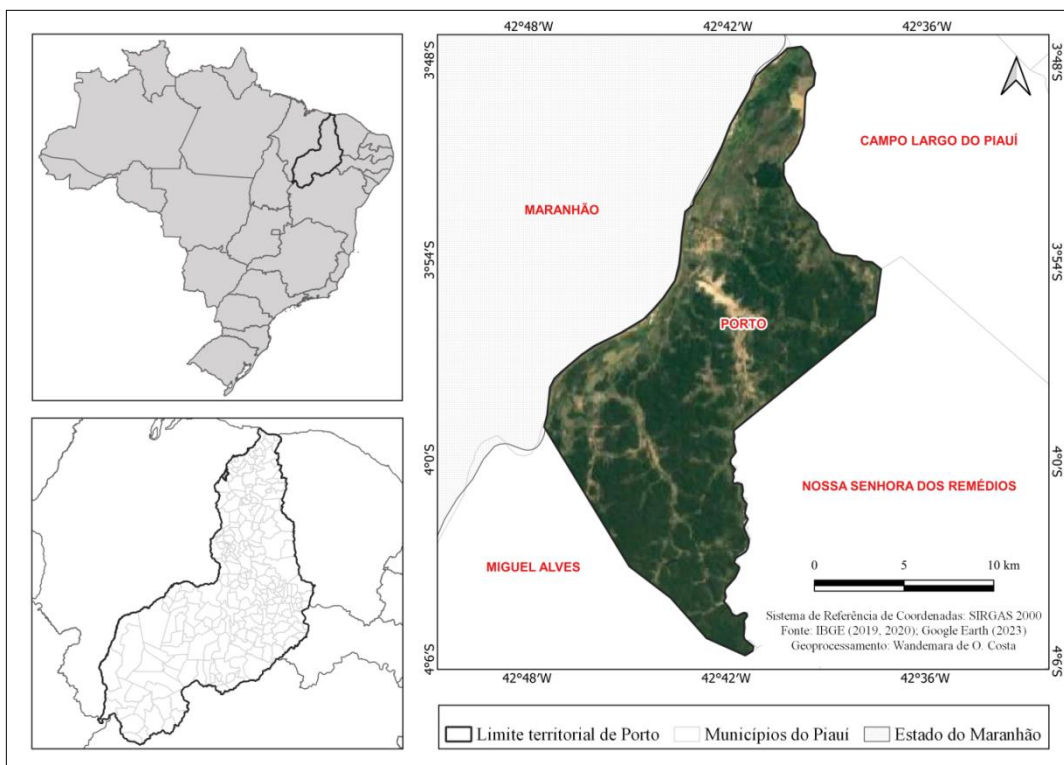
ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Área de Estudo

O município de Porto está localizado na mesorregião norte do estado do Piauí, inserido na microrregião do Baixo Parnaíba Piauiense, sua sede municipal tem como coordenadas geográficas 03°53'36" de latitude sul e 42°42'36" de longitude oeste de Greenwich a uma distância de aproximadamente 183 km da capital do estado Teresina (Aquiar; Gomes, 2004). Os municípios limítrofes da área de estudo são: Campo Largo do Piauí, Miguel Alves, Nossa Senhora dos Remédios e o estado do Maranhão (Figura 1).

A área de estudo possui uma extensão territorial de aproximadamente 252,6 km². Tal área possui características distintas quanto aos atributos geoambientais, como a geologia, geomorfologia, clima, hidrografia, pedologia, vegetação, assim como, os diferentes usos e coberturas das terras. De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o município está inserido em 3 (três) unidades geológicas: Depósitos Aluvionares com areias e cascalhos inconsolidados, que constituem os sedimentos mais recentes; assim como, o Grupo Barreiras composto por arenito e conglomerado, com alternâncias de siltito e argilito e; a Formação Potí, incluindo arenito, folhelho e siltito (Aquiar; Gomes, 2004).

Figura 1 - Mapa de localização geográfica do município de Porto, Piauí



Fonte: IBGE (2019; 2020); Google Earth (2023). Organização e Geoprocessamento: Wandemara de Oliveira Costa (2023).

De acordo com Cabral, Valladares e Santos (2014), na área de estudo é possível identificar 4 (quatro) feições geomorfológicas: os terraços e planícies fluviolacustres, os depósitos coluviais e lacustres, os agrupamentos de

mesas e as mesas. Os Terraços e Planícies Fluviolacustres correspondem às áreas planas resultantes de acumulação fluvial, ocorrem sob o efeito de processos combinados de acumulação fluvial e lacustre, sujeitos a inundações periódicas.

Nos Depósitos Coluviais e Lacustres, os sedimentos coluviais são acúmulos provenientes das vertentes que recobrem os depósitos aluvionares. Os depósitos lacustres são constituídos por áreas de acumulação representadas geralmente pelas planícies e terraços de baixa declividade. Os tipos de relevos tabuliformes com topos aplainados, separados por vales, correspondem aos Agrupamentos de Mesas. As Mesas são relevos residuais de topo aplainado, limitado por escarpas, são morros isolados que se destacam na planície (Cabral; Valladares; Santos, 2014).

