



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LÍGIA ALBUQUERQUE DE ALCÂNTARA

**DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO PARA INFORMAÇÃO GEOESPACIAL E
COMUNICAÇÃO NOS COMITÊS DE BACIA**

**Recife
2018**

LÍGIA ALBUQUERQUE DE ALCÂNTARA

**DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO PARA INFORMAÇÃO GEOESPACIAL E
COMUNICAÇÃO NOS COMITÊS DE BACIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

**Recife
2018**

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

A347d Alcântara, Lígia Albuquerque de.
Desenvolvimento de solução para informação geoespacial e comunicação nos comitês de bacia / Lígia Albuquerque de Alcântara- 2018.
202 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Comitê de bacias hidrográficas. 3. Dados espaciais. 4. Gestão participativa. I. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO PARA INFORMAÇÃO GEOESPACIAL
E COMUNICAÇÃO NOS COMITÊS DE BACIA**

defendida por

Lígia Albuquerque de Alcântara

Considera a candidata APROVADA

Recife, 6 de setembro de 2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – UFPE
(orientador)

Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva – UFPB
(examinador externo)

Prof.^a Dr.^a Ana Lúcia Bezerra Candeias – UFPE
(examinadora externa)

Prof. Dr. José Almir Cirilo – UFPB
(examinador interno)

Prof.^a Dr.^a Sylvana Melo dos Santos – UFPE
(examinadora interna)

Dedico esse trabalho com todo carinho a minha amada filha Letícia, que ainda não sabe ler, mas que já entendeu a importância dos estudos, e, as minhas avós Doralice Alcântara e Terezinha Albuquerque (*In Memoriam*), matriarcas da família que sempre estiveram ao meu lado incentivando novos horizontes e que infelizmente não tive oportunidade de abraçar após essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram para chegar até aqui e que me ajudaram a construir a pesquisa. Em especial agradeço:

À Deus

À minha Família, meu Esposo, meus Pais, minha filha, meu irmão e meus sogros que sempre confiaram em mim e foram meu alicerce, essencial para conseguir atingir meus objetivos.

A todos os meus familiares que sempre me incentivaram a continuar.

Aos meus amigos de escola, da CPRH, da Pós-graduação, da vida...obrigada pelo carinho, parceiras e compreensão de tanto afastamento.

Ao meu orientador pelo encorajamento e pela longa caminhada de pesquisas, apenas iniciada até aqui.

Aos membros da banca pelas contribuições ao trabalho.

Aos meus mestres e agora colegas de trabalho, pela confiança e exemplo, buscarei seguir seus passos para trilhar meu caminho.

À APAC, pelo apoio sempre demonstrado.

Aos membros integrantes de comitês, pela receptividade e pela confiança no trabalho desenvolvido.

RESUMO

A quantidade e a qualidade das águas têm sido pauta recorrente na imprensa brasileira na última década. Dados de previsão climática, monitoramento de barragens, necessidade de mudança de matriz energética, déficit de abastecimento e acompanhamento de obras hídricas são alguns dos assuntos mais discutidos relacionados à gestão hídrica. Nesse cenário, os comitês de bacia hidrográfica têm papel importante para tomada de decisão com preponderância dos usos consuntivos da água e garantia de defesa da supremacia dos interesses da coletividade. Para tanto, além da igualdade de direito entre os diversos atores envolvidos, precisa existir clareza de ideias e facilidade de participação nesses parlamentos. Buscando apoiar a gestão multinível e participativa dos recursos hídricos, o objetivo do trabalho foi analisar a realidade de atuação dos comitês de bacia de Pernambuco quanto à comunicação e o acesso à geoinformação. Utilizando a Bacia do Rio Capibaribe como área de estudo, foi desenvolvida uma solução passível de replicação para qualquer bacia hidrográfica. São apresentadas as lacunas existentes na atuação dos COBHs e as melhores práticas adotadas em sistemas sigwebs implantados para gestão hídrica no Brasil, a construção de um modelo conceitual para construção de base cartográfica e o desenvolvimento de um protótipo computacional para atendimento das demandas de divulgação de ações, fomento de participativo engajamento público, facilitação de comunicação e fornecimento de informações geoespaciais. Por fim, a solução desenvolvida em plataforma web é proposta como subsídio para a estruturação de um instrumento para gestão dos comitês de bacia em Pernambuco.

