ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>

Transformações do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena, Pará

Layse Gomes Furtado¹, Gundisalvo Piratoba Morales², Davi Farias da Silva³, Altem Nascimento Pontes⁴

¹ Especialista em Geoprocessamento aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Ciências Ambientais - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Estado do Pará, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, CEP 56900-000, Belém, Pará. (91) 3131-1914. layse.furtadog@gmail.com (autor correspondente). ² Professor Dr. Adjunto IV, Universidade do Estado do Pará, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, CEP 56900-000, Belém, Pará. (91) 3131-1914. gundymorales@gmail.com. ³ Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal Rural da Amazônia. Mestrando em Ciências Ambientais - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Estado do Pará, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, CEP 56900-000, Belém, Pará. (91) 3131-1914. davifarias.rug@gmail.com. ⁴ Professor Dr. Adjunto IV, Universidade do Estado do Pará, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, CEP 56900-000, Belém, Pará. (91) 3131-1914. altempontes@gmail.com.

Artigo recebido em 16/04/2020 e aceito em 07/07/2020.

RESUMO

A importância de estudos que relacionem as alterações de cobertura, uso e manejo da terra são fundamentais para compreender a dinâmica da paisagem em determinadas áreas. O presente trabalho teve por objetivo analisar as transformações do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, no município de Barcarena/PA, ao longo dos últimos 29 anos. Por meio de geotecnologias foi realizada a identificação, classificação e quantificação dos tipos de uso e cobertura da terra, utilizando imagens de satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI, correspondentes aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2019. Após o processamento das imagens, os elementos encontrados no interior da bacia foram classificados e analisados para a compreensão do seu processo de evolução ou regressão. Os resultados apontaram que houve um crescimento progressivo de áreas urbanizadas desde 1990, em detrimento da vegetação florestal. Porém, somente em 2000, foi observada a crescente evolução das áreas sem vegetação, onde 21,19% correspondia a área urbanizada e 4,08% a área de solo exposto. Em 2010, foi registrado uma perda superior a 50% de vegetação florestal, dando espaço, principalmente, para área urbanizada (35,01%). Diferentemente do ano 2000, em 2019 mais de 50% (1,505 ha) da bacia encontrava-se antropizada. Conclui-se que a maioria de áreas de floresta foram convertidas em áreas urbanizadas, onde a expansão delas é proporcional a expansão industrial e populacional do município. Tais mudanças propiciaram diversos impactos ambientais, dentre eles o intenso desflorestamento e a poluição do solo e do rio Murucupi por detritos domésticos e industriais.

Palavras-chave: Dinâmica da paisagem, Geotecnologias, Impactos ambientais.

Land use and land cover transformations in the Murucupi river basin, Barcarena, Pará

ABSTRACT

The importance of studies that relate to changes in land cover, use and management are fundamental to understand the dynamics of the landscape in certain areas. The present work aims to analyze the transformations of land use and coverage in the hydrographic basin of the Murucupi River, in the municipality of Barcarena / PA, over the past 29 years. Geotechnologies were used to identify, classify and quantify the types of land use and land cover, using satellite images Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI, corresponding to the years 1990, 2000, 2010 and 2019. After processing the images, the elements found inside the basin were classified and analyzed to understand their evolution or regression process. The results showed that there has been a progressive growth in urbanized areas since 1990, to the detriment of forest vegetation. However, only in 2000, there was an increasing evolution of areas without vegetation, where 21.19% corresponded to the urbanized area and 4.08% to the exposed soil area. In 2010, a loss of more than 50% of forest vegetation was recorded, giving space, mainly, to the urbanized area (35.01%). Unlike the year 2000, in 2019 more than 50% (1,505ha) of the basin was anthropized. It is concluded that the majority of forest areas have been converted into urbanized areas, where their expansion is proportional to the industrial and population expansion of the municipality. Such changes have led to several environmental impacts, including soil and Murucupi river pollution by domestic and industrial waste.

Keywords: Landscape dynamics, Geotechnologies, Environmental impacts.

Introdução

As transformações na paisagem podem, ou não, ser condicionadas pelas intervenções do homem, considerando que essas modificações são produtos da interação entre elementos naturais e suas permanentes alterações. Muitas dessas mudanças ocorridas em outrora propiciam processos atuais, principalmente, relacionados à degradação do meio ambiente. Diante desse pensamento, os estudos que correlacionam a descrição da cobertura da terra e a diferenciação dos seus diferentes usos e manejos são relevantes para compreender a intensidade e os tipos de mudanças em determinadas áreas (Seabra e Cruz, 2013; Trevisan, 2017).

O território brasileiro abriga um terço das florestas tropicais úmidas do planeta, onde cerca de 40% de sua área está coberta pela floresta amazônica, caracterizada por possuir o maior bloco contínuo de florestas tropicais úmidas remanescente do mundo (Diniz et al., 2015). Os processos de mudanças de uso e cobertura da terra, devido às pressões antrópicas relacionadas à exploração de matéria prima e a transformação da floresta para usos de pecuária e agricultura, têm alterado de maneira relevante a paisagem antes constituída pelas florestas tropicais (Sousa et al., 2017).