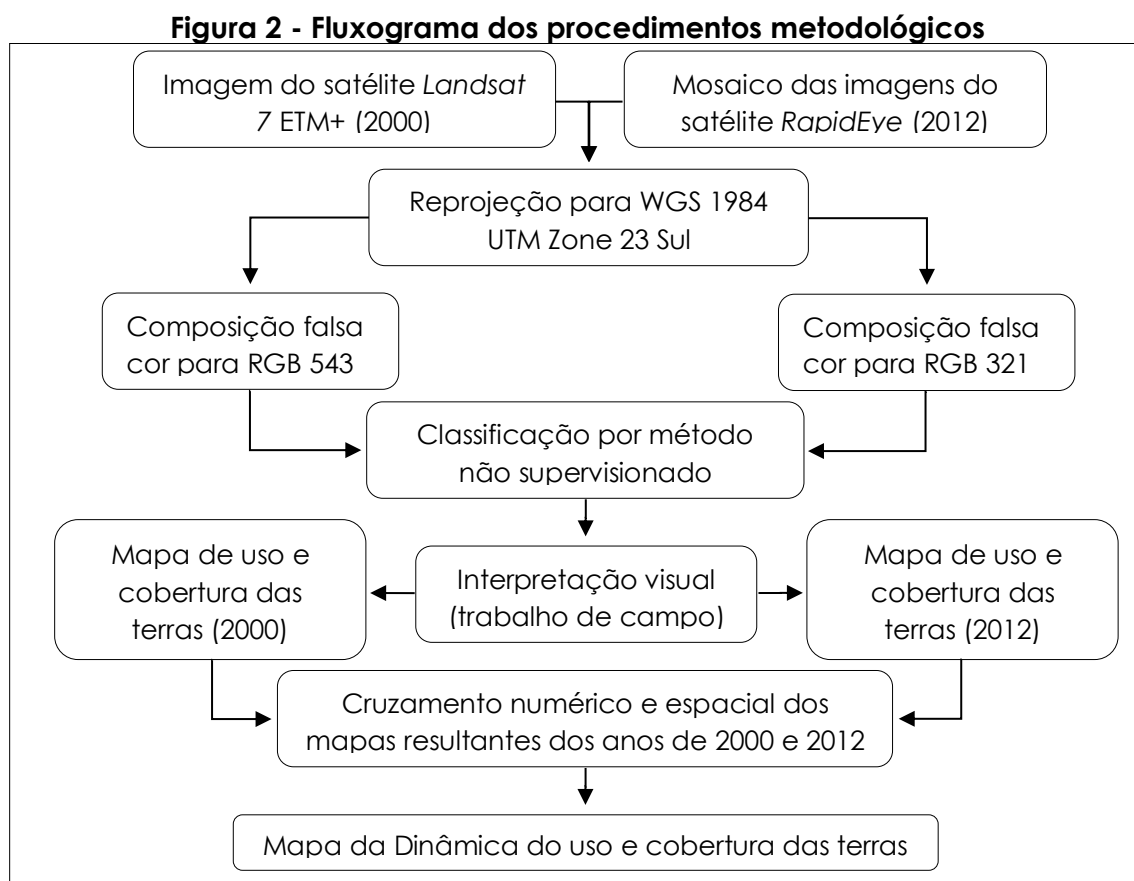
A área de estudo apresenta um clima quente tropical, com temperaturas mínimas de 18° C e máximas de 39° C. A precipitação pluviométrica média anual é definida no Regime Equatorial Marítimo, com isoietas anuais entre 800 a 1.600 mm, cerca de 5 a 6 meses como os mais chuvosos e os demais considerados meses secos. O trimestre mais úmido é o formado pelos meses entre fevereiro e abril (IBGE, 1977 *apud* Aquiar; Gomes, 2004).

Os principais cursos d'água que drenam o município de Porto, além do rio Parnaíba, são os riachos das Contendas, Grande etc. e, também alguns lagos e lagoas (Aquiar; Gomes, 2004). Na área de estudo encontram-se os mais diversos tipos de solos representados principalmente pelos planossolos eutróficos, solódicos e não solódicos, A fraco e moderado, textura média, fase pedregosa e não pedregosa. Os solos hidromórficos, gleizados. Os solos aluviais, álicos, distróficos e eutróficos, de textura indiscriminada. Os solos arenosos principalmente quartzosos, profundos, drenados, desprovidos de minerais primários, de baixa fertilidade (Jacomine *et al.*, 1986 *apud* Aquiar; Gomes, 2004).

Em relação a vegetação, a área apresenta transições vegetais caatinga/cerrado caducifólio e floresta ciliar de carnaúba/caatinga de várzea, fase caatinga hiperxerófila e/ou cerrado e/ou carrasco (Jacomine *et al.*, 1986 *apud* Aquiar; Gomes, 2004). Com formações vegetais da mata dos cocais, com predominância de babaçuais, além de carnaubais.

Material e Métodos

No modelo teórico constam as bases de dados e etapas na elaboração dos mapeamentos (Figura 2). Para manuseio e modelagem dos dados foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no *software* ArcGIS (versão 10.2). O trabalho também é constituído por embasamento teórico, levantamentos e trabalho de campo.



Fonte: Elaborado por Wandemara de Oliveira Costa (2023).