Palavras-chave: Comitê de bacias hidrográficas. Dados espaciais. Gestão participativa.

ABSTRACT

The quantity and quality of the water have been recurrent in the Brazilian press in the last decade. Data on climate forecasting, dam monitoring, the need to change the energy matrix, supply shortages and the monitoring of water works are some of the most discussed issues related to water management. In this scenario, river basin committees play an important role in decision-making with a preponderance of consumptive uses of water and a guarantee of the supremacy of collective interests. Therefore, in addition to the equality of rights among the various actors involved, there must be clarity of ideas and ease of participation in these parliaments. In order to support the multilevel and participatory management of water resources, the objective of this work was to analyze the performance of the Pernambuco basin committees regarding communication and access to geoinformation. Using the Capibaribe River Basin as a study area, a replicable solution was developed for any river basin. We present the shortcomings in the performance of the COBHs and the best practices adopted in sigwebs systems deployed for water management in Brazil, the construction of a conceptual model for the construction of a cartographic base, and the development of a computational prototype to meet the demands of stock disclosure , fostering participatory public engagement, facilitating communication and providing geospatial information. Finally, the solution developed in a web platform is proposed as a subsidy for the structuring of an instrument for the management of the basin committees in Pernambuco.

Keywords: Basin committees. Spatial data. Participative management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo da pesquisa.....	19
Figura 2 – Componentes dos SIG.....	47
Figura 3 – Arquitetura do SIG.....	48
Figura 4 – Evolução dos SIG.....	50
Figura 5 – Localização da Bacia Hidrográfica do Capibaribe segundo as mesorregiões do Estado de Pernambuco.....	66
Figura 6 – Unidades de Planejamento Hídrico do Estado de Pernambuco.....	67
Figura 7 – Mesorregiões que englobam a Bacia do Capibaribe.....	68
Figura 8 – Localização da Bacia do Capibaribe segundo o polígono das secas.....	69
Figura 9 – Rede hídrica da Bacia do Capibaribe – Principais afluentes.....	70
Figura 10 – Municípios que englobam a Bacia Hidrográfica do Capibaribe.....	76
Figura 11 – Localização dos reservatórios com capacidade acima de 1 milhão de m ³ na Bacia do Rio Capibaribe.....	78
Figura 12 – Fluxograma de procedimentos metodológicos da pesquisa.....	87
Figura 13 – Portal de dados espaciais da INDE.....	88
Figura 14 – Portal de dados espaciais da ANA.....	88
Figura 15 – Portal de serviços de dados espaciais do IBGE.....	89
Figura 16 – Extensão OMT-G para o software Microsoft Visio.....	90
Figura 17 – Página web que disponibiliza a extensão OMT-G para o software Visio.....	90
Figura 18 – Ativação do plugin qgis2web no software QGIS.....	91
Figura 19 – Visualização da janela de ativação do plugin qgis2web no software QGIS.....	91
Figura 20 – Serviço de hospedagem gratuito utilizado para publicação dos dados na internet.....	92
Figura 21 – Interface de criação de formulários usando o Google Forms.....	93
Figura 22 – Conjunto de aplicativos utilizados na solução construída.....	94
Figura 23 – Organização dos resultados.....	96

