



Geoprocessamento aplicado à gestão de recursos hídricos: o caso do semiárido nordestino e do Pantanal

Rafael Wendell Barros Forte da Silva 1
Dálete Maria Lima de Sousa 2

¹Técnico em Geomática da Universidade Federal Ceará
Centro de Tecnologia - Departamento de Engenharia de Transportes
Campus do Pici - Bloco 703 – Fortaleza, CE,
Fone/Fax: (85) 3366-9488
rwsilva@det.ufc.br

²Monitora de Topografia do Departamento de Engenharia de Transportes
Campus do Pici - Bloco 717 – Fortaleza, CE,
Fone/Fax: (85) 3366-9654
dalete@det.ufc.br

Resumo. A gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino e no Pantanal vem refletindo as realidades políticas, sociais e econômicas do Brasil. A forma atualmente presenciada de gestão, voltada à utilização social da água, nos remonta as sugestões apresentadas ainda no século XX, impulsionadas pelas inquietudes e conflitos desenvolvidos entre os diversos protagonistas do ambiente, como a sociedade, o poder público e as condições do próprio meio. Como forma de analisar o perfil hidrogeológico do nordeste traçou-se uma sequência de mapas que justificam a necessidade de gestão desse recurso em especial no semiárido nordestino e na Bacia do Alto Paraguai. Para o embasamento teórico as referências foram de extrema importância visto que proporcionaram um desenvolvimento do estudo, assistindo as análises dos aspectos socioambientais atrelados ao uso desse recurso, verificou-se as diferentes formas de gerir os impactos decorrentes do aumento de demanda e elaborou-se uma cartografia específica para as faculdades exigidas. Para solução da dinâmica desses recursos foi proposta uma gestão integradora que promovesse a utilização sustentável desse bem tão precioso, de forma a satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades. Por tanto se conclui que monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica, através das técnicas de geoprocessamento, é muito mais amplo, e devem atender as exigências regulamentadoras baseadas no estudo de porosidade e da hidroquímica de potabilidade.

Palavras-chave: geoprocessamento, recursos hídricos, gestão.

Abstract. The management of water resources in semi-arid northeast and the Pantanal has been reflecting the political, social and economic Brazil. The currently witnessed form of management, focused on the social use of water in the back suggestions also presented in the twentieth century, driven by concerns and conflicts developed between the various environmental actors, like society, the government and the proper environmental conditions . In order to analyze the hydrogeological profile Northeast drew up a series of maps that justify the need for management of this resource especially in semi-arid northeast and the Upper Paraguay River Basin. For the theoretical background references were extremely important as it provided a development of the study, watching the analysis of the environmental aspects linked to the use of this feature, it was found different ways to manage the impacts of the increased demand and elaborated one specific mapping to the required powers. For solution of the dynamics of these resources has been proposed an integrated management that promote the sustainable use of this precious asset, to meet the current needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Therefore it is concluded that monitoring of water quality in a watershed through geoprocessing techniques, is much broader, and should meet the regulatory requirements based on study of porosity and hydrochemical potability.

Key words: geoprocessing, water resources, management.

1. Introdução

A gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino vem refletindo as realidades políticas, sociais e econômicas do Brasil. A forma de gestão aplicada atualmente, voltada à utilização social da água, nos remonta as sugestões apresentadas ainda no século XX, impulsionadas pelas inquietudes e conflitos desenvolvidos entre os diversos protagonistas do ambiente, como a sociedade, o poder público e as condições do próprio meio ambiente.

No nordeste, existem ainda dois pontos de problematização relacionados à gerência dos recursos hídricos: a irregularidade do quadro de chuvas, o agravamento das secas e, cercando essa implantação do controle hídrico do semiárido nordestino, vê-se certo descaso na não fomentação de práticas e formação de órgãos gestores para essa gerência.

A relação encontrada no rio Paraguai na sua parte superior, englobando uma das mais importantes wetlands do país que é o Pantanal, nos remete a utilização da gestão participativa. As características naturais e antrópicas da bacia apresentaram grandes variabilidades ao longo do último século que necessitam de uma gestão adequada dos recursos naturais, em especial os recursos hídricos.

O entendimento do comportamento hidrológico deste sistema é essencial para avaliar os seus diferentes condicionantes naturais e sociais regionais.

Seguindo esta linha de raciocínio a administração dos recursos hídricos deve ser integrada, neste artigo são apresentados elementos qualitativos e quantitativos da variabilidade hidrológica dentro de uma visão de macroescala, analisados os usos dos recursos hídricos e os principais impactos ambientais associados.