Para o mapeamento do uso e cobertura das terras do ano de 2000 foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 7 ETM+*, órbita 219, ponto 63, com bandas do infravermelho com 30 metros de resolução espacial do dia 26 de dezembro de 2000, fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), classificadas automaticamente por método não supervisionado. Inicialmente as bandas foram reprojctadas para WGS 1984 UTM Zone 23 Sul, em seguida foi realizada a composição falsa cor para RGB 543.

No mapeamento do uso e cobertura das terras do ano de 2012 para abranger todo o município foram utilizadas duas imagens mosaicadas do satélite *RapidEye* com 5 metros de resolução espacial, fornecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), classificadas automaticamente por método não supervisionado, as imagens foram trabalhadas separadamente, mas utilizando as mesmas funções empregadas na imagem *Landsat 7 ETM+*. Inicialmente as bandas foram reprojctadas para WGS 1984 UTM Zone 23 Sul, em seguida foi realizada a composição falsa cor para RGB 321 com bandas do visível. Foi realizada a interpretação analógica gerando o mapa de uso e cobertura das terras.

Para interpretação das classes de uso e cobertura das terras nos mapas, no *ArcToolbox* foi manuseada a ferramenta *Spatial Analyst Tools* onde foi aplicada a função *Multivariate* para gerar as classes, em seguida a função *Majority* para filtrar o *raster* gerado. Após o procedimento de definição de classes, a função *Raster to Polygon* presente no *Arctoolbox* (*Arctoolbox Conversion Tools Raster to Polygon*), foi utilizada para converter os *rasters* em *shapefiles* polígonos, assim como, outras correções através da interpretação visual da imagem de satélite e com base nas informações obtidas em campo. Após serem identificadas, essas classes foram dispostas em arranjos devido a dificuldade de separação dos diferentes usos e coberturas das terras, e as possíveis dúvidas foram apuradas em campo, finalizando os mapeamentos.


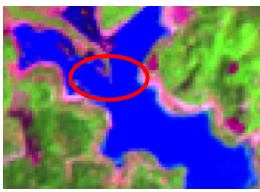


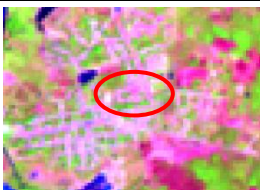
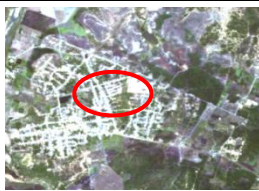






Considerando o mapeamento do uso e cobertura das terras para os





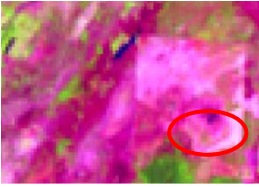

anos 2000 e 2012, foi possível cruzar os dados para obter o mapa da dinâmica espaço-temporal da área de estudo. Para isso foi necessário utilizar a ferramenta *Arctoolbox* foi aplicada a função *Overlay* que fez a interseção da imagem classificada *RapidEye* do ano de 2012 com a imagem classificada *Landsat 7 ETM+* do ano de 2000. A partir do cruzamento pode-se analisar as mudanças ocorridas entre os dois cenários, informações das áreas que permaneceram estáveis e as que mudaram ao longo dos anos.

Para a classificação das opções de uso e cobertura das terras da área de estudo foi realizada a interpretação dos elementos presentes na imagem *Landsat 7 ETM+*, referente ao ano 2000, onde foram definidos seis arranjos possíveis de uso e cobertura. São áreas correspondentes a: corpos hídricos; áreas urbanizadas; campo, capoeira e lavoura; floresta e babaçu; pasto, lavoura e carnaúba; e solo exposto. Assim como, foram utilizadas as imagens do satélite *RapidEye*, relativo ao ano de 2012, identificando sete arranjos de classes, os mesmos definidos no mapeamento do ano de 2000, com a inclusão da classe depósito de resíduos sólidos, adaptados de (IBGE 2013). Estes arranjos de classes são descritos no (Quadro 1).

Ao analisar a imagem o intérprete realiza a identificação das diferentes assinaturas espectrais que possuem padrões específicos característicos dos diferentes tipos de cobertura da terra. Os alvos na imagem apresentam distintos comprimentos de onda ou faixas espectrais. Por exemplo, uma floresta pode apresentar-se em tonalidades verde escuro, vermelho ou verde intenso dependendo da combinação entre as imagens e cores adquiridas em diferentes faixas espectrais do sensor. Este captura, num determinado comprimento de onda, a energia refletida pelo objeto, desse modo, objetos claros refletem mais energia (menor absorção) como solo exposto, enquanto objetos escuros como água com ausência de sedimentos, refletem menos energia (maior absorção) (INPE, [s.d]).

