

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO BRÍGIDA UTILIZANDO ÁLGEBRA DE MAPAS

*Luan dos Santos Miranda Tomaz¹; Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa²; Maria Tereza Duarte Dutra³; Aida Araújo Ferreira⁴; Priscila Paredes do Nascimento⁵; Vânia Soares de Carvalho⁶
Deyse Dayane de Oliveira Carneiro⁷*

RESUMO – O uso de indicadores com Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a avaliação da sustentabilidade ambiental tem ganhado cada vez mais destaque por analisar variáveis e aspectos em diversas dimensões (social, ambiental, econômica). Nesse sentido e considerando a relevância de averiguar a situação dos municípios da bacia hidrográfica do rio Brígida, o presente estudo tem como objetivo avaliar a sustentabilidade da bacia por meio da seleção de indicadores hidroambientais, utilizando-se da álgebra de mapas e Sistema de Informações Geográficas. A coleta dos indicadores foi feita através dos órgãos públicos e sistemas de informações. Os dados coletados foram organizados em tabelas do Microsoft Excel e manipulados no ArcGis 10.7. Utilizou-se álgebra de mapas para obtenção do mapa síntese dos oito indicadores escolhidos na pesquisa. Observou-se que a sustentabilidade na bacia do Brígida, nos termos dos indicadores analisados, ainda é algo a ser alcançado. Dos 15 (quinze) municípios 9 (nove) foram classificados de sustentabilidade muito ruim a regular. O uso do SIG e álgebra de mapas constituiu-se de uma significativa ferramenta de suporte às análises e estudos ambientais e proporcionaram extrema confiabilidade nos resultados, além da facilidade na extração de novos dados/ informações, os quais poderão dar suporte à tomada de decisão.

ABSTRACT – The use of indicators with Geographic Information System (GIS) for the evaluation of environmental sustainability has been gaining more and more prominence by analyzing variables and aspects in several dimensions (social, environmental, economic). In this sense and considering the relevance of finding out the situation of the municipalities of the river basin of the river Brígida is, the present study has the objective of evaluating the sustainability of the basin through the selection of hydro-environmental indicators, using map algebra and System Geographical Information System. The indicators were collected through public agencies and information systems. The data collected was organized into Microsoft Excel tables and manipulated in ArcGis 10.7. Map algebra was used to obtain the synthesis map of the eight indicators chosen in the research. With this evaluation, it was observed that sustainability in the Brígida basin, in terms of the indicators analyzed, is still something to be achieved. Of the 15 (fifteen) municipalities 9 (nine) were classified as very poor to regular. The use of GIS and map algebra was a significant tool to support environmental analysis and studies and provided extreme reliability in the results, as well as the ease in extracting new data / information, which may support the taking of decision.

Palavras-Chave – Avaliação Ambiental; Sistema de Informações Geográficas; Indicadores Hidroambientais.

1) Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental - IFPE, Campus Recife-PE; email: tomazluan.ambiental@gmail.com

2) Docente do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental - IFPE, Campus Recife-PE; email: ionarameh@yahoo.com.br

3) Docente do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental - IFPE, Campus Recife-PE. email: dutra.tereza@gmail.com

4) Docente do Curso Superior de Tec. em Análise e Desenvolvimento de Sistemas - IFPE, Campus Recife-PE. email: idafferreira@recife.ifpe.edu.br

5) Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental - IFPE, Campus Recife-PE; email: priscila.paredes98@gmail.com

6) Docente do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental - IFPE, Campus Recife-PE; email: vaniacarvalho@yahoo.com.br

7) Estudante de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas - IFPE, Campus Recife-PE; email: ddoc@discente.ifpe.edu.br

INTRODUÇÃO

Pesquisas afirmam que o volume de água no planeta é de aproximadamente 1 bilhão e 386 milhões de quilômetros cúbicos. Desse total, 97,5% estão, sob forma de água salgada, nos mares e oceanos; 68,9% da água doce encontra-se em geleiras e nas calotas polares (ANA, 2014). Apesar do grave quadro de escassez verificado em âmbito mundial, constata-se em 38% o desperdício médio de água no Brasil, ou seja, a cada 100L de água captado, tratado e produzido, 38L são desperdiçados na distribuição (SNIS, 2017); enquanto os países desenvolvidos possuem uma taxa média de até 20%.