Mediante este contexto não apenas as bacia hidrográficas do nordeste brasileiro ou mesmo suas sub-bacias integradoras, mas, fundamentalmente os pequenos e grandes tributários, que acumulam água para uso humano e afins, assumem papel fundamental em tempos de estiagens mais severas. Contudo, nem sempre é implementada a conscientização ambiental no entorno desses constituintes hídricos, dessaforma temos consequências danosas à população, uma vez havendo o comprometimento ambiental tanto dos corpos hídricos e a grua, também dos reservatórios.

2. Metodologia de Trabalho

Para a elaboração deste trabalho adotou-se como metodologia, em sua fase inicial de pesquisa, a busca de aspectos relevantes na caracterização da água no Nordeste e na identificação da Bacia do Alto Paraguai, equipando-se de levantamentos bibliográficos levantamentos em livros, arti-

gos científicos e jornais, no intuito de ter uma real noção do assunto a ser abordado bem como de suas nuances.

Os bancos de dados de informações para a elaboração do material cartográfico foram adquiridos em órgãos como a Secretaria de Planejamento e Gestão– SEPLAG, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

No que tange ao geoprocessamento, a sua aplicação se deu na elaboração de mapas dos dados hidrogeológicos e hidroquímicos, fazendo-se a utilização do software gratuito QGIS, empregado também para elaboração de outras **Figuras** deste artigo, em sua versão atual 2.14.3 ‘Essen’, que foi lançada em 20.05.2016 e está disponível para Windows, MacOS X, Linux e Android no sítio < http://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>.

As referências subsidiaram o desenvolvimento do estudo, assistindo o embasamento acerca da temática em questão, sendo de fundamental importância, pois permitiu um maior aprofundamento e consolidação do referencial teórico.

Sendo o artigo de cunho descritivo, essa fase de interpretação e análise de dados foi de suma importância e imprescindível para conhecer melhor a utilização desse bem tão precioso, que é a água, auxiliando na verificação das transformações e dinâmicas de gestão, além de fornecer um aparato para os materiais gerados, que serviram de subsídios para os resultados desse estudo, deixando explícito o contato direto dos pesquisadores com o tema abordado.

E por fim em escritório realizou-se o mapeamento de localização e a organização do material iconográfico adquirido através do embasamento teórico. E diante das análises dos aspectos socioambientais atrelados ao uso desse recurso verificou-se as diferentes formas de gerir os impactos decorrentes do aumento de demanda. Desta forma, é preciso que nesse cenário se adote uma gestão participativa, integrada na sociedade, sensibilizando as comunidades, no que concerne a proteção e consumo consciente desse recurso natural.

3. Resultados e Discussão

Com a implementação da Lei 9.433, publicada no Diário Oficial da União no dia 08 de janeiro de 1997, que aborda de forma *sem a/o qual não pode ser*, como um de seus princípios básicos, resolve em seu art. 1º, parágrafo III, que, em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos deve ser para o consumo humano e a dessedentação de animais. No mesmo artigo, no parágrafo VI, essa Lei ratifica, ainda, como embasamento, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Estado enquanto Poder Público, dos usuários e das comunidades. Branco e Rocha (1987) ponderam que cotidianamente são diversos os usos a que se destinam a água, dentre os quais eles destacam:

a) Provedimento domiciliar e dessedentação - Com relação ao provedimento domiciliar a água deve ser usada de várias maneiras, mas todas elas devem estar alinhadas para o fim mais nobre possível, que é o da água para beber. Branco (1993) nos mostra que o ideal seria, entretanto, dispor de duas formas de abastecimento, as quais caracteriza como *redes abastecedoras diferenciadas*, uma designada a fornecer água de qualidade melhor (para bebida, cozimento de alimentos e asseio pessoal) e outra para usos menos exigentes (lavagem, irrigação, etc.).

b) Fornimento industrial - A água potável, de um modo geral, seria suficiente, mas às vezes não, exigindo, como no caso de certos processos industriais químicos e farmacêuticos, água destilada. Em outras atividades como em indústrias que usem caldeiras o principal cuidado deve ser com a ação corrosiva e incrustante de certos sais contidos na água e capazes de danificar as tubulações mais resistentes.

c) Geração de energia - Citando como exemplo principal as usinas termoeletricas, que

usam imensas caldeiras, os problemas mais importantes são entupimento e corrosão das tubulações. Já no caso das usinas hidroelétricas, que usam diversos tipos de turbinas, as restrições são poucas, a não ser que se trate de águas extremamente contaminadas, onde as emanações de gás sulfídrico podem ganhar forma e se remodelar transformando-se em ácido sulfúrico e danificar as pás das turbinas, que também podem ser afetadas pela excessiva proliferação de vegetação flutuante, tipo aguapé, devido a eutrofização dessas águas.