Quadro 1 - Arranjos de classes do uso e cobertura das terras para o município de Porto - PI

Classe	Fotografia	Imagem Landsat 7	Imagem RapidEye	Chaves de Interpretação
<p>Corpos hídricos Compreende as áreas ocupadas com água, tais como oceanos, rios, lagoas, lagoas, açudes, reservatório artificial ou natural, etc.</p>				Apresentam cor azul, verde escura quando são mais profundos (baixo nível de refletância), quando esse corpo d'água for raso torna-se mais claro (aumenta o nível de refletância), textura lisa, forma irregular.
<p>Áreas urbanizadas São áreas correspondentes às cidades, municípios, vilas e distritos. Compreende áreas de uso intensivo, estruturadas por construções e vias, onde as áreas vegetadas podem ou não ocupar superfícies significativas.</p>				Cor clara, textura ligeiramente rugosa, dispostas de maneira regularmente ordenada, com ruas regulares, vias, casas, partes urbanizadas.
<p>Campo, capoeira e lavoura Tipicamente áreas de vegetação secundária composta por gramíneas, com presença de arbustos de portes variados, distantes uns dos outros, são espaços aproveitados para a agricultura, principalmente, para subsistência e comercialização local.</p>				Cor verde (variando de tons escuros a claros) por conta da composição falsa cor, textura lisa a intermediária, área plantada apresenta forma relativamente regular e tamanhos variados.
<p>Floresta e babaçu Áreas de vegetação densa e heterogênea, predominantemente nativas, compostas por babaçuais em grandes quantidades.</p>				Cor verde, roxo com tons escuros, textura rugosa, formas irregulares e tamanhos variados, devido à presença, principalmente, de árvores agrupadas e variação de alturas.

<p>Pasto, lavoura e carnaúba Áreas mistas de vegetação rasteira (gramíneas), utilizadas como pastagem natural. Com cultivos agrícolas e criação de animais, áreas onde os corpos d'água encontram-se em abundância, justificando a presença de carnaubais.</p>				<p>Cor magenta (variando entre branco, rosa e roxo), estes devido a presença da carnaúba; as lavouras apresentam formas relativamente regulares e retangulares, com tons acinzentados; textura lisa a intermediária, tamanhos de médio a grande.</p>
<p>Solo exposto Corresponde às áreas desprovidas de vegetação, removidos principalmente pelas ações antrópicas. Bem como áreas degradadas pelo manejo agrícola inadequado ou confundidas com áreas recém-desmatadas para a prática agrícola ou bancos de areia dos rios.</p>				<p>Cor magenta (variando entre branco, rosa e roxo), com tons esbranquiçados, por possuir alta refletividade em superfície, formas irregulares, tamanhos variados, textura lisa, sem variação de altura.</p>

Fonte: Adaptado por Wandemara de Oliveira Costa (2018.)

O analista tem a liberdade de explorar as possíveis combinações de três cores no modelo RGB (Red, Green e Blue) com três bandas, para obtenção da imagem colorida que resulte em melhor contraste entre os alvos de interesse. Ainda que esse artifício visual das cores dependa da qualidade de contraste de cada banda, ele é controlado pela seleção apropriada das bandas em atribuição do comportamento espectral dos objetos presentes na imagem, o que exige do fotointérprete experiência e conhecimento sobre o comportamento espectral dos objetos. Não basta somente habilidade do intérprete em processamento de imagem (Meneses, 2012). Em relação aos dados de uso e cobertura da terra a composição de bandas realizada pelo intérprete irá “realçar” o comportamento espectral do objeto de interesse, como exemplo, área urbana, vegetação etc.

Segundo IBGE (2001), a água apresenta um comportamento espectral diferente conforme o estado físico que encontra-se. No estado líquido apresenta uma refletância baixa entre $0,38\mu\text{m}$ e $0,70\mu\text{m}$, absorvendo toda a radiação. No entanto, este comportamento é afetado pela concentração de materiais em suspensão e dissolvidos na água e pela profundidade do corpo hídrico, o aumento da quantidade desses materiais implica o aumento da refletância na faixa do vermelho, menor absorção.

Na interpretação das classes de uso e cobertura das terras foi fundamental compreender a composição falsa cor da imagem. A imagem *Landsat 7 ETM+* é composta por três bandas: a 5 (R) que corresponde ao infravermelho médio, esta banda está relacionada a concentração de água foliar e componentes bioquímicos da vegetação. A banda 4 (G) infravermelho próximo, nela os corpos de água absorvem muita energia nesta banda ficam escuros, a vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia, aparecendo clara nas imagens. A única banda do visível é a 3 (B), onde a cor magenta corresponde o solo exposto e área urbana.