O Brasil detém cerca de 12% da água doce superficial disponível no Planeta e 28% da disponibilidade nas Américas. Entretanto, apesar de boa disponibilidade, a distribuição geográfica desses recursos hídricos – superficiais ou subterrâneos – é imensamente irregular (SILVA, 2002). A região Norte, com 8,3% da população, dispõe de 78% da água do País, enquanto o Nordeste, com 27,8% da população, tem apenas 3,3% (CARDOSO et al, 2014), assim gerando um desequilíbrio hídrico entre demanda e disponibilidade. Por isso, com a finalidade de garantir para toda população a necessária disponibilidade de água, em padrões técnicos de qualidade, além de promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, o Brasil, em 8 de janeiro de 1997, aprovou a Lei nº 9.433. Esta lei que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), com os objetivos, fundamentos, instrumentos, diretrizes, visando o melhor gerenciamento das bacias hidrográficas e recursos hídricos do país.

A problemática decorrente das pressões humanas com o meio ambiente fez surgir um tema de grande importância – o desenvolvimento sustentável, que passou a ter maior discussão e maior interesse acadêmico e governamental (CARVALHO et al, 2011). Porém, o grande desafio quando se trata de discutir a questão da sustentabilidade, é a compatibilização do crescimento econômico, a preservação ambiental e a justiça social. Um dos principais instrumentos utilizados para resolver esse desafio e também para o gerenciamento, avaliação e monitoramento de bacias hidrográficas e do desenvolvimento sustentável é a utilização dos indicadores de sustentabilidade, relatando-se e descrevendo-se a dinâmica das informações pertinentes à situação econômica, social, ambiental, cultural, institucional, e demais nuances que compõem o desenvolvimento sustentável de um espaço geográfico em um determinado período de interesse. (CARVALHO et al, 2011; MAGALHÃES JUNIOR, 2010).

A divulgação de indicadores e dados oficiais pelos órgãos responsáveis tem sido importante para revelar o cenário de avanço ou estagnação da gestão de recursos naturais e serviços de saneamento no Brasil e constatar que a universalização dos serviços não acontecerá sem um maior engajamento dos prestadores e do comprometimento dos governos federal, estaduais e municipais (OPAS, 2018). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada US\$ 1 investido

em água e saneamento, são economizados US\$ 4,3 em custos de saúde no mundo, e há um retorno do valor de quase seis vezes, considerando os menores custos de saúde, aumento da produtividade e um número menor de mortes prematuras; e há também o crescimento do PIB global em 1,5% (ABREU, 2017; OPAS, 2018; ONU, 2014). No Brasil, um estudo da Conferência Nacional das Indústrias (CNI), estima que para cada R\$ 1 bilhão investido no setor de saneamento podem ser gerados R\$ 3,1 bilhões de acréscimo no valor bruto da produção no país, além de 58,2 mil empregos diretos e indiretos (ABREU, 2017). 2,3 bilhões de pessoas no mundo carecem dos serviços de saneamento básico, especialmente esgotamento sanitário, esses indivíduos estão entre 4,5 bilhões que não têm acesso a serviços de saneamento gerenciados com segurança (OPAS, 2018).

Neste contexto, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aparece como uma ferramenta de geotecnologia fundamental para gestores, que dependem da interpretação dos dados georreferenciados para a tomada de decisão. O SIG consiste em um sistema integrado entre *hardware*, *software*, dados geográficos e recursos humanos concebido para coletar, armazenar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações geograficamente referenciadas, transformando dados em indicadores e apresentando esse conhecimento com a finalidade de apoiar decisões (CAPOANE, 2017). Dentre as áreas que têm se beneficiado da utilização de SIG estão a ecologia e manejo de bacias hidrográficas, para as quais surgem inúmeras perspectivas de inovação, tanto na busca de conhecimento sobre padrões e processo ecológicos, quanto no apoio a ações de manejo e gestão das unidades de planejamento (SILVA, 2006).