A importância em conhecer as mudanças ocorridas no espaço e os impactos ambientais provenientes delas é essencial para alcançar o equilíbrio dos sistemas naturais e a utilização de maneira sustentável dos seus recursos (Rosa et al., 2017). Diante disso, a comunidade científica e a gestão governamental, ainda consideram o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, o meio mais eficaz de monitorar as alterações do meio ambiente (Matiello et al., 2017).

Uma vez que, a partir do sensoriamento remoto é feita a aquisição de informações sobre os objetos sem contato físico. Segundo Fitz (2008) um dos principais objetivos dessa geotecnologia é distinguir e identificar as composições de diferentes materiais superficiais, como as espécies de vegetação, padrões de uso do solo, rochas, entre outros. E essa distinção e identificação é viável devido ao fato dos materiais superficiais terem comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético. E apoiado a isto, por meio do Geoprocessamento, com suas técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica é possível integrar, analisar e quantificar os objetos e fenômenos da superfície terrestre (Câmara et al., 1999).

Entre as principais transformações antrópicas desenvolvidas sobre o ambiente natural, Furtado, L.G.; Morales, G.P.; Silva, D.F.; Pontes, A.N.

pode-se destacar o processo de urbanização como provedor de modificações significativas nos ecossistemas naturais, desencadeando uma série de impactos capazes de colocar em risco a integridade destes ambientes e suas populações (Pavanin et al., 2016). A medida que esse processo cresce a demanda por espaços aumenta, e as populações mais pobres tendem a buscar locais mais próximos aos centros urbanos, se instalando em áreas periféricas, proibidas ou inadequadas para ocupação, sem qualquer infraestrutura planejada (Dias et al., 2011).

Devido à urbanização concomitante ao crescimento populacional e a resultante competição por terra, água, recursos energéticos e biológicos, é dada a necessidade de organizar os usos da terra, de combinar esse uso com a proteção de ambientes ameaçados e de melhorar a qualidade de vida da população (Silva et al., 2016). As utilizações inadequadas da terra têm provocado sucessivos e inúmeros problemas ambientais, com destaque à erosão hídrica; perda de qualidade dos solos; redução de oferta hídrica e drástica alteração e degradação da cobertura vegetal (Stanganini e Lollo, 2018).

Neste contexto, delimita-se a bacia hidrográfica como unidade espacial a ser discutida nessa pesquisa, considerando sua importância para a manutenção da vida, e as constantes problemáticas socioambientais desencadeadas pela sua má utilização, resultando em diversos impactos e mudanças na paisagem natural (Zanella et al., 2013). Quando os recursos ambientais da bacia hidrográfica são utilizados de maneira descontrolada, há interferência no comportamento hidrodinâmico das águas, modificando seu ciclo hidrológico e alterando a sua composição física, química e biológica (Botelho, 2011).

Perante a complexidade em estudar bacia hidrográfica, considerando os seus aspectos naturais e as ações e intervenções humanas é imprescindível a adoção de políticas públicas que viabilizem o desenvolvimento econômico e a manutenção dos ecossistemas naturais (Pereira et al., 2016). Dessa forma, estabeleceu-se a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento ambiental, com intuito de subsidiar um ordenamento territorial marcado sobre princípios de sustentabilidade, posto que, por meio dela é possível analisar como a ação humana repercutirá sobre o equilíbrio hidrológico e ecológico da bacia (Botelho, 2011).

Diante da relevância de estudos e pesquisas sobre o uso e cobertura da terra em bacia hidrográfica, a qual está fundamentada na necessidade de entender as dinâmicas da paisagem

e seus impactos sociais, econômicos e ambientais. Este trabalho teve como objetivo analisar as transformações do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, no município de Barcarena/PA, ao longo dos últimos 29 anos.

Material e métodos

Os procedimentos metodológicos e operacionais (Figura 1) desta pesquisa foram realizados com base bibliográfica e de levantamentos de dados (imagens de satélites) para a interpretação dos alvos na superfície terrestre, com intuito de identificar, classificar e quantificar os tipos de uso e cobertura da terra, calculando o valor por área de cada classe encontrada.

Figura 1. Fluxograma dos estágios metodológicos e operacionais.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Murucupi (Figura 2) apresenta uma área de 29 km² e está localizada no município de Barcarena, estado do Pará, a qual pertence à região intermediária e região imediata da capital do estado, Belém. O rio Murucupi encontra-se no sistema hidrográfico da região estuarina do rio Pará, entre a região de Belém e a costa Sudoeste da Ilha de Marajó (Martins e Mendes, 2011). Sua nascente localiza-se dentro de uma área de preservação ambiental a poucos metros do empreendimento industrial de beneficiamento de bauxita, no mesmo município. Seu curso natural atravessa os polos urbanos de Vila dos Cabanos e dos Bairros Laranjal e Pioneiro e desemboca aproximadamente a 8 km no Furo do Arrozal. Este curso d'água corta o município de Barcarena recebendo uma grande carga de esgotos domésticos que é lançada *in natura* continuamente ao rio (Oliveira, 2013).