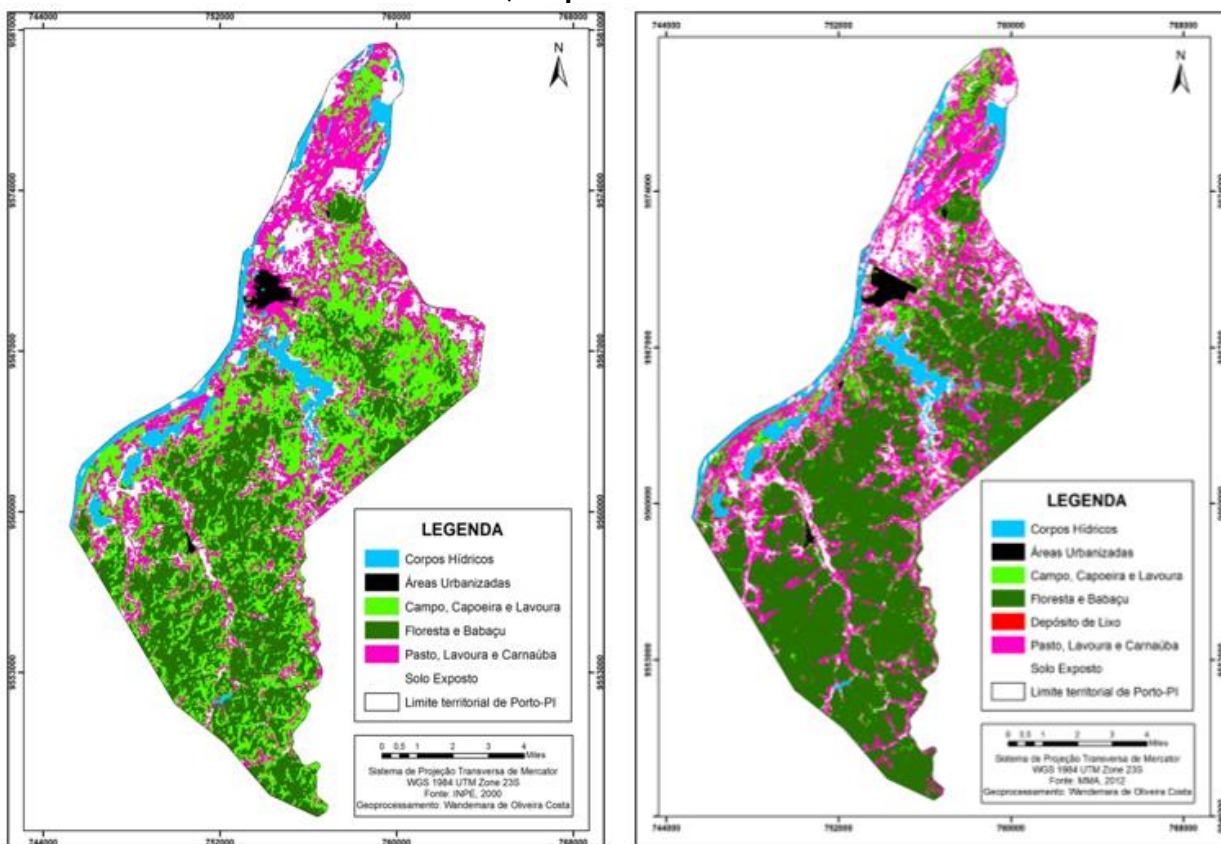
Para a definição dos arranjos foi preciso observar atentamente

características das imagens, diferentes tonalidades de cores, texturas, padrões dentre outros. As imagens *RapidEye* são compostas por três bandas do visível: na banda 3(R) a vegetação densa apresenta grande absorção, ficando escura, o que permite bom contraste em áreas urbanizadas e de solo exposto que aparecem claras na imagem pela quase total ausência de vegetação. Já nas bandas 2(G) e 1(B) estão relacionadas a capacidade de penetração dos corpos hídricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o mapeamento do uso e cobertura das terras do município de Porto, Piauí no ano de 2000 e 2012 foi possível compreender como esses arranjos de classes estão dispostos no espaço e a área que abrangem. Esse reconhecimento foi possível devido a padronização da cobertura terrestre e dos usos antrópicos característicos na área (Figuras 3 e 4).

Figuras 3 e 4 - Mapas de uso e cobertura das terras de Porto, PI dos anos de 2000 e 2012, respectivamente



Fonte: MMA (Brasil, 2012); Organização e Geoprocessamento: Wandemara de Oliveira Costa (2015).

Com relação aos corpos hídricos, o principal é o Rio Parnaíba que coincide com o limite territorial a oeste do município, juntamente com outros corpos d'água em 2000 ocupava 14,16km² da área, enquanto em 2012 representavam 11,52 km², uma redução de 18,64% da área de estudo, justificado pelo evento de estiagem ocorrido neste ano (Tabela 1).

Tabela 1 - Quantificação da cobertura e uso das terras e estatísticas para os anos 2000 - 2012

Classes de uso e cobertura das terras	2000		2012		Mudança Relativa, 2000 – 2012
	km ²	%	km ²	%	%
Corpos Hídricos	14,16	5,61	11,52	4,56	-18,64
Áreas Urbanizadas	2,39	0,95	2,67	1,06	11,72
Campo, Capoeira e Lavoura	80,28	31,78	20,7	8,19	-74,22
Floresta e Babaçu	75,72	29,98	127,46	50,46	68,33
Pasto, Lavoura e Carnaúba	56,53	22,38	62,54	24,76	10,63
Solo Exposto	23,52	9,31	27,7	10,97	17,77
Depósito de Resíduos Sólidos	-	-	0,004	0,4	-
Total	252,6	100	252,6	100	

Fonte: Organizado por Wandemara de Oliveira Costa (2015).

