



**Encontro Técnico
AESABESP**
30º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN
30ª Feira Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



0000231 ESTIMATIVA DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAGUARI-AÇU/PA

Layse de Oliveira Portéglio⁽¹⁾

Engenheira sanitária e ambiental pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Mestranda em Ciências Ambientais pela UFPA. Engenheira sanitária na Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA.

Eduardo Ueslei de Souza Siqueira⁽²⁾

Engenheiro sanitário e ambiental pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Mestrando em Gestão de Riscos de Desastres Naturais na Amazônia pela UFPA. Engenheiro sanitário na Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA.

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima⁽³⁾

Engenheira sanitária e ambiental pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Msc. em Ciências – com ênfase em Qualidade da Água pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP – *campus* São Roque.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia BR 316, Km 8, Condomínio Pleno Residencial, Torre Equilíbrio, AP. 1103 - Centro - Ananindeua - Pará - CEP: 67030-000 - Brasil - Tel: +55 (91) 98525-5133 - e-mail: layseporteglio@hotmail.com.

RESUMO

A região amazônica é conhecida por sua densa cobertura vegetal, que possui legislação específica, para propor a gestão adequada para sua conservação e proteção, a fim de buscar sua utilização sem gerar prejuízos ambientais. O objetivo da pesquisa foi estimar o índice de cobertura vegetal, através do cálculo do *NDVI* (sigla em inglês para Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), a partir do geoprocessamento, na área da bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu, localizada em Ananindeua - PA, e possíveis intervenções nas áreas de preservação dos cursos d'água, considerando a margem de preservação do Código Florestal Brasileiro, através do uso de geotecnologias. Para realização do estudo foi definido a localização da área, seguida do levantamento bibliográfico e de dados secundários, determinação da cobertura vegetal através de geoprocessamento e realização de visitas *in loco*, possibilitando o desenvolvimento da pesquisa. Obteve-se dados referentes ao uso e ocupação do solo, e a existência de ocupações nas áreas onde deveriam ser faixas marginais de proteção. Através dos resultados encontrados, conclui-se principalmente que a cobertura vegetal na área da bacia foi menor no ano de 2019, em comparação com o ano de 2009.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura Vegetal, NDVI, Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui elevada cobertura vegetal, principalmente na região amazônica, localizada em sua maioria na região norte do país. Fazem parte de sua composição inúmeras espécies da flora, que abrangem um considerado percentual de seu território nacional. Devido diversidade climatológica, biológica e étnica-social e territorial, o país possui um conjunto de legislações vigentes a fim de proporcionar melhorias no gerenciamento dos recursos naturais em questão, como por exemplo o novo Código Florestal Brasileiro (CFB), definido na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

O monitoramento ambiental e a aquisição de dados observacionais contínuos, proporcionam melhor controle sobre o comportamento da vegetação. Desta forma, as Geotecnologias, através dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG's) e do Sensoriamento Remoto vêm sendo utilizadas como importantes ferramentas, para subsidiar o planejamento, as análises e as ações em diversas áreas de aplicação do conhecimento (FILHO et al., 2003).

Na região amazônica as cidades surgiram, em sua maioria, sem planejamento urbano. Em Ananindeua, no estado do Pará, algumas das áreas são classificadas por apresentarem ocupação predominantemente de padrão socioeconômico de baixa renda; uso predominantemente habitacional; ilegalidade na propriedade ou informalidade na posse da terra; precariedade e insuficiência de infraestrutura básica para atender os moradores; inexistência ou déficit de equipamentos comunitários de saúde, educação, esporte e lazer (ANANINDEUA, 2009).

O que afirma que a ocupação nessas áreas do município se deu de maneira irregular, ocasionando uma série de intervenções no ambiente local, como degradação de corpos d'água e de cobertura vegetal, dentre estas áreas está localizado o rio Maguari-Açu.

No caso da edificação urbana à margem de rios e de outros reservatórios de água, o CFB especifica os limites para as áreas de preservação às margens dos corpos d'água, evitando ocupações que intervirem na existência de vegetação, estejam os recursos hídricos em zonas rurais ou urbanas, onde se apresentam em números mais elevados (FARIAS, 2007).