d) Recreação - Para esse tipo específico exige-se um alto padrão de qualidade, sobretudo quando a água é utilizada para fins de desporto como a natação e o polo aquático, ou mesmo para banho, levando-se em conta que geralmente certa quantidade de água pode ser ingerida e que ela está em contato constante com os olhos, os ouvidos e a pele em geral. Segundo Freitas (2009) o problema dos esgotos serem derramados nos leitos dos rios é um problema muito sério, tanto do ponto de vista estético como sanitário.

Como forma de analisar a o perfil hidrogeológico do nordeste traçou-se uma sequência de mapas que justificam a necessidade de gestão desse recurso em especial no semiárido. O primeiro mapa dessa sequência de análises foi a representação com a delimitação das massas de água disponíveis, conforme a **Figura 1**.

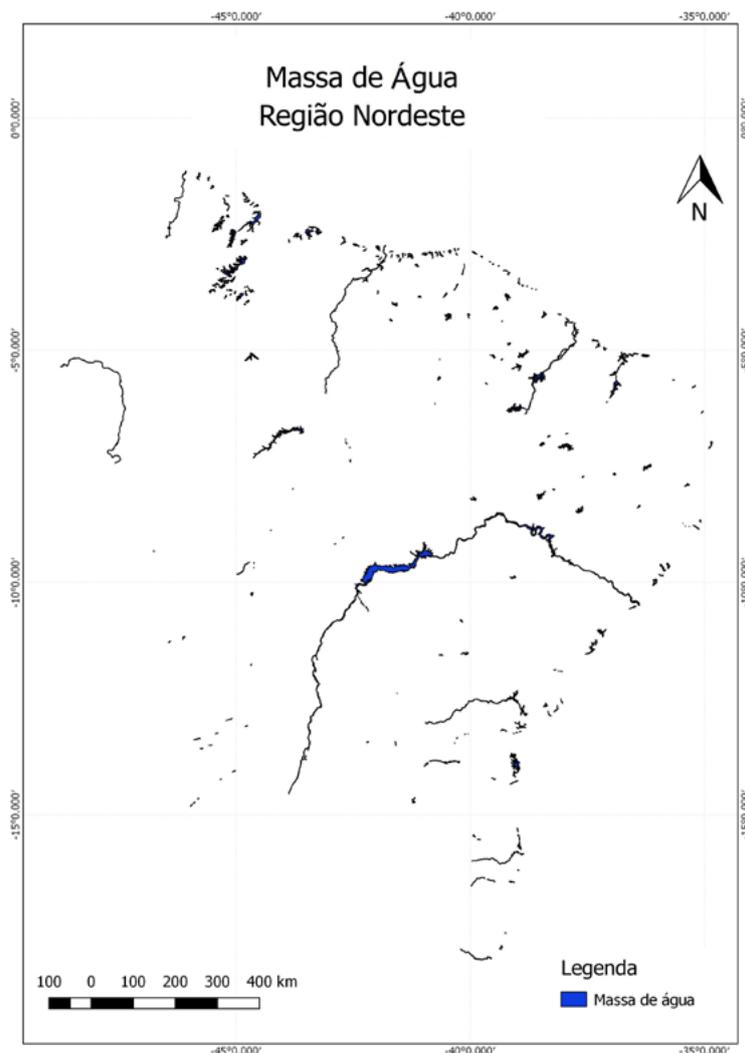


Figura 1. Representação das massas de água disponíveis na Região Nordeste.

Fonte: próprio autor

Analisando ainda segundo o aspecto litológico do aquífero, ou seja, quanto a sua constitu-

ição geológica (assim relacionando porosidade e/ou permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade com que a água se propaga no meio, a qualidade da água e a sua qualidade como reservatório.

Sabe-se assim que a litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial (que é o caso do Pantanal, assim o estudo nos permite elaborar o mapa observado na **Figura 2**), lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcáreas), determinando os diferentes tipos de aquíferos.