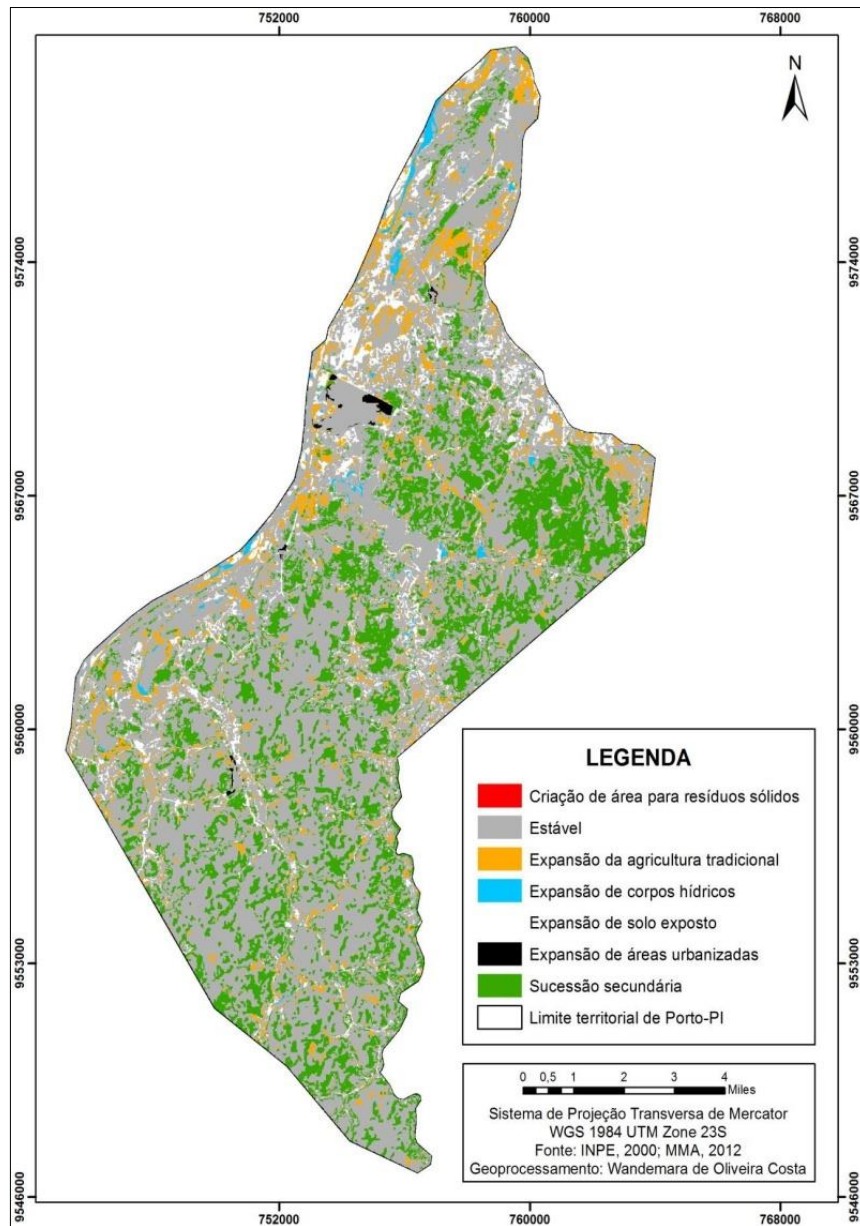
O arranjo de campo, capoeira e lavoura no ano de 2000 era predominante no município abrangendo 31,78% da área, pois a prática da atividade primária nesse período era bastante intensa. Já em 2012 esse arranjo ocupava apenas 8,19% da área de estudo, nesse período a atividade primária declinou, as práticas agrícolas foram diminuindo gradualmente permitindo um processo de regeneração da vegetação com uma mudança relativa de -74,22% justificando a expansão das florestas e babaçuais em 68,33% da área, diferença entre os anos de 2000 e 2012.

Os carnaubais estão associados a áreas de pasto e lavoura, juntos no ano de 2000 ocupavam 22,38% da área em comparação ao ano de 2012 com 24,76% da área de estudo, um crescimento de 10,63% indicando a permanência da agricultura tradicional. Estas áreas encontram-se próximas a solos expostos que entre os anos de 2000 e 2012 houve um crescimento de 17,77% da área. Enquanto as áreas urbanizadas nesse período o crescimento foi relativamente baixo de apenas 11,72% da área do município.

Na Figura 5 é possível observar a dinâmica do uso e cobertura das terras dos anos 2000 e 2012. A partir dessas alterações foram definidas sete classes que explicam as mudanças ocorridas entre esses períodos.

- **Criação de área para resíduos sólidos:** referente a uma área para a deposição de resíduos sólidos, no ano de 2000 não havia esse espaço, criada nesse intervalo de tempo, em 2012 ocupa uma área de apenas 0,4% do território.
- **Estável:** correspondem a todas as áreas que não ocorreram mudanças em relação aos tipos de uso e cobertura das terras do ano de 2000 para 2012.
- **Expansão da agricultura tradicional:** são áreas onde ocorreu a conversão para a agricultura de subsistência, com o cultivo agrícola e ou criação de animais.
- **Expansão de corpos hídricos:** são áreas onde ocorreu a mudança no curso do Rio Parnaíba ou onde lagos e lagoas ampliaram-se, bem como, o surgimento de algum corpo d' água isolado.
- **Expansão de solo exposto:** referem-se às áreas onde houve o recuo de corpos d'água, áreas desprovidas de vegetação, degradadas pelo manejo agrícola tradicional ou mesmo confundidas com áreas recém-desmatadas para a prática agrícola. Assim como, os bancos de areia no curso do rio Parnaíba.
- **Expansão de áreas urbanizadas:** compreende as áreas construídas devido ao crescimento populacional que ampliaram o núcleo urbano do município de Porto. Além, do crescimento das áreas rurais devido às modificações na cobertura vegetal pelos homens para diversos usos.
- **Sucessão secundária:** são áreas que tinham, em 2000, predomínio de uso agrícola, com indicador de abandono a prática, no decorrer dos anos essa vegetação passou por um processo de recuperação natural e em 2012 esse processo foi identificado.