Para tanto, o presente estudo desenvolveu-se visando estimar o índice de cobertura vegetal, através do cálculo do *NDVI* (sigla em inglês para Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), na área da bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu, localizada em Ananindeua - PA, a partir da utilização de programas computacionais voltados ao uso de geotecnologias, determinar, em termos percentuais, a perda de cobertura vegetal nos anos de 2009 a 2019, identificação de ocupações dentro do limite de área de preservação permitido pelo CFB, de acordo com a largura do rio existente na bacia, visitas *in loco* e pesquisa bibliográfica sobre a localidade de estudo.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O município de Ananindeua, que faz parte da região metropolitana de Belém no estado do Pará, localizado entre as coordenadas latitude 01°21'56" sul e longitude 48°22'20" oeste, com área de aproximadamente 191 km², cuja população estimada para o ano de 2018 foi de 525.566 habitantes (IBGE, 2018). No município se localiza a área de estudo desta pesquisa a Bacia Hidrográfica do Rio Maguari-Açu - BHRMA (Figura 1), pertencente a Região Hidrográfica Costa Atlântica – Nordeste (PARÁ, 2011), dos 22 bairros existentes na cidade, o bairro da Cidade Nova, Distrito Industrial, PAAR, Curuçambá, Heliolândia, Centro, Providência, Guajará e Maguari se localizam na área da bacia. O curso d'água principal é rio Maguari-Açu.

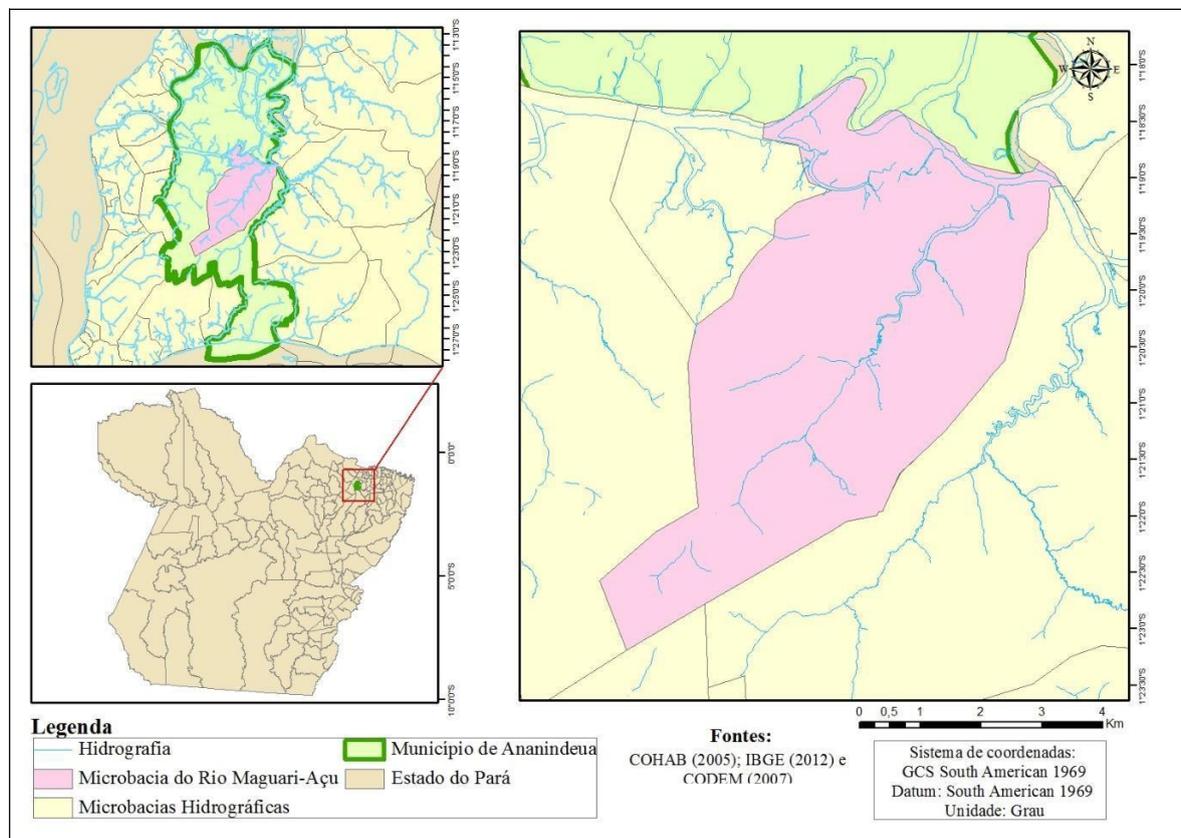


Figura 1: Mapa de localização da bacia do rio Maguari-Açu.