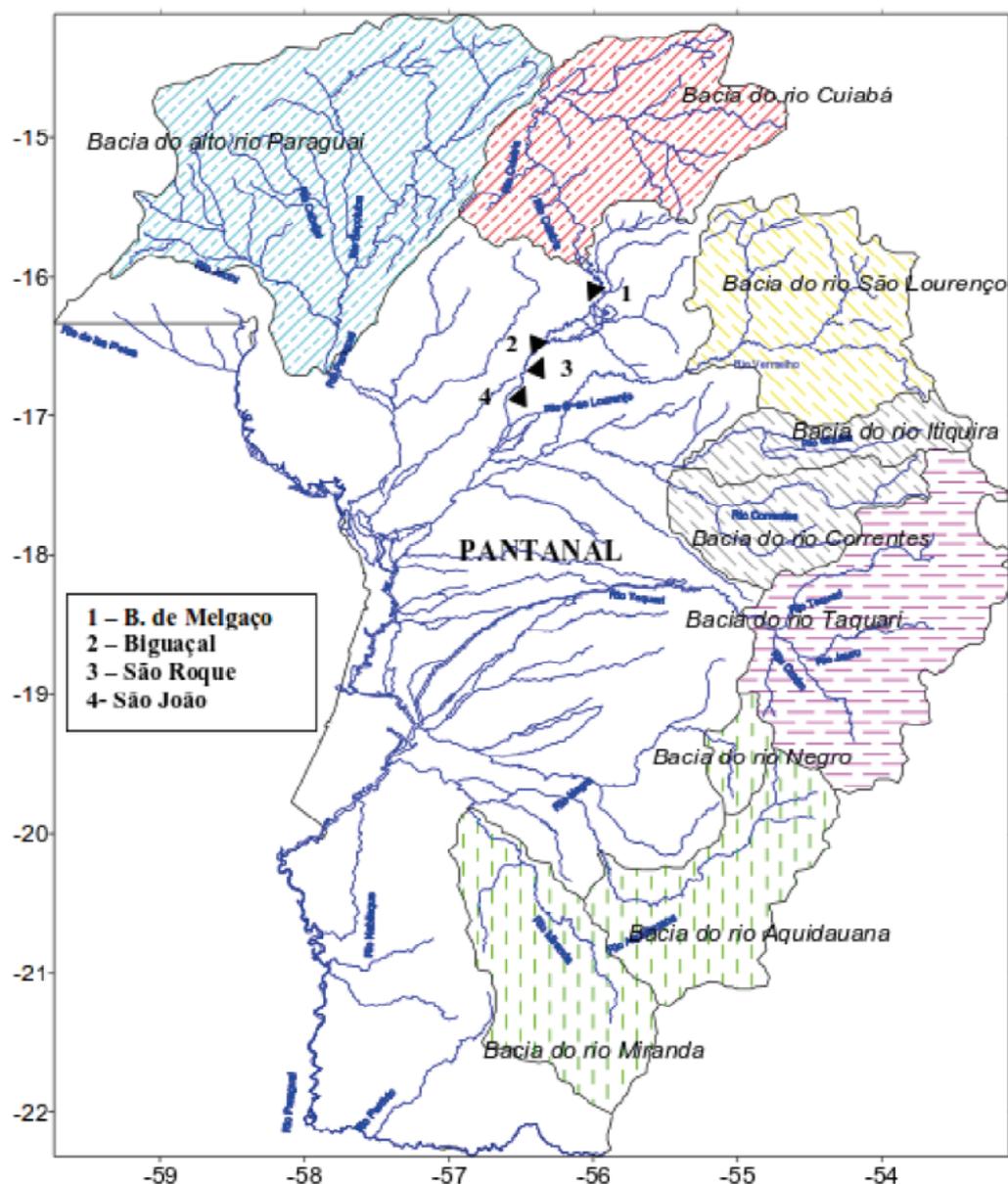


Figura 2. Representação das massas de água disponíveis na região do Pantanal e bacia do Alto Paraguai.

Fonte: TUCCI, 2005

Analisando ainda a porosidade, existem três tipos distintos de aquíferos, conforme a **Figura 3**.

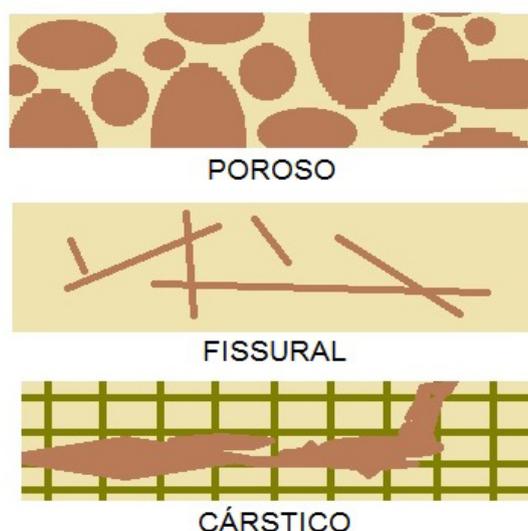


Figura 3. Tipos de aquífero quanto à porosidade.