A álgebra de mapas nos estudos envolvendo SIG possibilita a manipulação matemática dos valores presentes nas células. É o conjunto de procedimentos de análise espacial produz novos dados a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas, ou seja, a análise espacial considerando-se operações matemáticas sobre mapas. Os elementos da álgebra de mapas associam a cada local de uma dada área de estudo um valor quantitativo (escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) ou qualitativo (nominal). Esta técnica pode ser utilizada a fim de caracterizar as mais diversas situações que podem ocorrer em locais de uma área de estudo, com base em grades, imagens e mapas temáticos disponíveis em uma certa base de dados geográficos (CAPOANE, 2017; DE JESUS, 2012; FERREIRA et al., 2013).

Diante do exposto, a proposta de desenvolvimento dessa pesquisa buscou avaliar a sustentabilidade da bacia hidrográfica Brígida, por meio da seleção de indicadores hidroambientais, utilizando-se da álgebra de mapas e Sistema de Informações Geográficas. Assim, esperando-se contribuir para a produção de conhecimento e tecnologias de apoio à gestão de recursos hídricos estaduais, tornando acessível ao público e reafirmando a importância socioambiental, histórica e ambiental para a bacia do rio Brígida.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Brígida, está localizada no alto Sertão de Pernambuco, e possui as coordenadas: 07° 19' 02" e 08° 36' 32" de latitude sul, e 39° 17' 33" e 40° 43' 06" de longitude oeste (Figura 1). Faz limite ao norte com os Estados do Ceará e Piauí e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 9 - GI9 (UP28), ao sul com a bacia do riacho das Garças (UP12) e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 6 - GI6 (UP25), a leste com a bacia do rio Terra Nova (UP10) e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 5 - GI5 (UP24), e a oeste com o Estado do Piauí (APAC, 2008). A bacia abrange áreas de 15 municípios: Bodocó, Granito, Ipubi e Trindade (totalmente inseridos na área da bacia); Exu, Moreilândia Araripina, Ouricuri e Parnamirim (com sede inserida na bacia); e Cabrobó, Orocó, Santa Cruz, Santa Maria da Boa Vista, Santa Filomena e Serrita (parcialmente inseridos). Possui uma área de 13.495,73 km², o que corresponde a 13,73% da superfície total do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 1998). O rio Brígida nasce ao norte no município de Exú e apresenta uma extensão de 193 km até desaguar no rio São Francisco. Seus principais afluentes são os riachos Tabocas, Alecrim, do Gentil, da Volta e São Pedro, Cavalos, Salgueiro, do Cedro e Carnaúba.