De acordo com a resolução 357/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, as águas do rio Murucupi, leito principal da bacia hidrográfica em estudo, podem ser classificadas como água doce classe 2, sendo destinadas tanto para consumo

humano, após tratamento convencional, quanto para suprir algumas necessidades de populações ribeirinhas (Brasil, 2005). Tais cursos d'água refletem a qualidade natural influenciada pelas atividades humanas na bacia hidrográfica, recebendo modificações, impressões e/ou colisão na prática da descarga de aditivos concretos, e quando não diluído pode causar poluição das águas (Almeida Jr et al., 2019).

Segundo o último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2010, o município de Barcarena tinha cerca de 100 mil habitantes, como população estimada em 2019 de aproximadamente 125 mil, e seu território compreende uma área de 1.310,340 km² (IBGE, 2020). Por se tratar de um polo industrial, ele abriga muitas empresas que desenvolvem atividades de transformação mineral, como no caso das empresas Albrás/Alunorte, que vêm sendo palco de diversos acidentes ambientais que evidenciam a fragilidade da gestão (Silva e Bordalo, 2010; Bordalo e Silva, 2012; Bordalo et al., 2017; Almeida Jr et al., 2019; Santos, 2019).

Figura 2. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena/PA.

Ressalta-se que a origem dos diversos problemas ambientais não está relacionada, somente, com as indústrias, mas também com a falta de saneamento básico, como a presença de lixões, efluentes domésticos e sanitários, trazendo graves consequências para a população local (Pereira, 2007). O *Ranking* da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), realizado em 2017, evidenciou que Barcarena teve em média 180 internações médicas por doenças ocasionadas pela falta de saneamento, a cada 100 mil habitantes (ABES, 2018).

O município de Barcarena e adjacências fazem parte da zona estuarina Amazonas, Tocantins e Guamá e está disposta sobre o espesso pacote sedimentar de idade cenozoica. Sua estratigrafia é pouco variável, sua porção continental apresenta sedimentos do Terciário (Formação Barreiras) e nas margens dos rios estão os sedimentos do Quaternário (Rosseti, 2001). A formação Barreiras está exposta na maior parte do município e é composta por arenitos, siltitos e argilitos, de coloração cinza amarelada e espessura de até 100 metros, e ainda apresenta concreções lateríticas do Mioceno Superior (Oliveira, 2013).

A respeito da vegetação do município de Barcarena, levantamentos com aerofotografias de 1973 acerca da composição florística da região, mostram que a área de terra firme se constituía de esparsas sobras de vegetação primária (floresta Furtado, L.G.; Morales, G.P.; Silva, D.F.; Pontes, A.N.

densa dos baixos platôs Pará/Maranhão), com quase totalidade recoberta por capoeira em diferentes estágios de formação, decorrentes da degradação pelo uso agrícola e posterior abandono da mesma; já ao longo das margens dos rios e igarapés predominam floresta de várzea, mangue e siriúba (Guedes, 1980). Tal supressão vegetal ocorre até os dias atuais, principalmente às margens dos furos e rios do município, contribuindo para o assoreamento dos mesmos e ameaçando às reservas de água doce (Seabra, 2019).

Nos aspectos climáticos, segundo a classificação de Köppen (1936), a região de Barcarena apresenta característica climática equatorial úmido, ou seja, clima tropical chuvoso de monção. E sua temperatura média anual é de 27 °C, com variação térmica mínima, e precipitações, acima de 2.500 mm por ano, ocorrendo maiores volumes nos primeiros seis meses do ano (IDESP, 2011).

Coleta de dados

Para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Murucupi, foi realizada a extração automática de bacias, em ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando dados de altitude das imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), geradas pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e

disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* (USGS) (USGS, 2020). Também se utilizou a base cartográfica contínua do território brasileiro, disponível pelo IBGE, na escala de 1:250 000.

Para a realização do mapeamento dos tipos de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Murucupi, nos últimos 29 anos, selecionou-se imagens de satélites Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e da base de dados espaciais americanas da NASA, disponível pelo USGS (INPE, 2020; USGS, 2020). As imagens utilizadas compreendem ao período seco nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2019, o que corresponde aos meses de junho, julho e agosto. A periodicidade dos meses deu-se por apresentar baixa cobertura de

nuvem, o que facilita na melhor interpretação dos alvos na superfície terrestre.

Mapeamento do uso e cobertura da terra

Após a seleção de imagens de satélite, foi realizado o Processamento Digital de Imagem (PDI), percorrendo as etapas de pré-processamento; realce e classificação, onde aplica-se a calibração radiométrica, correções de distorções geométricas, remoção de ruídos, reamostragem, melhoramento de imagens pelo histograma e atribuição de classes aos objetos.

Para a identificação dos alvos na superfície terrestre, criou-se chaves de interpretação com base no Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT) (IBGE, 2013), com intuito de organizar melhor as feições (Figura 3).

Depósito de Rejeito Sólido (DRS). Imagem Landsat 5 TM, composição R5G4B3.

Figura 3. Chave de interpretação dos alvos na superfície terrestre.

Após essa etapa, iniciou-se o processo de classificação supervisionada da imagem, onde o operador dispõe de informações que permite a identificação de classe de interesse. Destaca-se que para a obtenção de classes estatisticamente confiáveis são necessários de 10 a 100 pixels por classe a ser levantada. Diante disso, adotou-se para a pesquisa a técnica de classificação multiespectral “pixel a pixel”, mais especificamente, o Método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) onde este considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (INPE, 2006).