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BDE	Banco de Dados Espaciais
CAD	<i>Computer Aided Drawing</i>
CEMG	Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
CRH-PE	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INDE	Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais
MGB	Metadados Geoespaciais do Brasil
OMT	<i>Object Modeling Technique</i>
ONU	Organização Mundial das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRHE	Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Apresentação do problema.....	13
1.2	Importância e relevância do estudo.....	15
1.3	Hipótese da Pesquisa.....	20
1.4	Objetivos da Pesquisa.....	20
1.4.1	Objetivo Geral.....	20
1.4.2	Objetivos específicos.....	20
1.5	Estrutura da TESE.....	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1	Gestão e Planejamento Hídrico.....	22
2.1.1	Contexto histórico de construção do pensamento ambiental voltado à sustentabilidade da gestão das águas.....	24
2.1.2	Gestão das águas no Brasil: Aspectos Legais e Institucionais.....	29
2.2	Comitês de Bacia Hidrográfica.....	37
2.3	Sistemas de Informações Geográficas.....	45
2.3.1	Sistemas de Informações Geográficas em plataforma web.....	52
2.3.2	Banco de dados espaciais.....	56
2.3.2.1	<i>Modelagem de dados para SIG.....</i>	<i>59</i>
2.3.2.2	<i>Publicação e integração de dados abertos.....</i>	<i>61</i>
2.3.3	Sistemas de Informação Geográfica e a Gestão Hídrica.....	63
3	ÁREA DE ESTUDO.....	65
3.1	Aspectos Físicos.....	65
3.1.1	Localização.....	65
3.1.2	Hidrografia.....	68
3.1.3	Clima.....	70
3.1.4	Geologia e Solos.....	71
3.1.5	Vegetação.....	74
3.2	Aspectos Socioeconômicos.....	75
3.2.1	População e divisão político administrativa.....	75
3.2.2	Infraestrutura hidráulica.....	77
3.2.3	Atividades econômicas.....	79

3.3	Aspectos Gerenciais.....	81
3.3.1	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe.....	81
4	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	86
4.1	Procedimentos metodológicos.....	86
4.2	Materiais, dados e equipamentos utilizados.....	95
5	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	96
5.1	Ferramentas de geovisualização para uma efetiva atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas.....	99
5.2	Estrutura de banco de dados espacial para a gestão hídrica.....	119
5.3	Desenvolvimento de portal web para apoiar a governança em comitês de bacia pernambucanos.....	147
6	CONCLUSÕES.....	174
6.1	Recomendações.....	176
	REFERÊNCIAS.....	178
	APÊNDICE A – MAPA EM A3 DA BACIA DO CAPIBARIBE.....	191
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DAS ENTREVISTAS.....	192
	APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ENTREVISTAS.....	197
	APÊNDICE D – MODELO CONCEITUAL EM A3.....	202

1 INTRODUÇÃO

A quantidade e a qualidade da água disponível para usos consuntivos influenciam diretamente no planejamento do território. A água é o bem comum de maior valor para manutenção da vida.

No período de 2011 a 2017 o Brasil sofreu os efeitos da “crise da água” apresentando situações de escassez não apenas em decorrência da irregularidade do regime de precipitação que vem massacrando o território nacional. Além da escassez de água potável em grandes centros urbanos, outros relatos como: grandes cheias na região amazônica, grandes reservatórios abaixo do volume morto, chuvas irregulares e enchentes em importantes capitais, racionamento de água em áreas com histórico de grande disponibilidade hídrica, abastecimento por carro pipa como única alternativa; têm se tornado cada vez mais comuns em todo o país. Na busca de informações que expliquem o cenário climático atual, as opiniões científicas se dividem entre a variabilidade climática cíclica, ou seja, ocorrências naturais em ciclos de décadas ou séculos, e os efeitos das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global de origem antrópica.

As chuvas irregulares e pouco expressivas associadas a fatores ligados à infraestrutura, à ocupação desordenada das margens dos mananciais e à falta de planejamento têm destacado a deficiência da gestão de recursos hídricos em todas as regiões brasileiras, independentemente de características físicas, situação política ou cenário econômico. Dentre os serviços públicos, a disponibilidade de água potável para abastecimento vem assumindo extrema prioridade, mas nem sempre foi assim.

Segundo Santos (2004), no início do séc. XIX a preocupação acerca da conservação ambiental era desvinculada de compromissos com metas políticas ou com planejamento regional e não existiam propostas de planejamento ambiental. Araújo (2000), analisando o contexto político durante o período de 1920 a 1980, concluiu que para atingir o objetivo de consolidar o processo de industrialização e fazer do Brasil uma grande potência, o governo assumiu uma postura desenvolvimentista com políticas públicas voltadas apenas para promover o crescimento, ou seja, o Estado não assumia o papel de transformar as relações da sociedade. O desenvolvimento econômico, o avanço tecnológico e o aumento do

consumo de bens e serviços, impulsionados pela expansão industrial da década de 1940, tiveram como consequência o aumento da poluição ambiental, com destaque para a poluição dos corpos d'água.