Fonte: próprio autor

O aquífero poroso, também conhecido como sedimentar, é aquele cuja formação está associada a rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. Constituem assim os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em áreas extensas. Uma particularidade desse tipo de aquífero é sua porosidade quase sempre homoganeamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função tão somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente. Esse princípio que percebemos é conhecido como isotropia.

Já para o aquífero do tipo fraturado ou fissural, temos uma formação por rochas cristalinas, ígneas ou metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. A quantidade de fraturas irá determinar a capacidade dessas rochas de acumularem água, facilitando as suas aberturas e intercomunicações, permitindo a infiltração e o fluxo da água. Poços perfurados nessas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora. É sabido que nesses aquíferos a água só pode fluir onde houverem fraturas.

Ainda quanto a análise de aquíferos é importante ressaltar um outro aspecto que é quanto a sua posição e estrutura podendo se classificar como (conforme a **Figura 4**):

(a) livres – aquíferos que se localizam mais próximos à superfície. Como no caso do aquífero Pantanal.

(b) Confinados – presença de uma camada de menor permeabilidade (confinante) que submete as águas a uma pressão superior à atmosférica, caso da porção central do Sistema Aquífero Guarani. Nos aquíferos confinados os poços tubulares profundos podem apresentar artesianismo, isto é, a água jorra do poço sem necessidade de equipamento de bombeamento.

(c) semi-confinados – situação intermediária entre os dois.

Para o caso dos aquíferos Karst, mais conhecidos como cársticos, formados em rochas calcáreas ou carbonáticas, onde a circulação da água é restrita as fraturas e outras discontinuidades que resultaram da dissolução do carbonato pela água infiltrante. Essas aberturas podem ser descontínuas atingindo grandes dimensões, criando, nesse caso, verdadeiros reservatórios subterrâneos, com fluxo em canais. Na **Figura 5**, exposta a seguir, vemos a distribuição na região Nordeste desses aquíferos quanto à porosidade.

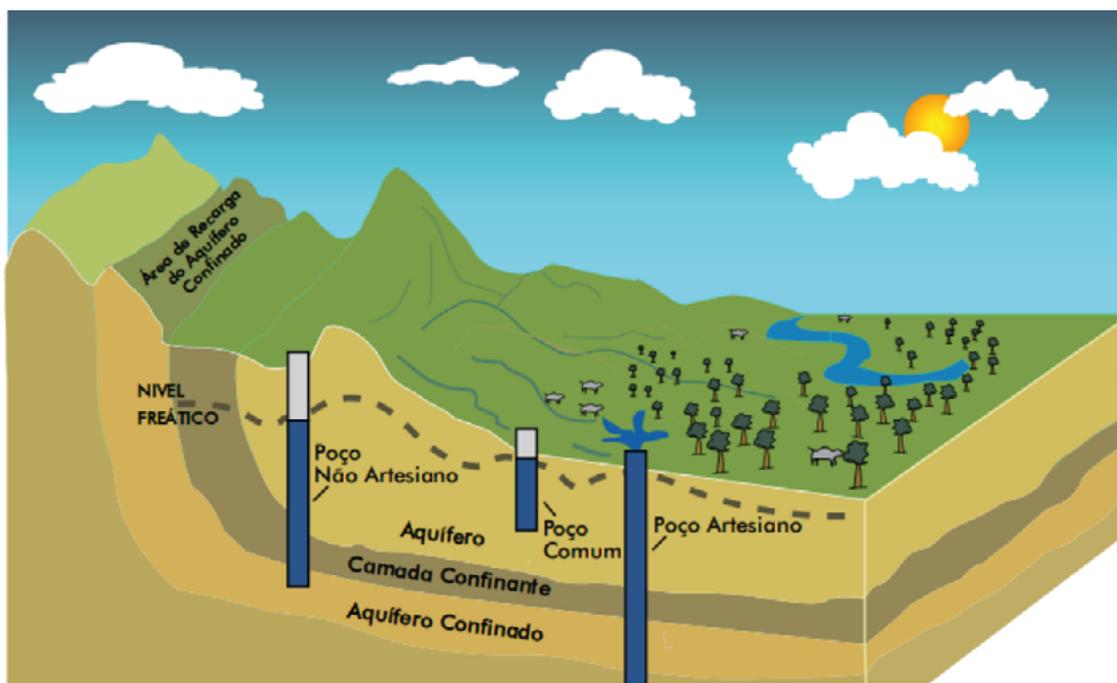


Figura 4. Posição e estrutura de aquíferos - Classificação dos aquíferos, com respectivos níveis de pressão, caracterizando estilos diferentes de aglomeração de massa de água como o nordeste brasileiro e o Pantanal. (Fonte: IMA, 2007)