As classes utilizadas no trabalho foram: vegetação florestal, vegetação secundária, solo exposto, área urbana e água. E ambas as etapas de PDI e classificação supervisionada foram realizadas nos *softwares* Qgis 2.18.

Por meio do Qgis 2.18 e seu complemento *Accuracy* foi realizado o cruzamento do mapa de uso e cobertura da terra e as amostras de validação para se obter a matriz de confusão. A partir dessa matriz, na planilha do Excel 2013, foi calculado o Coeficiente ou Índice Kappa. Segundo Alves et al (2019) esse índice é um teste estatístico que considera toda a matriz de confusão no seu cálculo,

inclusive os elementos de fora da poligonal principal, o mesmo é bastante aplicado aos resultados de classificação do uso e cobertura da terra.

Conforme Paes (2012) o coeficiente de Kappa é calculado através seguinte equação:

$$Kappa = \frac{PO - PE}{1 - PE}$$

Onde: PO (Proporção Observada) representa a exatidão geral da classificação, ou seja, é a soma da coluna diagonal da matriz dividida pelo número total de “pixels” amostrados. PE (Proporção Esperada) é a soma dos valores esperados das respostas concordantes dividida pelo total.

Sendo assim, esse índice é considerado como uma medida de concordância interobservador que possibilita avaliar tanto se a concordância está além do esperado tão somente pelo acaso, quanto o grau dessa concordância. Essa medida tem como valor máximo o valor unitário, que representa total concordância. E os valores próximos e até os abaixo de zero indicam nenhuma concordância, ou a presença de uma eventual discordância entre os juízes (PAES, 2012).

Segundo Landis e Koch (1997) é possível avaliar a qualidade da classificação de acordo com os parâmetros apresentados no Quadro 1 (Quadro 1).

Quadro 1: Qualidade da classificação segundo intervalos do Coeficiente de Kappa.

Valor Kappa	Qualidade da classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1997).

Resultados e discussão

O processo de transformação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi nos últimos 29 anos, observados pontualmente nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2019, pode ser analisado na Figura 4. Por meio das classes de uso e cobertura da terra, nomeadas, como: água, correspondente ao rio Murucupi; área urbanizada, englobando os núcleos urbanos e industrial; solo exposto, característico por área isentas de vegetação e/ou infraestrutura de moradia; vegetação secundária, com uso não identificado e vegetação florestal, permite verificar a heterogeneidade da paisagem na bacia hidrográfica. Assim, foi possível constatar uma progressiva diminuição das áreas de vegetação florestal (nativa) e um gradual aumento da área urbanizada.

A veracidade das classificações é possível de se observar, por meio do coeficiente de Kappa (Quadro 2, 3, 4 e 5), onde, de acordo com a qualidade de classificação definida por Landis e Koch (1977) (Quadro 1) todas as classificações estão em Excelente (0,80 – 1,00) precisão dos resultados, ou seja, a variação de pixel entre as classes observadas foi pouca.

QGIS 2.18 'Las Palmas'. Datum SIRGAS 2000 zona 22 S. Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM). Elaboração: Autores. Data de elaboração: 16 de abril de 2020.

Figura 4. Distribuição espacial do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2019.

Quadro 2: Validação da classificação da imagem do ano de 1990 pelo Método de Kappa.

Classe	Água	Vegetação Florestal	Vegetação Secundária	Área Urbanizada	Solo Exposto	Soma das linhas
Água	39450	46	18	45	0	39559
Vegetação Florestal	28	7245	3	0	2277	9553
Vegetação Secundária	20	0	1560	53	0	1633
Área Urbanizada	9	30	42	55168	1123	56372
Solo Exposto	13	15	6	6	38666	38706
Soma das colunas	39520	7336	1629	55272	42066	
Soma da diagonal = 142089				Número de amostras = 145823		
Soma entre colunas e linhas = 6380112425				Coeficiente de Kappa = 0.963417462 ou 96,34%		

Quadro 3: Validação da classificação da imagem do ano de 2000 pelo Método de Kappa.

Classe	Água	Vegetação Florestal	Vegetação Secundária	Área Urbanizada	Solo Exposto	Soma das linhas
Água	55650	0	0	17	0	55667
Vegetação Florestal	0	4120	3	0	277	4400
Vegetação Secundária	8	0	380	0	52	440
Área Urbanizada	0	28	42	60168	923	61161
Solo Exposto	0	20	6	6	19966	19998
Soma das colunas	55658	4168	431	60191	21218	
Soma da diagonal = 142084				Número de amostras = 141666		
Soma entre colunas e linhas = 7222502041				Coeficiente de Kappa = 0.984760164 ou 98,48%		

Quadro 4: Validação da classificação da imagem do ano de 2010 pelo Método de Kappa.