Foram utilizados para o desenvolvimento da pesquisa:

- Dados em relatórios, documentos, mapas, bancos de dados e outras publicações técnicas nos principais órgãos públicos como dados referentes a população, hidrologia, entre outros, disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE); dados da Companhia de Habitação do Pará (COHAB) e da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM) para a realização da análise do processo de uso e ocupação do solo e das condições socioeconômicas da área da bacia urbana em estudo.
- Imagens de satélite *Landsat 5* (janeiro de 2009) e satélite *Landsat 8* (julho de 2019), 8 disponibilizadas pelo *USGS* (sigla em inglês para Serviço Geológico dos Estados Unidos da América); base vetorial com a identificação dos principais componentes urbanos (ruas, edificações, infraestrutura, logradouros, etc.), digitalizadas em formato *shapefile* (*SHP*) no sistema de coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM), disponibilizadas pela COHAB;
- Os *softwares*: *QuantumGis 10* para processamento das imagens, *GPS TrackMaker – GTM PRO* para georreferenciamento, *Google Earth* versão PRO para análise espacial;

Para determinar os níveis de cobertura vegetal na área da bacia foi utilizado o índice de vegetação, que pode ser determinado a partir do uso de geotecnologias. De acordo com Meneses e Almeida (2012) a criação de índices é feita a partir da divisão de bandas, com objetivo de realçar variações de densidade da cobertura vegetal, apropriado quando se pretende fazer comparações ao longo do tempo, de uma mesma área. Tal índice, para este estudo será o *Normalize Difference Vegetation Index (NDVI)*, definido por operações matemáticas entre bandas, com o processamento de imagens de satélites, a partir da equação (1):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR: Refletância no comprimento de onda correspondente ao Infravermelho próximo;

RED: Refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho.

Para Ruhoff (2004) o *NDVI* é utilizado para a estimativa da biomassa e da cobertura vegetal e detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra. Na proporção em que há maior ocorrência de vegetação verde aumenta a reflexão na banda do infravermelho e diminui a reflexão na banda do vermelho, fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, realçando a vegetação existente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

DETERMINAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL ATRAVÉS DO *NDVI*

O *NDVI* é um processo de correção atmosférica, realizada a partir de operação matemática entre bandas, realizado a partir do processamento digital de imagens (RUHOFF, 2004). Para Silva e Fuckner (2008) com a dinâmica que ocorre no espaço urbano, o uso de dados obtidos, através de satélites de sensoriamento remoto possibilitam o monitoramento de mudanças no ambiente. Para os autores as imagens do satélite *Landsat 5 TM* são amplamente utilizadas para realização de estudo sobre a cobertura vegetal, nas quais possuem características espectrais nas faixas do vermelho e do infravermelho próximo.

Para esta pesquisa, a imagem utilizada para o ano de 2009 foi do satélite *Landsat 5 TM* (banda 4 – infravermelho próximo e banda 3 – vermelho), escolheu-se a imagem com baixa interferência de nuvens inclusa no intervalo de mais ou menos dez anos anteriores ao ano de 2019, acreditando-se que em períodos de menor duração as diferenças de cobertura vegetal poderiam não ser identificadas.

A imagem referente ao ano de 2019, foi do satélite *Landsat 8 OLI* (banda 5 – infravermelho próximo e banda 4 – vermelho), disponíveis pelo *USGS* (2019). O *software* utilizado para calcular o *NDVI* foi o *QuantumGis 10*.