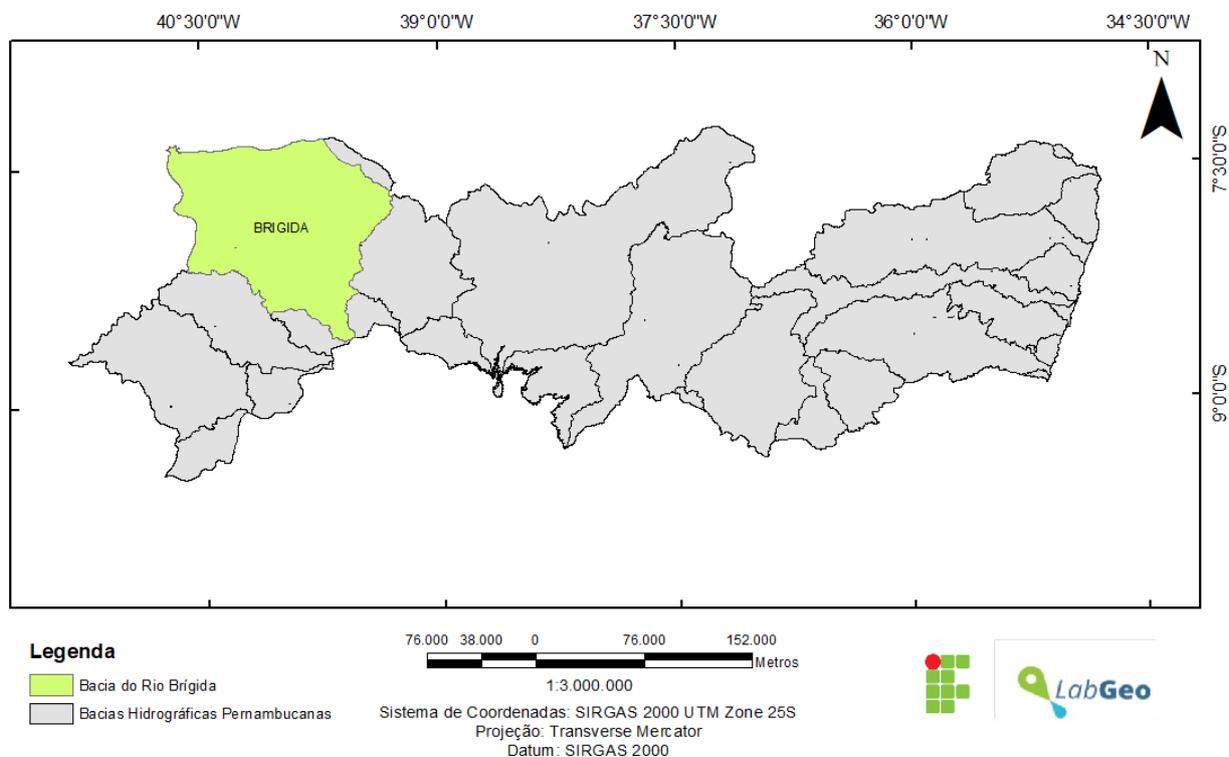


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio Brígida.

Seleção e tratamento de dados

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado levantamento bibliográfico e consulta de dados secundários em órgãos oficiais. Foram selecionados cinco indicadores enquadrados na dimensão socioambiental, são eles: população atendida pela distribuição de água (PADA), índice de perdas de água na distribuição (IPAD), população atendida pela coleta de esgoto (PACE), população atendida pelo tratamento de esgoto (PATE) e população atendida pela coleta de resíduos (PACR). Os dados foram obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016). Também foram obtidas informações sobre indicadores sociais: Índice FIRJAM de Desenvolvimento Municipal (IFDM), através do Sistema FIRJAM (2016); indicadores ambientais: expansão agrícola, através do Banco Dados do Estado de Pernambuco (BDE, 2016 – 2017); e indicadores econômicos: Produto Interno Bruto (PIB), também no BDE. Todos os dados obtidos para os oito indicadores foram relacionados a cada um dos 15 municípios inseridos na bacia hidrográfica em análise. Os dados coletados foram organizados e tratados em tabelas no Microsoft Excel. Posteriormente, foi estruturado um Banco de Dados Geográficos (GDB) no ArcGIS 10.7, no qual os dados foram manipulados e analisados. Vale salientar que os indicadores foram escolhidos por serem importantes componentes para avaliação da sustentabilidade dos municípios brasileiros e por já terem sido utilizados em outros estudos como o de Carvalho (2011) e Magalhães Junior (2010) em seus estudos de propostas de validação de indicadores para recursos hídricos.

Álgebra de mapas

Todos os *shapefile* (*arquivo vetorial*) presentes no GDB contendo os dados de indicadores foram transformados para *raster*. A conversão de arquivo vetorial para matricial foi realizada utilizando-se a ferramenta *Feature to Raster* contida na aba *Conversion Tools* presente no *ArcToolbox* do ArcMap. Ressaltamos que durante este processo foi selecionada a coluna da tabela de atributos para a qual se desejava realizar a transformação e análise. Em seguida foi realizada a reclassificação dos arquivos *raster*, utilizando-se a ferramenta *Reclassify*, contida na aba *Spatial Analyst*, do *ArcToolbox*. Nesta etapa, o método de classificação utilizado foi “intervalo idêntico”. Assim, os valores dos dados foram divididos em subintervalos de tamanhos iguais e atribuídas cinco classes para estes valores, que foram automaticamente geradas pelo ArcGIS. Em “*New values*”, surgiram os valores de 1 a 5, sendo 1 atribuído à classe que indicava situação mais crítica e 5, àquela que apresentava a melhor situação para um conjunto de valores de um determinado indicador. Este procedimento foi repetido para cada um dos oito arquivos *raster* que representava os indicadores estudados para a bacia.