Classe	Água	Vegetação Florestal	Vegetação Secundária	Área Urbanizada	Solo Exposto	Soma das linhas
Água	750	0	18	17	0	785
Vegetação Florestal	0	25620	3	0	0	25623
Vegetação Secundária	8	30	380	0	2	420
Área Urbanizada	20	28	42	6168	13	6271
Solo Exposto	0	0	6	6	21231	21243
Soma das colunas	779	25680	452	6195	21251	
Soma da diagonal = 54149				Número de amostras = 54342		
Soma entre colunas e linhas = 6380112425				Coeficiente de Kappa = 0.99418615 ou 99,42%		

Quadro 5: Validação da classificação da imagem do ano de 2019 pelo Método de Kappa.

Classe	Água	Vegetação Florestal	Vegetação Secundária	Área Urbanizada	Solo Exposto	Soma das linhas
Água	25258	0	18	20	0	25296
Vegetação Florestal	0	4066	3	110	0	4179
Vegetação Secundária	8	30	26513	0	2	26553
Área Urbanizada	20	28	42	59726	13	59829
Solo Exposto	1	0	13	6	25031	25051
Soma das colunas	25288	4126	26592	59866	25051	
Soma da diagonal = 140594				Número de amostras = 140908		
Soma entre colunas e linhas = 5572300693				Coeficiente de Kappa = 0.996902202 ou 99,69%		

Esses quadros expõe a eficiência da classificação usada nesta pesquisa, onde o índice de

kappa de todas as classificações estão acima de 0,96, ou seja, 96% das amostras de validação é igual ao mapa de uso e cobertura da terra.

Por meio das classes de uso e cobertura da terra, nomeadas, como: água, correspondente ao rio Murucupi; área urbanizada, englobando os núcleos urbanos e industrial; solo exposto, característico por área isentas de vegetação e/ou infraestrutura de moradia; vegetação secundária, com uso não identificado e vegetação florestal, permite verificar a heterogeneidade da paisagem na bacia

hidrográfica. Assim, foi possível constatar uma progressiva diminuição das áreas de vegetação florestal (nativa) e um gradual aumento da área urbanizada.

Ao avaliar este processo de transição, percebe-se que a medida que ocorre a supressão vegetal da bacia, as áreas de urbanização e solo exposto tendem a crescer, relação inversamente proporcional, destacando-se uma evolução acentuada de áreas sem vegetação a partir dos anos 2000 (Figura 5).

Figura 5. Evolução das áreas com vegetação e sem vegetação entre os anos de 1990, 2000, 2010 2019 na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena/PA.

Em relação ao potencial florestal, o avanço pode ser considerado negativo, visto que na bacia, a expansão das classes de uso e cobertura da terra sobre a classe vegetação florestal (Figura 6), no

período de 1990 a 2019, acarretou um desmatamento superior 40% (1,173 ha) de floresta nativa, além, do aumento de, aproximadamente, 33% de área urbanizada.

Figura 6. Vegetação florestal na bacia hidrográfica do rio Murucupi.

Fonte: Fotos por Luiz Sousa, 2019.

A partir de 1985, Barcarena torna-se um município eminentemente industrial, onde 70,59% de sua economia correspondia à atividade industrial (IDESP, 2009). Essa mudança foi influenciada pela chegada e adensamento de empresas (Albrás, Alunorte, Pará Pigmentos, Imerys Rio Capim Caulim) na região. Diante de uma transformação econômica e social, o território que abrigava populações tradicionais que sobreviviam da agricultura familiar, foi direcionado a outras atividades econômicas, proporcionadas pelas novas empresas e suas subcontratadas que chegavam ao município (Nascimento, 2010).

Conforme mostra a Figura 4, a expansão urbana entre os anos de 1990 e 2000 é identificada pontualmente no núcleo urbano (porção central da bacia) e na área que compreende o Depósito de

Rejeito Sólido 1 (DRS1) da empresa Hydro Alunorte (porção sul da bacia) (Figura 7). Em 1990, a área urbanizada correspondia a 554 ha, tendo um acréscimo de 64 ha no ano de 2000, totalizando 618 ha, o que equivale um aumento de menos de 3% da área urbanizada no intervalo de 10 anos. Esses novos empreendimentos de transformação mineral na década de 90 contribuíram para o crescimento da população local e, consequentemente, à ampliação e diversificação de atividades econômicas, provocando a ruptura no padrão de ocupação do espaço local e nas sociabilidades (Trindade e Rocha, 2002; Silva, 2012). Por sua vez, a bacia hidrográfica do rio Murucupi, por estar localizada mais próxima do complexo industrial, recebeu uma demanda populacional considerável após essas instalações.

Figura 7. Imagens do DRS1 e da área do complexo industrial da Hydro Alunorte que está inserida na bacia hidrográfica do rio Murucupi.

Fonte: Boletim 246 WRM (2019); Amazônia Real (2018). Fotos por Pedrosa Neto.

É válido ressaltar que a presença significativa de núcleos urbanos, localizados na porção central da bacia, é resultado da criação, em 1985, de um espaço urbano planejado (Vila dos Cabanos) para abrigar funcionários da Albrás e da Alunorte (Figura 8), e posterior a isso, em meados dos anos

90, a expansão de “ocupações espontâneas” ao entorno do complexo industrial deu origem aos bairros do Pioneiro e Laranjal, característico por abrigar famílias remanejadas da área industrial e por trabalhadores que operavam nas obras do núcleo e do complexo industrial (Amaral, 2002).