Para a questão do uso e ocupação do solo na bacia estudada considera-se, principalmente, a urbanização que se deu de forma irregular, de acordo com Pimentel et al. (2006) a partir das décadas de 80 e 90 o súbito crescimento populacional estava relacionado à construção dos conjuntos habitacionais, bem como as ocupações espontâneas, desde então as formas de uso e ocupação do solo vêm se intensificando e conferindo maior complexidade ao espaço urbano. Podendo contribuir para insalubridade ambiental, diante da possível falta de planejamento urbano no município, algumas localidades se desenvolveram desordenadamente, com condições de saneamento básico ineficientes para atender a demanda populacional.

Para Silva (2012) os impactos da urbanização na escala de lote se iniciam no momento da retirada da cobertura vegetal, desprotegendo o solo, a partir da grande movimentação de terra e, conseqüente carreamento dos sedimentos por ocasião do escoamento superficial resultante da precipitação pluviométrica.

A expansão tem se dado de forma descontrolada, uma vez que a área da bacia é ocupada por habitações localizadas em terrenos ilegais, fora dos padrões vigentes, lotes de tamanhos e formas desiguais, construções não regularizadas por órgãos públicos ou precariedade de serviços públicos essenciais. Somado a isso, a retirada de cobertura vegetal, leva, conseqüentemente, a processos erosivos, gerando degradação do ambiente, podendo se propagar para áreas adjacentes (CARDOSO et al., 2006).

Na figura 2 é apresentado o mapa da cobertura vegetal no ano de 2009 e na figura 3 para o ano de 2019, para fins de comparação. As áreas verdes encontradas, representam a cobertura vegetal localizada na área da bacia estudada, a partir do cálculo do *NDVI* observa-se que a maior parte da vegetação está no entorno dos cursos d'água, sendo considerada também, como área de interesse ambiental, uma vez que acarreta grande influência na preservação dos recursos naturais existentes na localidade. Nota-se que ocorreu perda de vegetação no período utilizado, principalmente pela expansão da ocupação urbana, de uso e ocupação do solo.

De acordo com o cálculo do *NDVI* para o ano de 2009, 51% dos *pixels* apresentaram-se com valores próximos de “-1”, caracterizados pela maior quantidade de vermelho refletido, o resultado para esse valor numérico indica existência de água, ocupações no solo e desmatamento, representado pelas faixas espectrais de tons quentes (amarelo, laranja e vermelho), uma vez que o *NDVI* deve ser interpretado por tonalidade de cores. Os *pixels* da imagem do satélite *Landsat 5* com valores próximos a “+1” foram em torno de 49%, o resultado para “+1” indica que a refletância ocorreu em sua maioria na faixa de radiação do infravermelho, representado pelos tons de azul e verde, o que caracteriza presença de vegetação (Figura 2).

A partir da imagem de satélite *Landsat 8* para o ano de 2019, o cálculo do *NDVI* apresentou cerca de 56% de *pixels* com valores próximos de “-1”, o que indica ações antrópicas na superfície do solo que evidenciem perda da cobertura vegetal, além de características naturais existentes como corpos d'água, formações rochosas, etc., que não sejam característicos de vegetação. E resultado de 44% de *pixels* com valores próximos a “+1” que caracterizam existência de vegetação (Figura 3).

Observa-se assim, que no intervalo de 2009 a 2019 houve perda de áreas com cobertura vegetal como mostrado nas figuras 2 e 3, justificado talvez pelo aumento de ocupações urbanas no solo, caracterizando desmatamento. Historicamente, no ano de 1986 o desmatamento no município de Ananindeua foi cerca de 78% de sua mata nativa, causado também pelo seu crescimento urbano (PARÁ, 2011).

Porém, deve-se considerar que os valores calculados podem não ser completamente verdadeiros, uma vez que a presença de nuvens, gases e/ou outros, podem interferir na refletância, ocasionando valores negativos aos *pixels* (RUHOFF, 2004).