De posse dos *rasters* reclassificados, procedeu-se com a álgebra de mapas, realizada através da calculadora *raster* no *Spatial Analyst*. Nesta etapa, as variáveis foram combinadas para formar o mapa final, contendo a junção de todas as camadas de informação. Foram atribuídos pesos aos

indicadores baseados em prévia análise da sua ordem de importância para definir o grau de sustentabilidade dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Brígida. Definiu-se que os indicadores possuem igual importância e, portanto, os pesos foram distribuídos igualmente entre eles, resultando num peso de 0,125 para cada indicador, já foram 8 indicadores escolhidos. Para cada camada de indicadores presente no banco de dados geográficos do SIG, foi atribuída uma escala de cores, variando do vermelho ao verde, para indicar a cobertura dos serviços considerados nesse projeto de pesquisa, para cada um dos municípios da bacia estudada, conforme visualizado no Quadro 1. Com a álgebra de mapas foi possível observar uma variação de 1,375 a 3,75 com resultado do cruzamento dos indicadores multiplicado pelo respectivo peso. Essa escala foi dividida em 5 intervalos que caracterizam os municípios que estão numa situação/ desempenho pior quanto a sustentabilidade (em vermelho) e em situação mais favorável (em verde).

Quadro 1. Tabela de cores utilizada para a representação do desempenho dos municípios da bacia do Brígida, representados pelos indicadores PADA, IPAD, PACE, PATE e PACR, FIRJAM, PIB, e EXPANSÃO AGRÍCOLA e no mapa síntese dos mesmos.

Porcentagem de cobertura do serviço	Mapa síntese dos indicadores	Coloração	Desempenho
0 – 20 %	$1,375 \leq x \leq 1,85$		Muito ruim
20 a 40 %	$1,85 < x \leq 2,325$		Ruim
40 a 60 %	$2,325 < x \leq 2,80$		Regular
60 a 80 %	$2,80 < x \leq 3,275$		Bom
80 a 100 %	$3,275 < x \leq 3,75$		Ótimo

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas temáticos gerados em ambiente de SIG com os indicadores escolhidos na pesquisa possibilitaram a visualização de todo o conteúdo inserido no banco de dados de forma simplificada, de modo que foi possível compreender a realidade de cada um dos municípios que fazem parte da bacia do rio Brígida em relação a cada indicador escolhido.

A combinação dos mapas dos oito indicadores através da álgebra de mapas mostrou de forma mais clara a realidade de cada município que compõe a bacia. A Figura 2 apresenta o resultado da álgebra de mapas constituindo o mapa síntese dos indicadores de sustentabilidade utilizados.

Constatou-se que a bacia do rio Brígida se encontra moderadamente comprometida em termos de sustentabilidade hidroambiental. Na bacia, 2 (dois) municípios se enquadraram em desempenho

considerado muito ruim, 5 (cinco) apresentaram desempenho ruim, 2 (dois) outros estão com desempenho considerado regular. Apenas 5 (cinco) municípios apresentaram um bom desempenho e somente 1 (um) apresentou desempenho muito bom. Este resultado não deixa de ser preocupante, visto que mais da metade dos municípios da bacia do Brígida, total de 15 municípios, estão em situação regular a muito ruim.

Diante deste quadro, faz-se necessário a tomada de decisões, visando ampliar a universalização dos serviços de saneamento básico e distribuição de água, e os instrumentos da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) sejam postas em prática. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada US\$ 1 investido em água e saneamento, são economizados US\$ 4,3 em custos de saúde no mundo. Ou seja, investimentos na área além de melhorar a saúde pública e proteger o meio ambiente, a universalização do saneamento é também um fator de competitividade, uma vez que melhora a produtividade do trabalhador e movimentada a economia.