Figura 8. Moradias e arruamentos da Vila dos Cabanos em 2014.
Fonte: Carmo (2015).

Apesar de identificar mudanças na cobertura florestal da bacia ao longo dos 29 anos desta pesquisa, somente a partir de 2000 que as mudanças observadas apresentam fortes correlações com as alterações ocorridas nas áreas urbanizadas e de vegetação secundária, podendo estar associadas com áreas de pasto e/ou agricultura (Figura 9). Ao observar as Figuras 4 e 9, percebe-se que em 2010 houve um aumento de 35,01% (1021 ha) das áreas urbanizadas, tanto nos

núcleos urbanos, quanto na área do DRS1 da empresa Hydro Alunorte. Quanto à vegetação secundária, sua expansão se dá de forma heterógena em toda bacia, tendo um aumento significativo de 15,84% (462 ha), quase o triplo identificado em 2000. Porém, mesmo com a supressão da vegetação florestal dando lugar a outras formas de uso e cobertura da terra, em 2010, ainda existiam 44,92% (1310 ha) de floresta em toda a bacia.

Figura 9. Mudanças quantitativas do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena/PA nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2019.

Cabe destacar que o maior pico de desmatamento, em um intervalo de 10 anos, ocorreu entre os anos 2000 a 2010, condizente a uma perda 679 ha de vegetação florestal. No

entanto, a maior expansão de área urbanizada, adotando o mesmo critério de intervalo, ocorreu entre os anos 2010 a 2019, correspondendo a um acréscimo de 484 ha. Nos anos de 1990 e 2000,

mais de 50% da bacia hidrográfica era composta por vegetação florestal. Adverso a esses anos, em 2019 mais de 50% da bacia era constituída por área urbanizada, o que permite inferir que desde 2010 a pressão antrópica sobre a bacia se dá de maneira intensa, induzindo o surgimento de problemas ambientais de origem e dimensões variadas. Como destaca Silva (2012), as expansões urbanas

irregulares dão origem aos problemas de saneamento (Figura 10), a partir do momento que os resíduos domésticos e sanitários são despejados no rio, assim como os dispersos lançamentos de resíduo industrial de empresas alocadas na região, afetando, não somente, os corpos hídricos, mas também o solo.

Figura 10. Precariedade do saneamento básico na bacia do hidrográfica do rio Murucupi.
Fonte: Fotos de trabalho de campo realizado em 2010. Silva (2012).

Conclusões

As análises realizadas a partir do mapa de uso e cobertura da terra e as quantificações das classes utilizadas no mapeamento permitem uma percepção mais detalhada nas inúmeras transformações ocorridas nos últimos 29 anos na bacia hidrográfica do rio Murucupi. Essas verificações são possíveis, por meio da utilização de métodos estatísticos aplicados a geotecnologias e estudos bibliográficos, possibilitando a identificação de alterações relevantes na área de estudo.

A pesquisa evidencia que os núcleos urbanos, classe inserida nas áreas urbanizadas, se expandiam proporcionalmente com aumento do complexo industrial da Hydro Alunorte, embora somente uma pequena parte dele esteja localizado na bacia, o DRS1 e a refinaria, o que indica uma forte relação entre atividades de grande poder econômico da região e a crescente demanda populacional e urbana do município.

De acordo com a dinâmica de desenvolvimento dos núcleos urbanos, é evidente que tal expansão tem como origem a instalação de várias ocupações espontâneas, principalmente, nas proximidades do rio Murucupi. Uma preocupação a mais, considerando que o mesmo é fonte de vida para comunidades tradicionais e ribeirinhas que vivem na bacia.

Cabe salientar que esse rio, no passado, era usado para várias atividades econômicas, como a pesca artesanal, e vias de circulação, hoje é usado como depositário de dejetos domésticos e industriais, em razão da expansão urbana aliada ao processo de industrialização do município de Barcarena. A ineficiência de fiscalização e a falta de planejamento na bacia proporcionam o surgimento e agravamento de problemas socioambientais, como marginalização, favelização, assoreamento e poluição do rio, alagamentos, erosão do solo e escassez de água, desequilibrando o meio.

O estudo comprova que as dinâmicas do uso e cobertura da terra estão baseadas na consolidação das áreas urbanizadas, uma vez que esta área triplicou de tamanho em 2019, deixando apenas pequenos mosaicos fragmentados de vegetação florestal ao Sul e ao Norte da bacia. Diante disso, uma das formas de conter a expansão urbana desenfreada é a adoção de políticas de ordenamento territorial, onde os interesses individual e empresarial coabitem com os interesses sociais, culturais e ambientais de outros grupos e da bacia como um todo.