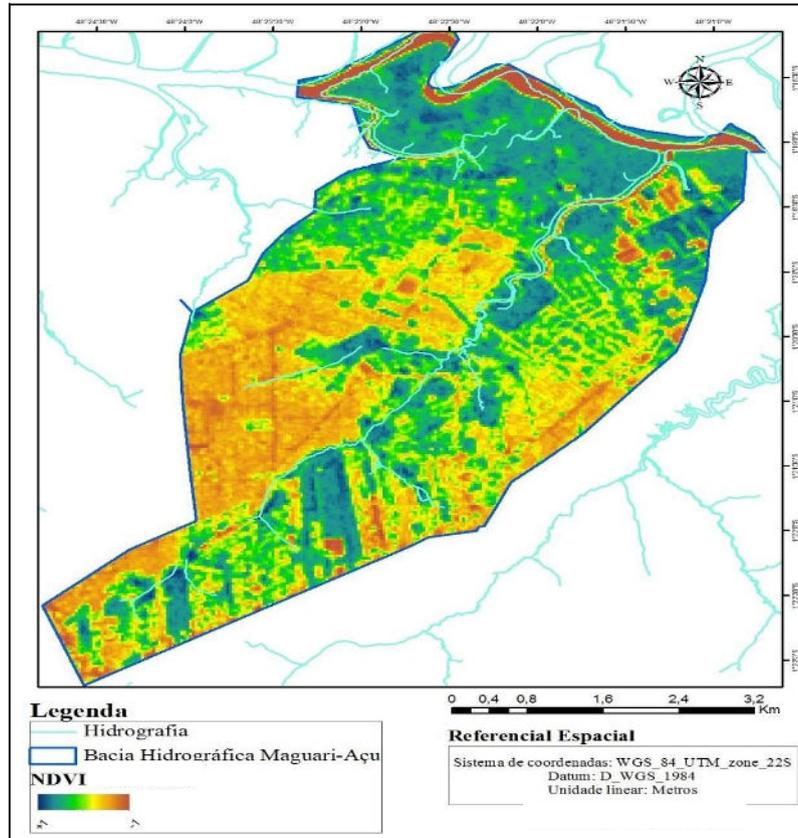


Figura 2: Cobertura vegetal na bacia do rio Maguari-Açu para o ano de 2009.

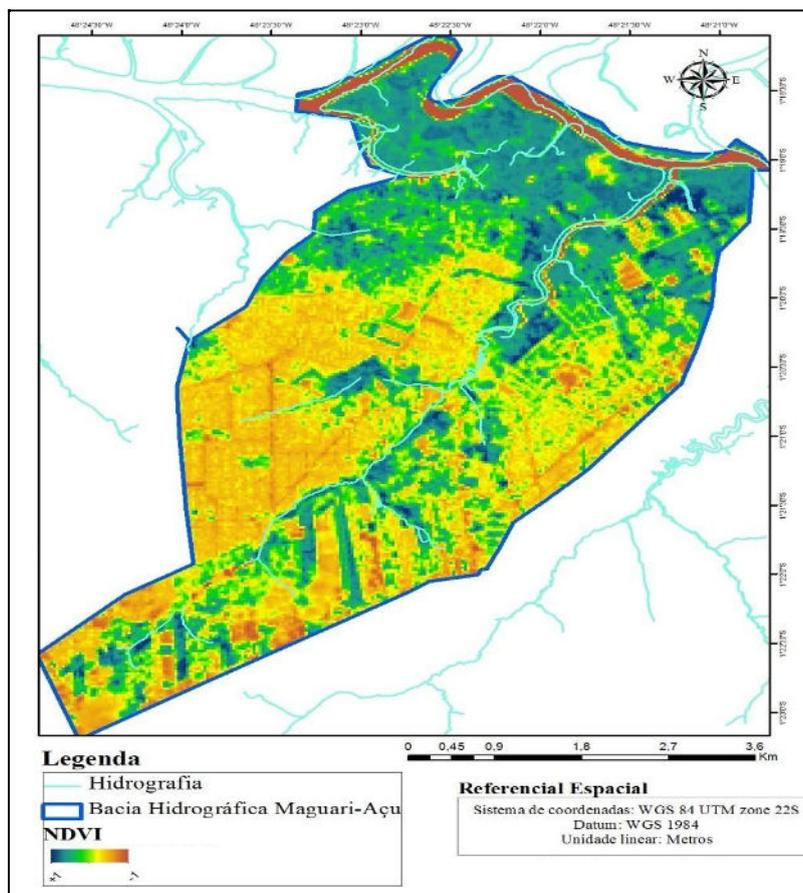


Figura 3: Cobertura vegetal na bacia do rio Maguari-Açu para o ano de 2019.