Até a década de 1970, as questões referentes ao uso da água eram tratadas sob a perspectiva da necessidade dos grandes usuários, ou dos problemas relacionados às inundações e às secas. As decisões eram tomadas pelo governo e as bacias hidrográficas não eram as unidades predominantes de planejamento (BRASIL, 2011a).

Para Lanna (2007), a diversidade de usos da água após a revolução industrial gerou o aparecimento de demandas conflitantes com a expansão da produção em larga escala, a mudança da base econômica para o setor de serviços e o desenvolvimento tecnológico em diferentes áreas do conhecimento (química, biologia, engenharia, física, medicina, etc.). A partir desse momento a negociação passa a assumir uma função importante para proteção dos recursos hídricos com o propósito de conciliar as entidades públicas, privadas e a sociedade civil.

A crescente pressão sobre os recursos hídricos e sua escassez, o aumento da demanda de água para abastecimento, os altos índices de contaminação provenientes de atividades humanas e a deficiência de manejo são fatores que influenciaram a reflexão sobre que atitudes devem ser tomadas para garantir que a água disponível seja suficiente para atender as demandas da geração atual e futura sem comprometer o meio ambiente.

1.1 Apresentação do problema

O reconhecimento do valor da água como principal recurso natural em degradação desencadeou uma inversão de valores onde a sustentabilidade assume o papel principal da manutenção do desenvolvimento. Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2015, os recursos hídricos e a gama de serviços providos por esses recursos contribuem para a redução da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental. Desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e do meio ambiente, a água contribui para as melhorias no bem-estar social e no crescimento

inclusivo, afetando os meios de subsistência de bilhões de pessoas. Nesse sentido, a água é o principal recurso para garantia de se atingir o desenvolvimento sustentável.

Um aspecto relevante a ser considerado na avaliação do potencial de escassez de água em uma determinada região é o índice de criticidade de recursos hídricos desenvolvido por Falkenmark (FALKENMARK, 1992). Calculado em termos de disponibilidade específica de recursos hídricos ($\text{m}^3/\text{habitante.ano}$), este índice relaciona a disponibilidade e os potenciais problemas associados à gestão desses recursos. Com os dados de disponibilidade natural de água e de população de uma determinada região é possível, com base no índice proposto por Falkenmark, avaliar o potencial de ocorrência de escassez de água.

Apesar de possuir a maior disponibilidade hídrica mundial, cerca de 12% da água doce existente no mundo, o Brasil apresenta dificuldades de gestão hídrica devido à grande desigualdade espacial existente na distribuição dos volumes de água em seu território. De acordo com o Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informes 2012 (BRASIL, 2012), em termos globais, o país apresenta uma situação confortável quanto aos recursos hídricos, pois a disponibilidade hídrica per capita indica uma situação satisfatória quando comparada aos valores dos demais países informados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Para o Brasil, o cálculo da disponibilidade hídrica segundo o índice de Falkenmark apresenta o montante de mais de $33.944,73 \text{ m}^3/\text{hab.ano}$ (ANA, 2002), colocando o país numa situação de conforto hídrico. Entretanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro.

Quase 80% do volume total disponível está concentrado na região amazônica, que abriga o menor contingente populacional. A situação mais grave no país encontra-se na região semiárida que ocupa 18,2% do território nacional, sendo Pernambuco o estado em situação mais crítica com a menor quantidade de água disponível por habitante, apenas $1.270 \text{ m}^3/\text{hab.ano}$.

De acordo com o relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - 2009 (BRASIL, 2009), a baixa disponibilidade hídrica na região nordeste do Brasil é decorrente da associação dos baixos índices de precipitação e da irregularidade do regime pluviométrico ao contexto hidrogeológico local. A região semiárida do país, além dos baixos índices pluviométricos (inferiores a 900mm), é caracterizada por

apresentar temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas (entre 2°C e 3°C), forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. Além disso, os elevados índices de evapotranspiração normalmente superam os totais pluviométricos irregulares, configurando taxas negativas no balanço hídrico.

Em análises de disponibilidade hídrica para fins de abastecimento, outros fatores também devem ser considerados. O Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Água 2015 – Água para um mundo sustentável, publicado em 2015 pelo Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos (*World Water Assessment Programme*, em inglês) e liderado pela UNESCO por meio da *UN-Water* (mecanismo interagencial das Nações Unidas para assuntos relacionados à água e questões de saneamento) (WWAP, 2015), destacou que os percursos de desenvolvimento insustentável e falhas de governança têm afetado a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, comprometendo a geração de benefícios sociais e econômicos.