Este trabalho aliado a outros estudos já realizados na região, agregam mais conhecimento e esclarecimento dos processos ocorridos ao longo dos anos, e mostram que o uso de ferramentas de geotecnologias pode auxiliar projetos, pesquisas e planejamento estratégico do território da bacia,

capazes de proporcionar subsídios que permitam melhorias nos ecossistemas e na qualidade de vida da população local.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio científico do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Estado do Pará e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Referências

- ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018. Disponível: <http://abes-dn.org.br/?p=13228>. Acesso: 10 dez. 2018.
- Almeida Junior, C.F., Silva, L.P., Santos, M.A.B., Ribeiro, R.P., 2019. Análise físico-química da água do rio Murucupi localizado no município de Barcarena-PA/Physical-chemical analysis of rural Murucupi water located in Barcarena-PA. *Revista Brazilian Journal of Development* 5(10), 21292-21301. Disponível: <http://www.brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/4030/3818>. Acesso: 19 mar. 2020. DOI: 10.34117/bjdv5n10-287.
- Alves, W.D.S., Morais, A., Pereira, B., Saleh, B. B., 2019. Análise do uso da terra, da cobertura vegetal e da morfometria da bacia do Ribeirão Douradinho, no sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(03), 1093-1113. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236063/33032>. Acesso: 03 jul. 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v12.3.p988-1002.
- Amaral, M.D.B., 2002. A outra face da cidade empresa: assentamentos urbanos na área de influência do projeto Albrás-Alunorte, in: Trindade Jr, S.C.C., Rocha, G.M. (Org.), *Cidades empresas na Amazônia: gestão do território e desenvolvimento local*. Paka-Tatu, Belém, pp. 237-271. Disponível: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomica/Geografia urbana/13.pdf>. Acesso: 05 mar. 2020.
- Amazônia Real, 2018. Meio Ambiente. Justiça suspende exames em favor da Hydro Alunorte em Barcarena. Disponível: <https://amazoniareal.com.br/justica-suspende-exames-em-favor-da-hydro-alunorte-em-barcarena/>. Acesso: 03 abr. 2020.
- Boletim 246 WRM, 2019. Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. Uma transição energética "verde" intensiva em minerais: desmatamento e injustiça no Sul global. Disponível: <https://wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim-do-wrm/secao1/brasil-barragem-de-residuos-da-mineradora-de-alumina-hydro-alunorte-um-desastre-anunciado/>. Acesso: 03 abr. 2020.
- Bordalo, C.A.L., Silva, F.A.O., 2012. Por uma gestão dos recursos hídricos no estado do Pará: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Murucupi no município de Barcarena. *Revista Geonorte*, 3(6), pp. 1216-1228. Disponível: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2018>. Acesso: 12 mar. 2020.
- Bordalo, C.A.L., Ferreira, D.L.N.; Silva, F.A.O., 2017. Conflitos socioambientais pelo uso da água em comunidades ribeirinhas no nordeste paraense: O caso das bacias hidrográficas dos Rios Murucupi e Dendê no Município de Barcarena-PA, in: Perez Filho, A., Amorim, R.R. (Org.), *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 7, pp. 323-334. Disponível: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1803>. Acesso: 25 mar. 2020. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1803
- Botelho, R.G.M., 2011. Bacias hidrográficas urbanas, in: Guerra, A.J.T. (Org.), *Geomorfologia Urbana*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 71-110.
- BRASIL, 2005. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março.
- Câmara, G., Barbosa, C. C. F., Davis, C., & Fonseca, F., 1999. Conceitos Básicos em Geoprocessamento. Geoprocessamento: teoria e aplicação (livro on-line). São José dos Campos: INEP.
- Carmo, M.B.S., 2015. Singularidade do urbano de Barcarena, como cidade ribeirinha da região Amazônica. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, Universidade do Vale do Paraíba.
- Dos Santos Alves, W., Morais, A., Pereira, B., Saleh, B. B, 2019. Análise do uso da terra, da cobertura vegetal e da morfometria da bacia do Ribeirão Douradinho, no sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(03), 1093-1113. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236063/33032>. Acesso: 02 jul. 2020.
- Dias, F.A., Gomes, L.A., Alkmim, J.K., 2011. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. *Revista Sociedade & Natureza*, 23(1), 127-147. Disponível: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/11389>. Acesso: 20 mar. 2020.
- Diniz, C.G., Souza, A.A.A., Santos, D.C., Dias, M.C., Luz, N.C., Moraes, D.R.V., Maia, J.S.,