MAPA SÍNTESE DOS INDICADORES DOS MUNICÍPIOS DO RIO BRÍGIDA

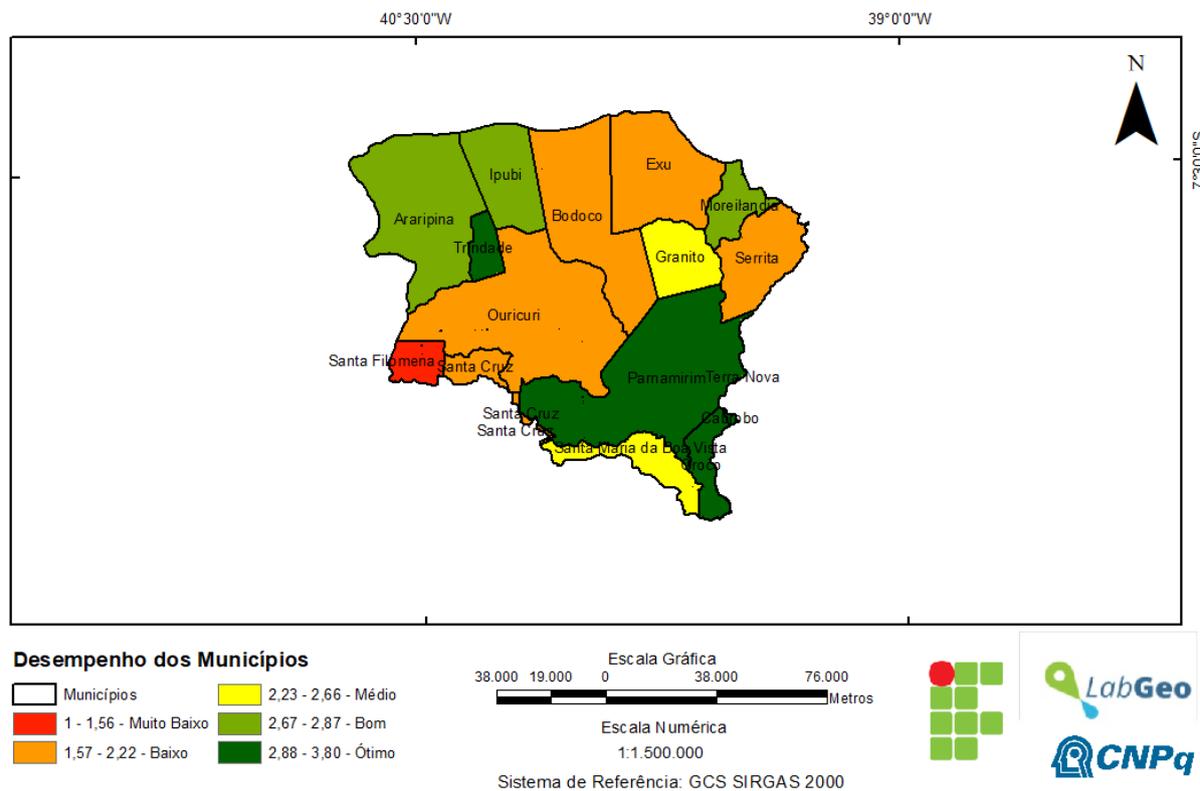


Figura 2: Mapa síntese dos indicadores de sustentabilidade para os municípios da bacia hidrográfica do rio Brígida:

A bacia hidrográfica do rio Brígida ainda não possui de um plano hidroambiental, como as bacias do Capibaribe e Ipojuca, que dispõe de diagnósticos e informações detalhados e ações para o

provimento da gestão dos recursos hídricos, contendo instrumentos adequados à reais problemáticas que assolam o território da bacia em questão e conseqüentemente a população, independentemente da natureza do problema (hídrica, ambiental ou socioeconômica).

A escassez hídrica, que é um problema constante nas bacias localizadas na região semiárida brasileira, que segundo a classificação climática de Köppen, o clima na região é extremamente quente, semiárido (BSs'h'). A temperatura média anual na região é de 23°C, a evapotranspiração de 1683 mm, e precipitação média anual de 703 mm, apresentando assim um déficit hídrico (CORREIA, 2011). Situação que pode ser superada através da integração de várias ações, cujas responsabilidades passam pelo poder do estado, bem como a mobilização social e organização local.

É importante ressaltar que os problemas enfrentados pela população são múltiplos, o que implica dizer que a bacia hidrográfica deve ser vista como um todo e além dos indicadores utilizados nesse estudo, para que sejam detectadas todas as suas potencialidades e fragilidades. Mas isto apenas é possível por meio do amplo debate sobre os principais pontos de gestão dos recursos hídricos, manejo sustentável dos recursos naturais, e políticas socioeconômicas; assim identificando um possível aperfeiçoamento do sistema de gestão dos recursos e disposição dos resíduos e rejeitos