Tal relatório aponta que a demanda de água doce continua aumentando fortemente influenciada pelo crescimento da população, pela urbanização, pelas políticas de segurança alimentar e energética, e pelos processos macroeconômicos, tais como a globalização do comércio, as mudanças na dieta e o aumento do consumo. Segundo Shiklomanov (1997), apenas entre os anos de 1900 e 1995 o consumo mundial de água cresceu mais de seis vezes o que equivaleu a mais que o dobro das taxas de crescimento da população e apresentou a continuidade da tendência de crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial. A previsão é que até 2050, a demanda hídrica mundial sofra um aumento 55%, principalmente devido à crescente demanda do setor industrial, dos sistemas de geração de energia termoelétrica e dos usuários domésticos. Caso o equilíbrio entre a oferta e a demanda não seja estabelecido a partir da gestão eficiente dos recursos hídricos, até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40% (WWAP, 2015).

1.2 Importância e relevância do estudo

Planejamento, segundo conceitos da ciência econômica, é definido como a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes. Em recursos

hídricos, o planejamento pode ser definido como conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso. Todavia, o planejamento de recursos hídricos reveste-se de especial complexidade, haja vista as peculiaridades expostas (BARTH et al, 1987).

Setti et al. (2001) definem gestão de recursos hídricos como a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa desses recursos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade.

Seguindo o clássico conceito inicialmente desenvolvido por Henry Fayol (FAYOL, 1994), recai sobre a gestão a responsabilidade de atuar através de atividades de planejamento, organização, liderança e controle para atingir os objetivos organizacionais predeterminados.

Braga, Porto e Tucci (1999) afirmam que, para um planejamento e gestão dos recursos hídricos em bases sustentáveis são fundamentais as informações referentes à caracterização física dos sistemas hídricos, envolvendo o conhecimento do relevo, hidrografia, geologia, solos, cobertura vegetal, ações antrópicas, obras hidráulicas, e informações hidroclimáticas, como séries históricas e em tempo real das variáveis climáticas, fluviometria, sedimentometria e, principalmente, a qualidade da água. Outros aspectos que devem ser considerados são os fatores socioeconômicos advindos de atitudes antropogênicas e com ênfase no uso e nos impactos nos recursos naturais. Os autores também afirmam que o monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica é muito mais amplo do que apenas verificar se os padrões legais de qualidade estão sendo obedecidos, devendo, portanto, atender à necessidade de se responder ao que está sendo alterado, os porquês destas modificações estarem ocorrendo além de definir e implementar medidas preventivas de contaminação dos recursos hídricos.

Em resumo, os autores destacaram a necessidade de uso de múltiplos dados de diferentes fontes e formatos no planejamento e gestão de recursos hídricos. A geração de dados espaciais sobre o território é objeto de operações e aplicações de técnicas da Cartografia. Nas últimas décadas a evolução da Cartografia foi muito significativa, promovendo alterações nas formas de obtenção, processamento,

interpretação e representação dos dados espaciais e possibilitando o desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica – SIG (ALCANTARA, 2011).

Reconhecidos como ferramenta para planejamento e apoio à tomada de decisão, os SIG têm se mostrado peças chave para apoiar órgãos públicos com atuação desde o planejamento e análise dos dados, passando pela gestão operacional, coleta de dados em campo, gestão de ativos da instituição e permitindo, ainda, o engajamento social por meio da abertura de dados e garantia de transparência com a disponibilização de informações em aplicativos e portais na internet.