Após esta análise da porosidade das rochas no Nordeste e tendo em mente que os diferentes usos da água estão associados ao princípio de “bem coletivo”, é de extrema relevância a análise da hidroquímica de potabilidade. Sendo assim foram gerados mapas, conforme a **Figura 6**, mostrando as dinâmicas de superfície e subterrânea.

Em última análise a Constituição de 1988 estabelece que, praticamente, todas as águas são públicas, sendo que, em função da localização do manancial, elas são consideradas bens de domínio da União ou dos estados. Dessa forma deixam de existir as águas comuns, municipais e particulares, cuja existência era prevista no antecessor Código de Águas de 1934.

Consoante à literatura, a noção de gestão integrada dos recursos hídricos assume variadas dimensões e envolve diferentes e complexas implicações: primeiro, no sentido de se considerar os diversos processos de transporte de massa de água do ciclo hidrológico; segundo, é um recurso de usos múltiplos; terceiro, está em constante inter-relacionamento com outros elementos do mesmo ecossistema; quarto envolve co-participação de gestores, usuários e população no planejamento e na gestão desses recursos, e, por último, deve atender aos anseios da sociedade de desenvolvimento socioeconômico com preservação ambiental, na perspectiva de um desenvolvimento sustentável, com uma visão “limpa e planejada”.

Machado (2002) afirma que a prática de uma gestão integrada deve ser orientada pela logística da negociação sociotécnica, face à complexidade, à heterogeneidade e à diversidade de elementos que compõem um espaço geográfico, sendo, por conseguinte, esta negociação um processo dispendioso do ponto de vista político e financeiro; incerto e arriscado.

A Lei 9433/97, nesse contexto, é de extrema relevância, visto que resguarda, no art. 1º, parágrafo VI, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