- Gomes, A.R., Narvaes, I.S., Valeriano, D., Maurano, L.E.P., Adami, M., 2015. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 8(7), 3619-3628. Disponível: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7128317>. Acesso: 01 abr. 2020.
- Fitz, P.R., 2008. Cartografia básica. Oficina de Textos. São Paulo.
- Guedes, J., 1980. Plano urbanístico de Barcarena, análise. São Paulo, pp. 62.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Manual Técnico de Uso da Terra. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro: IBGE – Manuais Técnicos em Geociências, 7, 3 ed. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Cidades. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/barcarena/panorama>. Acesso: 10 mar. 2020.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2020. Catálogo de imagens. Disponível: dgi.inpe.br/CDSR/. Acesso: 01 mar. 2020.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. SPRING: Tutorial de Geoprocessamento.
- IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, 2009. Estatística Municipal. Barcarena.
- IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, 2011. Estatística Municipal. Barcarena.
- Koppen, W.D., 1936. Das geographische system der klimat. *Handbuch der klimatologie*, 1-44.
- Landis, R.; Koch, G. G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* [online] 33. Disponível: <http://www.jstor.org/stable/2529310>. Acesso: 02 de jul. 2020.
- Martins, S.E.; Mendes, A.C., 2011. Caracterização de depósitos sedimentares recentes da porção superior da Baía de Marajó (margem leste do estuário do Rio Pará, Amazônia). *Pesquisas em Geociências*, 38(2), 168-180.
- Matiello, S., Cerri, F., Pagani, C.P., Lima, J., 2017. O uso do geoprocessamento para delimitação e análise das Áreas de Preservação Permanente de um córrego em Nova Mutum Paraná-RO. *Revista Presença Geográfica*, 06. Disponível: <https://doi.org/10.36026/rpgeo.v4i1.2622>. Acesso: 03 mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.36026/rpgeo.v4i1.2622>.
- Nascimento, P.A.M., 2010. Gestão Ambiental em Área de Risco no Município de Barcarena/Pará. Dissertação (Mestrado). Florianópolis, Universidad de León.
- Oliveira, D.C., 2013. Distribuição de metais pesados e isótopos de Pb em sedimentos de fundo do rio Murucupi-Barcarena-Pará.
- Paes, A. T. (2010). Por dentro da Estatística. Análise univariada e multivariada. Einstein: Educ Contin Saude, 8(1), 1-2.
- Pavanin, E.V., Chuerubim, M.L., Lázaro, B.O., Nishiyama, L., 2016. Geoprocessamento aplicado ao diagnóstico de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego Guaribas em Uberlândia-MG. *Revista de Engenharia Civil IMED*, 3(2), 24-38. Disponível: <https://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v3n2p24-38>. Acesso: 12 mar. 2020. DOI: 10.18256/2358-6508/rec-imed.v3n2p24-38
- Pereira, B.W.F., Maciel, M.N.M., Oliveira, F.A., Alves, M.A.M.S., Ribeiro, A.M., Ferreira, B.M., Ribeiro, E.G.P., 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 11(2), 472-485. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/301332913_Uso_da_terra_e_degradacao_na_qualidade_da_agua_na_bacia_hidrografica_do_rio_Peixe-Boi_PA_Brasil. Acesso: 10 mar. 2020. Doi: 10.4136/ambi-agua.1802.
- Pereira, S.F., Lima, M.A., Freitas, K.H., Mescouto, C.S., Saraiva, A.F., 2007. Estudo químico ambiental do rio Murucupi-Barcarena, PA, Brasil, área impactada pela produção de alumínio. *Revista Ambiente & Água*, 2(3), 62-82. Disponível: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92820308.pdf>. Acesso: 15 mar. 2020. Doi: 10.4136/1980-993X.
- Rosa, E.P., Trentin, R., Dias, D.F., Santos, V.S., 2017. Mapeamento do uso e ocupação da terra no município de Jaguari-RS, in: Perez Filho, A., Amorim, R.R. (Org.), Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, 1: 6890-6894.
- Rossetti, D.D.F., 2001. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(1), 77-89.
- Santos, N.M., 2019. Análise da percepção de riscos ambientais por instituições públicas de Barcarena e do Estado do Pará: Estudo de caso para Barcarena-PA.
- Seabra, V.S., Cruz, C. M., 2013. Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia

- hidrográfica do Rio São João, RJ. *Revista Sociedade & Natureza*, 25(2), 411-426.
- Seabra, E.C., 2019. Análise de indicadores de desenvolvimento sustentável no município de Barcarena (Pará).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Manuais técnicos em geociências nº 7 - Manual Técnico de Uso da Terra. 3 (ed). Disponível: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso: 05 mar. 2020.
- Silva, F.A.O., Bordalo, C.A.L., 2010. Uma Análise Sócioambiental do Rio Murucupi em Barcarena - PA, 2010. V Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS), Florianópolis.
- Silva, F.A.O., 2012. Por uma gestão das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi-Barcarena-Pa.
- Silva, M.P., Santos, F.M., Leal, A.C., 2016. Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego da Olga, UGRHI Pontal do Paranapanema-São Paulo. *Revista Sociedade & Natureza*, 28(3), 409-428.
- Sousa, L.M., Adami, M., Lima, A.M.M., Ramos, W.F., 2017. Avaliação do uso e cobertura da terra em Paragominas e Ulianópolis-PA, utilizando dados do projeto terraclass. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69(3), 421-431.
- Stanganini, F.N., Lollo, J.A., 2018. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. *Urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 10, 118-128. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692018005015101&script=sci_arttext. Acesso: 30 mar. 2020.
- Trevisan, D.P., Moschini, L.E., Guerrero, J.V.R., 2017. Dinâmica Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Brotas-SP entre os Anos de 1988 e 2016. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(4), 204-219.
- Trindade Jr, S.C.C., Rocha, G.M., 2002. (org.). Cidade e empresas na Amazônia: gestão do território e desenvolvimento local. Paka-Tatu, Belém.
- USGS. United States Geological Survey. EarthExplorer, 2020. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 03 mar. 2020.
- Zanella, M.E., Olímpio, J.L., Costa, M.C.L., Dantas, E.W.C., 2013. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. *Revista Sociedade & Natureza*, 25(2), 317-332.