Figura 5 - Mapa da Dinâmica do uso e cobertura das terras de Porto, PI dos anos 2000 e 2012



Fonte: INPE (2000); MMA (Brasil, 2012); Organização e Geoprocessamento: Wandemara de Oliveira Costa (2015).

As áreas de cada classe da dinâmica do uso e cobertura das terras do município de Porto, Piauí são apresentadas nas Tabelas 2 e 3, onde é possível observar as áreas que mantiveram-se estáveis, totalizando 161,44km², aproximadamente 64% da área, dos 252,6km² da área total do município,

assim como as mudanças ocorridas em cada classe ao longo dos anos entre 2000 e 2012 com 91,16km² da área total, as transformações mais significativas foram as alterações ocorridas nas áreas de campo, capoeira e lavoura convertidas em áreas vegetadas e, principalmente, consolidação de florestas e babaçuais resultando na sucessão secundária.

Tabela 2 - Dinâmica do uso e cobertura das terras em Porto, Piauí, 2000 – 2012

Uso e cobertura	Área em 2000						
	Corpos Hídricos	Áreas Urbanizadas	Campo, Capoeira e Lavoura	Floresta e Babaçu	Pasto, Lavoura e Carnaúba	Solo Exposto	Total
Área em 2012	km ² (%)	km ² (%)	km ² (%)	km ² (%)	km ² (%)	km ² (%)	km ² (%)
Corpos Hídricos	9,78 (3,87)	0,00 (0,00)	0,24 (0,10)	0,03 (0,01)	0,54 (0,21)	0,93 (0,37)	11,52 (4,56)
Áreas Urbanizadas	0,03 (0,01)	2,09 (0,83)	0,14 (0,06)	0,02 (0,01)	0,28 (0,11)	0,12 (0,05)	2,67 (1,06)
Campo, Capoeira e Lavoura	0,74 (0,29)	0,03 (0,01)	10,15 (4,02)	2,27 (0,90)	6,52 (2,58)	0,98 (0,39)	20,70 (8,19)
Floresta e Babaçu	0,29 (0,11)	0,01 (0,00)	48,88 (19,35)	71,00 (28,11)	6,51 (2,58)	0,79 (0,31)	127,46 (50,46)
Depósito de Resíduos Sólidos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)			0,00 (0,00)
Pasto, Lavoura e Carnaúba	1,36 (0,54)	0,17 (0,07)	18,25 (7,22)	2,14 (0,85)	31,79 (12,59)	8,84 (3,50)	62,54 (24,76)
Solo Exposto	1,97 (0,78)	0,10 (0,04)	2,63 (1,04)	0,25 (0,10)	10,89 (4,31)	11,86 (4,70)	27,70 (10,97)
Total	14,1 (5,61)	2,39 (0,95)	80,28 (31,78)	75,72 (29,98)	56,53 (22,38)	23,52 (9,31)	252,60 (100,00)

Sombreamento cinza para as áreas estáveis.

Fonte: Organizado por Wandemara de Oliveira Costa (2015).

Os arranjos das classes de campo, capoeira e lavoura e de pasto, lavoura e carnaúba juntos representam a agricultura tradicional (prática rudimentar que tem como principal objetivo a produção de alimentos para consumo próprio e subsistência da família. Essa prática não atua com tanta intensidade para a degradação da vegetação, são geralmente áreas de pequena extensão, distribuídas por todo o território), no mapa da dinâmica correspondem a 26,41% de área estável, essas práticas agrícolas de subsistência expandiram-se somente 6,54% da área, pois essas áreas foram convertidas, principalmente, em floresta e babaçu resultando na sucessão secundária com expansão de 22,36% da área.

Tabela 3 – Área e frequência relativa das classes da dinâmica de uso e cobertura das terras de Porto, Piauí

Classes	Área km ²	Frequência relativa (%)
Estável	161,44	63,91
Criação de área para resíduos Sólidos	0,00	0,00
Expansão da agricultura tradicional	16,53	6,54
Expansão de corpos hídricos	1,74	0,69
Expansão de solo exposto	15,84	6,27
Expansão de áreas urbanizadas	0,59	0,23
Sucessão secundária	56,46	22,36
Total	252,60	100,00

Fonte: Organizado por Wandemara de Oliveira Costa (2015).