O Brasil possui dimensões continentais e é um país heterogêneo, com diferentes biomas, climas, base econômica, grande diversidade étnica e biológica, e grandes problemas de distribuição de renda. Toda essa heterogeneidade social e ambiental torna a gestão pública complexa e desafiadora, principalmente quando os recursos financeiros são escassos e há pouco estímulo à inovação tecnológica. De maneira crescente e sistemática, o uso de SIG, seja em plataformas livres ou proprietárias, vem revolucionando a gestão nas áreas de transportes, saúde, energia, planejamento urbano e ambiental. Os governos têm investido em programas e projetos que visam melhorar as condições de qualidade de vida da população, e todos eles têm o espaço geográfico em comum. As obras do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, os cadastros do Cadastro Ambiental Rural – CAR, os beneficiários do bolsa família, as instalações militares de fronteiras, entre outros; todos estão localizados em algum lugar. A espacialização desses dados e sua análise combinada abrem um novo caminho para a gestão do território possibilitando o entendimento do comportamento social, o monitoramento ambiental e o desenvolvimento econômico de maneira sustentável.

Devido à capacidade de integrar uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, os Sistemas de Informação Geográfica têm sido utilizados amplamente para o entendimento de fatos e fenômenos locais, pois seus recursos manipulam as informações geográficas, estruturando-as e organizando-as adequadamente, facilitando o trabalho dos gestores. Por meio das possibilidades de buscas e seleções de dados tabulares, e em conjunto com a possibilidade de visualização e análise geográfica, o sistema torna-se útil para o

entendimento de ocorrência de eventos, predição de cenários, simulação de situações e planejamento de estratégias (SCHEIDEGGER, CARNEIRO e ARAÚJO, 2013).

A crise hídrica agravada em 2014 no Brasil influenciou mudanças e destacou a importância do uso de informações espaciais para gestão do território. Especificamente relacionado aos recursos hídricos, o reconhecimento da bacia hidrográfica como espaço geográfico de gestão tem se tornado mais visível à população em geral com a divulgação constante de parâmetros de monitoramento de reservatórios e reservas hídricas em noticiários de TV, rádio e internet quase que diariamente. A deficiência na gestão de recursos hídricos está perceptível diante das dificuldades enfrentadas pelo poder público para garantir abastecimento na situação atual de ocorrências de variabilidade climática intensa, dando forças aos movimentos sociais que buscam participar da administração pública.

O presente estudo busca preencher o vazio de pesquisas acadêmicas voltadas para o detalhamento do desenvolvimento de aplicações SIG de baixo custo em ambiente *web* que permitam a participação social na administração pública. Trabalhos como o de Lins (2007) e de Souza Júnior et al (2013) apontaram caminhos para a modelagem e apresentação de dados espaciais, mas não consideraram as especificidades dos comitês de bacia.