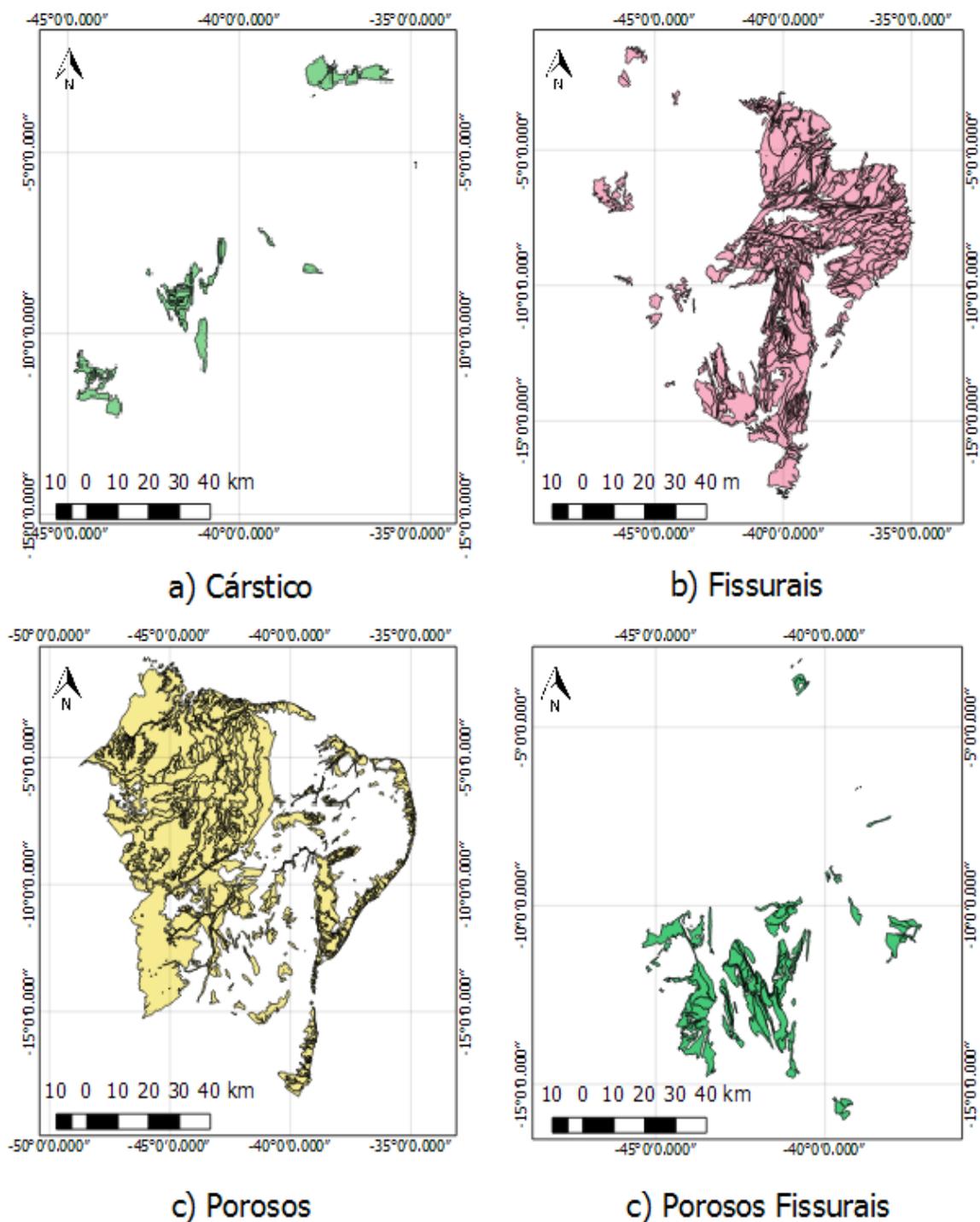


Figura 5. Distribuição de aquíferos no Nordeste, levando em consideração à porosidade da rocha. (Especificam-se dois itens c para uma melhor representação didática dos tipos porosos classificados)

Fonte: próprio autor

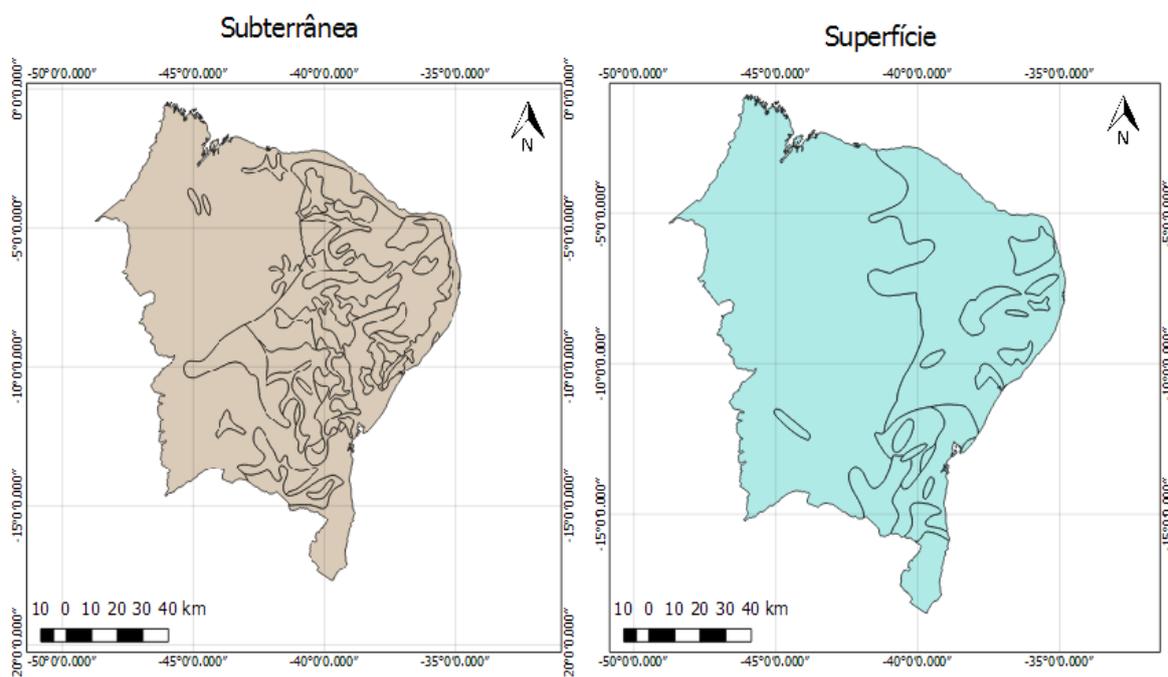


Figura 6. Hidroquímica de potabilidade da Região Nordeste. (Fonte: próprio autor)

Perpassando o contexto da complexidade do planejamento e gestão integrada e sistêmica dos recursos hídricos, Cedraz (2002) ressalta a necessidade de discussões e reflexões profundas envolvendo todos os atores, devendo-se sempre as ações culminar com os princípios do desenvolvimento sustentável tão discutido pela sociedade nas últimas décadas, tendo na água o recurso básico da gestão ambiental e suas relações com o desenvolvimento.