Com relação aos corpos hídricos 3,87% das áreas permaneceram estáveis, a expansão foi de apenas 0,69% na área, apesar dessa expansão, com a dinâmica do rio Parnaíba, o avanço de lagos e lagoas, assim como o surgimento de algum corpo d' água isolado, os corpos hídricos convertidos no ano de 2000 foram maiores do que o ano de 2012 visto que a mudança relativa observada na Tabela 1 foi de -18,64%, ou seja, um crescimento negativo durante esse período

Santos *et al.* (2012), menciona que a seca na região Nordeste em 2012 tomou proporções imensas, tanto quanto as grandes secas já registradas nos anos de 1777, 1779 e 1888. "A quantidade de chuvas no Nordeste este ano foi considerada irregular e mal distribuída, muito abaixo da média histórica em todos os estados" (Santos *et al.*, 2012, p. 823). Isso explica, a redução dos corpos hídricos do ano de 2012 em relação ao ano de 2000.

A estiagem no ano de 2012 também pode justificar a expansão de solo exposto 0,78% da área, corpo hídrico convertido em solo exposto, mas a expansão se deu, principalmente, pela conversão da agricultura tradicional

de 5,35% da área. Para a realização da plantação a vegetação é desmatada e queimada, pois, são práticas agrícolas rudimentares, além disso, o pastoreio de animais reduz a quantidade de vegetação rasteira, muitas vezes confundidas com solo exposto, essas áreas correspondem a aproximadamente 6,3 % da área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude do uso intensivo da cobertura natural pelo homem, os problemas ambientais têm ganhado atenção, pois, essas alterações no ambiente comprometem a qualidade de vida das pessoas. Os homens, cada vez mais, buscam alternativas promotoras para o desenvolvimento sustentável. Os estudos do uso e cobertura das terras são fundamentais para o planejamento de como o homem se apropria do ambiente terrestre. Compreender a dinâmica do espaço, ou seja, as mudanças que ocorrem ao longo do tempo são imprescindíveis para indicar as ações necessárias para a sustentabilidade ambiental.

O uso das geotecnologias hoje é fundamental para o levantamento e mapeamento do uso e cobertura das terras. Por meio do sensoriamento remoto e do SIG os estudos tornaram-se cada vez mais precisos, a disponibilidade das informações permitem entender a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura das terras, possibilitando a análise do uso inadequado da terra, assim como, estratégias que conciliem o uso da terra pelo homem com a preservação da cobertura terrestre.

Na classificação de uso e cobertura das terras foram adotados seis arranjos possíveis de uso e cobertura. São áreas correspondentes a: corpos hídricos; áreas urbanizadas; campo, capoeira e lavoura; floresta e babaçu; pasto, lavoura e carnaúba; e solo exposto, correspondentes ao ano de 2000 e com a inclusão da classe depósito de resíduos sólidos para o ano de 2012.

Os principais resultados obtidos com o mapeamento da dinâmica de

uso e cobertura das terras do município de Porto, Piauí entre os anos de 2000 e 2012 foram, a conversão de áreas de campo, capoeira e lavoura para áreas vegetadas, caracterizando a sucessão secundária com 22,36% da área, proporcionando alterações positivas na cobertura vegetal natural do município, portanto a hipótese foi negada.

As alterações na paisagem da área de estudo também ocorreram, com relação a expansão da agricultura familiar em 6,54% da área, ponto que merece atenção, haja vista que o desmatamento e a queimada da vegetação para a prática agrícola causam degradação, contribuindo para a expansão de solos expostos em 6,27% da área.

Portanto, o mapeamento do uso e cobertura das terras do ano de 2000 e 2012 foi importante para entender a dinâmica do município de Porto, Piauí, metade dessas áreas permaneceram estáveis. Entretanto, ocorreram mudanças significativas em sua paisagem devido à retração da área plantada, possibilitando a sucessão secundária, que levam a considerar que a interseção desses dois cenários proporcionou a obtenção de informações das alterações do uso e cobertura das terras, importantes para o planejamento territorial e ambiental.

REFERÊNCIAS

AQUIAR, R. B. de; GOMES, J. R. de C. (org.) **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do Município de Porto**. Fortaleza: CPRM; Serviço Geológico do Brasil, 2004.

AQUINO, C. S.; VALLADARES, G. S. Geografia, geotecnologias e planejamento ambiental. **Geografia**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 117-138, 2014.

BORGES, M. H.; PFEIFER R. M.; DEMATTE. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'oeste (SP). **SciELO Agricultura**, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 365-371, out. /dez. 1993.

CABRAL, L. J. R. S.; VALLADARES, G. S.; SANTOS, A. C. dos. Mapeamento Geomorfológico do município de Porto, Piauí. **Geonorte**, [s.l.], ed. especial 4, v. 10, n. 3, p. 200-204, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Introdução ao Processamento Digital de Imagem**. Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências; IBGE, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências; IBGE, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, [s.d.]. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: 25 maio 2020.

MENESES, P. R. Princípios de Sensoriamento Remoto. *In*: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: CNPq, 2012.

MOTA, L. H. da S. de O. *et al.* Análise multitemporal do uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú-CE. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 32, n. 2, p. 379-396, 2013.

SANTOS, E. *et al.* A seca no Nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-CE. **Geonorte**, [s.l.], ed. especial 2, v. 1, n. 5, p. 819-830, 2012.