OCUPAÇÕES EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO SEGUNDO O CFB

De acordo com a pesquisa feita por Silva (2012) a largura máxima do rio Maguari-Açu é de 83 metros, desse modo o rio está inserido na classificação de cursos d'água que compreendem o intervalo de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura, possuindo limite para a faixa marginal de proteção de 100 (cem) metros (CFB em seu artigo 4º, inciso I).

Existem áreas condominiais que se localizam nos entornos ou englobando a nascente do rio Maguari-Açu em suas propriedades, porém a mata ciliar para as nascentes deve ser de 50 metros, segundo o artigo 4º, inciso IV do CFB, dessa forma, não deveria ocorrer a presença de ocupações conforme prevê o CFB, assim as áreas de nascente e entornos do rio Maguari-Açu atualmente ocupadas podem ser consideradas irregulares, ocupações ilegais. Na bacia estudada também existem cursos d'água que apresentam larguras menores de 10 metros, estes são braços do rio Maguari-Açu, que pelo Código Florestal Brasileiro devem possuir limite de faixa marginal de 30 metros.

A partir de dados disponibilizados pela COHAB elaborou-se o mapa de ocupações que foram surgindo nos entornos dos corpos d'água da bacia (Figura 4), foram utilizados os softwares GPS *TrackMaker PRO* e *Google Earth* para criação de arquivos em formato *shapefile* do curso d'água principal e de seus tributários, e com o uso da ferramenta *Buffer* do software *QuantumGis 10* foram criados os limites de mata ciliar de 30 metros para tratar os cursos d'água com largura inferior a 10 metros, e de 100 metros para tratar cursos d'água de largura entre 50 a 200 metros.

Os processos de impactos sobre os recursos hídricos na área de estudo são reflexos da combinação de fatores naturais e do uso do solo, estes últimos relacionados ao rápido processo de expansão urbana (PIMENTEL et al., 2006). A década de 1950 foi consolidada como o período do início da ocupação das áreas próximas as nascentes do rio Maguari-Açu, como é o caso da área, onde hoje está localizado o condomínio Lago Azul,

onde foi feito o represamento do rio Maguari-Açu para formação de um lago, denominado “Lago Azul”, com o intuito de proporcionar uma área de recreação e lazer para os moradores, o lago possui aproximadamente 2,5 metros de profundidade, cerca de 1.300 metros de extensão, chegando a atingir 130 metros de largura (SILVA, 2012).

Para Silva (2012) a compatibilização entre os limites das propriedades particulares e a malha hídrica da bacia do rio Maguari-açu está relacionada a fatores diretos, quando a propriedade particular incorpora áreas de nascentes e/ou ocupa margens de rios e lagos. Já os fatores que estão indiretamente relacionados com o corpo hídrico, podem ocorrer quando as populações destas propriedades não possuem informações sobre o rio e, por vezes, não têm conhecimento sobre a sua existência.

A partir da figura 4 observa-se uma das áreas de maior presença de edificações se localiza a oeste do mapa, onde o curso d’água existente possui largura inferior a 10 metros (02), logo o limite da Faixa Marginal de Proteção (FMP) seria de 30 metros, o que não está sendo implementado de acordo com CFB, considerando a existência de ocupações ao longo do perímetro especificado. Como o lago localizado ao sul do mapa (01) é de caráter artificial, foi feito através de represamento, não se enquadram os limites de FMP, conforme artigo 4º, inciso III do CFB.