CONCLUSÕES

Foi possível constatar com o uso dos indicadores de sustentabilidade, que as informações repassadas sobre os municípios da bacia do rio Brígida apresentam péssimo desempenho, ou são escassas. Por esse motivo, o desenvolvimento de metodologias integradas que resultem na quantificação eficaz dos serviços que abrangem os municípios das bacias. De posse desses resultados, pode-se adotar ações mais acertadas e pontuais, visando à melhoria do bem-estar da população e a mitigação dos impactos aos recursos hídricos. O uso do SIG e da álgebra de mapas constituiu-se de uma significativa ferramenta de suporte às análises e estudos ambientais e proporcionaram extrema confiabilidade nos resultados, além da facilidade e agilidade na extração de novos dados/informações, os quais poderão dá suporte à tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente (LABGEO).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, D. Países eficientes em saneamento básico têm ampla participação de companhias privadas, mostra estudo da CNI. Agência CNI de Notícias. 10/02/2017. Disponível: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/paises-eficientes-em-saneamento-basico-tem-ampla-participacao-de-companhias-privadas-mostra-estudo-da-cni/> Acesso 20 jun. 2019
- ANA, Agência Nacional de Águas. Água no Planeta Para as Crianças – A distribuição da água no Mundo. 2014. Agência Nacional para Cultura Científica e Tecnológica, Brasília-DF. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/AAguaNoPlanetaParaCrianças2014.pdf> Acesso em 07 abril 2019
- APAC, Agência Pernambucana de Águas e Climas. Bacias Hidrográficas. 2008. Disponível: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5. Acesso em 22 Dez 2018.
- CAPOANE, V; COSTA, L. F. F.; KUPLICH, T. M. Identificação Das Áreas Susceptíveis a Transferência De Poluentes Para Os Sistemas Aquáticos Utilizando Álgebra De Mapas. Caminhos de Geografia. V. 16. p. 114-124. DOI: 10.14393/rcg186210. 2017
- CARDOSO, A. F. et al O uso e gestão das águas no hidroterritório do vale do Gorutuba em zonas rurais de Janaúba/MG, Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2014. VII, p. 12. DOI: 978-85-98539-04-1.
- CARVALHO, J. R M. de et al. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na subbacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. Soc. nat. (Online), Uberlândia v. 23, n. 2, p. 295-310, ago. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198245132011000200012&lng=en&nrm=iso. Acesso em 03 maio 2019.
- CORREIA, R. C. et al. A região semiárida brasileira. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido, n. Figura 1, p. 21-48, 2011.
- DA SILVA, J. M. F. Utilizando SIG como ferramenta na produção de um mapa digital. Viçosa-MG. 2006. Disponível em: <http://www.novos cursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Joisceany-Moreira-Ferreira-da-Silva.pdf>. Acesso em 04 maio 2018.
- DE JESUS, C. F. P.; DIAS, N. W.; SOARES CRUZ, M. A. Vulnerabilidade sócio ambiental na bacia do rio Japarutuba em Sergipe a partir da álgebra de mapas - Anais VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - Geonordeste, Aracaju, SE, Brasil, 26 a 30 de novembro de 2012, UFS.
- FERREIRA, K. R.; CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Uma álgebra para dados espaço temporal: De observações a eventos. Transactions in GIS, v. 18, n. 2, p. 253-269, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/tgis.12030>. Acesso em 8 jan. 2019.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) por Unidades da Federação – IFDM 2018 – Ano base 2016. Disponível em: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads> Acesso em 10 set. 2018

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Brasil em Síntese. Brasil. Pernambuco; Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>. Acesso em 08 Set 2018.

KEMERICH et al., Avaliação da sustentabilidade ambiental em bacias hidrográficas mediante a aplicação do modelo P-E-R. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170) v 10, nº 10, p. 2140-2150, abril, 2013.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2010.

PERNAMBUCO. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Secretaria Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (SRHE-PE). Recife. 1998.

ONU, Nações Unidas – Brasil. OMS: Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global. 2014. Disponível: <https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/> Acesso em 15 jul 2019

OPAS, Organização Pan-Americana de Saúde. OMS pede aumento de investimentos para atingir meta de banheiro para todos. 2018. Disponível: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5776:oms-pede-aumento-de-investimentos-para-atingir-meta-de-banheiro-para-todos&Itemid=839 Acesso em 15 jul 2019

SNIS, Sistema Nacional sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016> Acesso em 10 set. 2018.

SNIS, Sistema Nacional sobre Saneamento. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016> Acesso em 10 set. 2018.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Ministério das Cidades - Série Histórica 2016. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em 18 set. 2018.

SILVA, C. H. R. T. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil. Boletins do Legislativo, Brasília-DF. 2002.