Para enfrentar os desafios dos recursos hídricos, considera-se as ferramentas disponíveis sobre a gestão aplicada, incluindo assim, o geoprocessamento, constando que a gestão do suprimento de água inclui políticas públicas ativas e ações diferenciadas visando identificar, desenvolver e explorar, de forma eficiente, novas fontes desse bem, advindas de fontes subterrâneas ou superficiais, independente do tipo de aquífero a que pertencem, enquanto a gestão da demanda inclui os mecanismos e incentivos que promovem a conservação da água e a eficácia do seu uso. Se levarmos em consideração a região semiárida do Nordeste brasileiro, totalmente diferente da realidade apresentada no Pantanal, caracterizada por um regime de precipitação irregular, a escassez de água sempre foi um problema não solucionado, apesar dos esforços de amenização por parte dos órgãos gestores, com a perfuração de poços profundos.

4. Conclusões

No Nordeste, os fatores climáticos e geológicos, conforme observados têm papel preponderante na renovação das reservas hídricas e, conseqüentemente, nas mudanças da qualidade de suas águas. Nessa região onde a escassez de água sempre se fez presente, seja devido ao aumento da demanda por parte da população, da degradação dos recursos hídricos ou em consequência da instabilidade climática, os conflitos pelo uso da água tendem a aumentar.

Os conflitos e os desenvolvimentos ocorridos no Pantanal no século passado se baseiam na sustentabilidade adequada entre o do gado e a preservação da planície. Nos últimos trinta anos, o desenvolvimento do Planalto, as ocupações urbanas e as potenciais obras hidráulicas podem ser fatores de desequilíbrio.

O planejamento e conservação da bacia dependem de um melhor conhecimento quantitativo de vários aspectos do funcionamento do Pantanal e da bacia como um todo.

Isto posto, buscar soluções para um monitoramento e gerenciamento adequados desses recursos, deverá ser a prioridade dos órgãos gestores. O monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica, através das técnicas de geoprocessamento, é muito mais amplo do que a verificação se os padrões legais de qualidade estão sendo obedecidos, devendo, portanto, atender à necessidade de se responder o que está sendo alterado, o porquê destas modificações estarem ocorrendo e definir e implementar medidas preventivas de delimitação e uso dos recursos hídricos.

Este trabalho visa ampliar as visões a cerca da temática dos recursos hídricos não só nessas regiões, mas em outras áreas que disponham, ou não, deste bem tão precioso que é a água.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus, pedra angular da nossa vitória, e motivação para provermos um mundo melhor. Aos nossos pais que sempre me forneceram a base educacional e o carinho incondicional. E aos nossos colegas e companheiros do Laboratório de Geomática da Universidade Federal do Ceará.

Referências Bibliográficas

- BRANCO, S. M. e A. A. ROCHA. **Elementos de Ciências do Ambiente**. São Paulo: CETESB / ASCETESB. 1987, 206 p.
- BRANCO, S.M. (1993). **Água: origem, uso e preservação**. São Paulo, Moderna, 72p. (Coleção Polêmica).
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de Março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de Dezembro de 1989**. <http://www.presidencia.gov.br/legislacao>. Acesso em 25 de Maio de 2016.
- CEDRAZ, M. **Gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2002, Salvador, BA. Resumos... Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.
- FREITAS, M. A. V. de, SANTOS, A. H. M. **Importância da água e da informação hidrológica**. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 2009. p. 13-16.
- GARRIDO, R. J. **O combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. In: FREITAS, M.A.V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL/ MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 285-318.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE – **Águas subterrâneas - Um recurso a ser protegido e conhecido**. Brasília, 2007.
- MACHADO, C. J. S. **Por uma negociação sociotécnica na gestão integrada dos recursos hídricos**. ABRH-Notícias, Porto Alegre, v. 7, p. 20-21, 2002.
- SALATI, E.; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. **Água e o desenvolvimento sustentável**. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras, 1999. cap. 2, p. 39-62.
- TUCCI, C. E. M. **Recursos hídricos do Pantanal**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2005.
- WEBER, J. **Gestão de recursos renováveis; fundamentos teóricos de um programa de pesquisas**. In: VIEIRA, P. F. e WEBER, J. **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez Editora, 2010.