Tais ocupações às margens dos rios podem ocasionar degradação dos rios e perda da qualidade de suas águas devido a intensa poluição, porém os efeitos da ação antrópica não se limitam ao lançamento de esgotos lançado in natura, somam-se ainda fatores como o despejo inadequado de resíduos sólidos. Os problemas comuns de poluição de águas procedem de temperaturas elevadas da água, bactérias fecais, pH, baixo teor de Oxigênio Dissolvido (OD), metais e nutrientes; causados, em sua maioria, por poluição urbana difusa, que é a fonte primária da poluição nos rios, lagos e lençóis subterrâneos (MARANHÃO, 2007). Além de doenças de veiculação hídrica, ou vetores de doenças que necessitam de água em pelo menos uma das suas fases de desenvolvimento (dengue, entre outras) (ANA, 2007).

Ao norte do mapa (Figura 4) encontram-se os cursos d’água com maiores dimensões de larguras, variando entre 50 e 85 metros, onde se observa a conformidade com o CFB, uma vez que no limite da faixa marginal de proteção é notada elevada presença de vegetação, dentro do contorno de 100 metros, exceto pelas áreas de chegada de matéria-prima e escoamento da produção do distrito industrial (03), pois o rio é utilizado como via hidroviária, usada também pelas comunidades locais (ANANINDEUA, 2006).

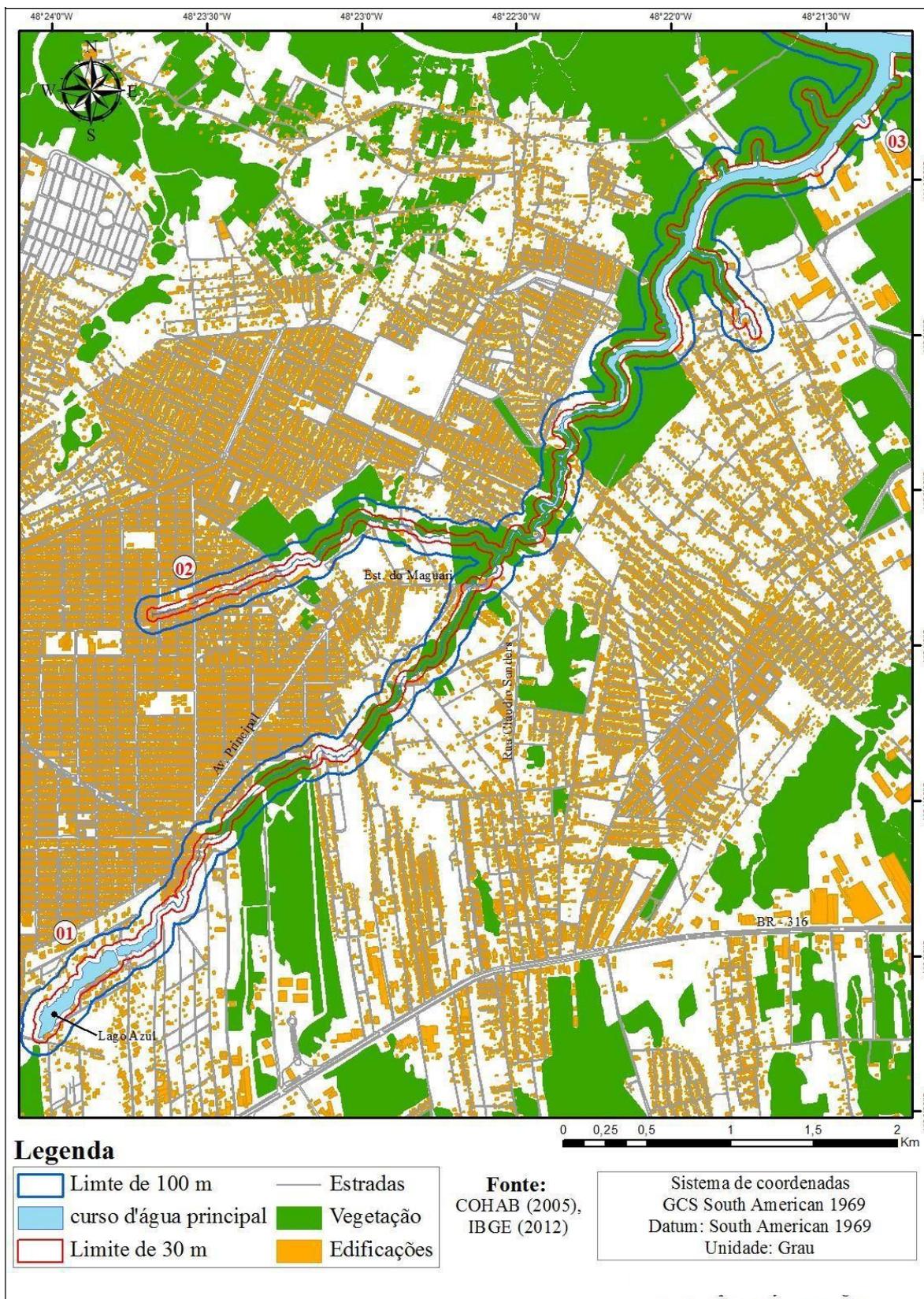


Figura 4: Mapa de ocupações em áreas de preservação na bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu.



CONCLUSÃO

Com a elaboração do presente estudo destaca-se a importância da utilização das geotecnologias, associadas às ferramentas do SIG, como subsídio ao desenvolvimento de estudos e realização de análises na superfície terrestre com possíveis alterações antrópicas. Com o auxílio de ferramentas computacionais e demais tecnologias existentes realizou-se esta pesquisa, no âmbito da bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu, e de acordo com cálculo de *NDVI* identificou-se que, em um período de dez anos (2009 – 2019) houve perda de cobertura vegetal, em aproximadamente 5% da área total da bacia. Foi observado também, o descumprimento ao CFB, a partir da existência de ocupações urbanas dentro dos limites de faixa marginal de proteção do rio Maguari-Açu e seus afluentes, principalmente dentro dos limites de 30 metros para os tributários da bacia que possuem menos de 10 metros de largura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, Agência Nacional das Águas. GEO Brasil: recursos hídricos. Resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 60 p. 2007.
2. ANANINDEUA. Lei nº 2.237, de 06 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor do Município de Ananindeua e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ananindeua.pa.gov.br/public/arquivos/legislacao/LEI_No._2237.pdf>. Acesso em: jun. 2018.
3. ANANINDEUA. Lei complementar nº 2.383, de 09 de julho de 2009. Institui as Zonas de Especial Interesse Social –ZEIS. E dá outras providências. Disponível em: <<http://www.ananindeua.pa.gov.br/public/arquivos/legislacao/20469204b5ee03cf10e1.pdf>>. Acesso em: nov. 2018.
4. BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: mar. 2019.
5. CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. R. Árvore, Viçosa-Minas Gerais, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
6. FARIAS, T. Q. A edificação urbana à margem de rios e de outros reservatórios de água em face do código florestal. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, X, n. 37, fev. 2007. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1677>. Acesso em: set. 2018.
7. FILHO, M. V. ALVES, M. GARCIA, R. FANTIN, M. Caracterização de bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil. INPE, p. 1977 – 1983, 2003.
8. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados de população, área do município de Ananindeua, fatores socioeconômicos, outros. Disponível em: <cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2018.
9. MARANHÃO, NEY. Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. 397 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
10. MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Universidade de Brasília; CNPq. – Brasília, 2012.
11. PARÁ. GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Estado de planejamento, orçamento e finanças - SEPOF. Instituto de desenvolvimento econômico, social e ambiental do Pará - IDESP. Estatística Municipal. Município de Ananindeua, 45p. 2011.
12. PIMENTEL, M. A. da S. et al. Análise preliminar de impacto ambiental das nascentes do rio Maguari-açu – Ananindeua – PA. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas. Goiânia, Brasil, 06 – 10 setembro 2006.
13. RUHOFF, A. L. Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: Modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas. Dissertação (Mestrado) – Santa Maria; Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2004.



14. SILVA Jr, O. M. da; FUCKNER, M. A. Análise comparativa dos dados de NDVI obtidos de imagens TM/Landsat 5 na área urbana da cidade de Marabá – PA para os anos de 1984 e 2007. IV ENANPPAS – Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade. Brasília. Distrito Federal, 2008.
15. SILVA, V. M. Fundamentos para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos na microbacia urbana do rio Maguari-Açu com vistas à sustentabilidade hidroambiental. Tese (doutorado em geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.