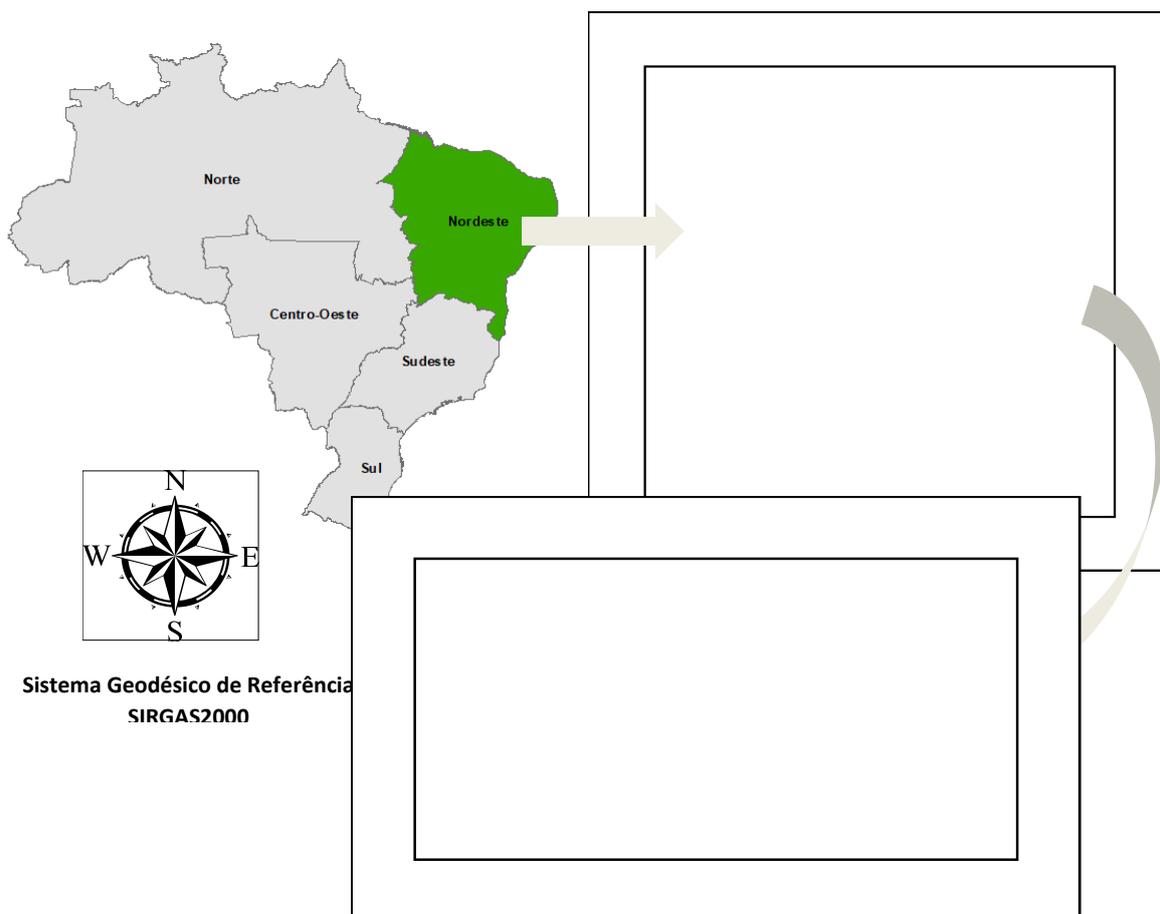
Diante desse cenário pretende-se contribuir para o avanço do conhecimento na gestão de bacias hidrográficas com integração de informações estruturando um sistema que contribua para a governança colaborativa, digital e com efetiva participação do cidadão, que possa ser aplicado em qualquer bacia hidrográfica e utilizado pelos diferentes usuários envolvidos na gestão.

Especificamente em Pernambuco temos um cenário de gestão participativa deficiente. A divisão hidrográfica estadual, composta de 13 Bacias Hidrográficas, 06 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos (GL1 a GL6), 09 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interiores (GI1 a GI9) e uma bacia de pequenos rios que compõem a rede de drenagem do arquipélago de Fernando de Noronha, conta com apenas sete comitês de bacia ativos; alguns poucos operantes. Considerando as especificidades ambientais da região nordeste e a situação de criticidade hídrica do estado de Pernambuco, a pesquisa tem como área de estudo a bacia hidrográfica do rio

Capibaribe. Recobrando uma área de 7.454,88km², a bacia engloba 42 municípios e corresponde a 7,58% do território do estado (PERNAMBUCO, 2010), ver Figura 01.

Os problemas de gestão hídrica encontrados nessa bacia variam desde o alto Capibaribe onde a água que resta no período de estiagem fica armazenada nos poros do leito seco do rio e precisa ser compartilhada entre agricultores ribeirinhos (BRAGA et al, 2014; ARAÚJO FILHO, CABRAL e SILVA, 2016), até a disponibilidade de grandes volumes de água, como por exemplo a barragem de Tapacurá que na mesma época armazena mais de 35 milhões de m³ e contribui para o abastecimento de 3,5 milhões de habitantes da Região Metropolitana do Recife (APAC, 2016). Além da diversidade peculiar de oferta hídrica no seu território, a Bacia do Capibaribe foi escolhida devido à atuação do seu comitê, por englobar a capital do estado e por apresentar características econômicas distintas ao longo do seu trajeto de 270 km da nascente ao estuário do rio Capibaribe.

Figura 01: Localização da área de estudo da pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

1.3 Hipótese da pesquisa

É possível desenvolver ferramentas para apoiar a governança multinível de uma bacia hidrográfica a partir da construção um sistema de informação de recursos hídricos em plataforma *web* que facilite a tomada de decisão nos comitês de bacia e o envolvimento participativo dos diferentes usuários na gestão das águas.

1.4 Objetivos da pesquisa

Definidos de forma apresentar a finalidade do trabalho científico, são a meta que se pretende atingir com a elaboração da pesquisa.

1.4.1 Objetivo geral

Analisar a realidade de atuação dos comitês de bacia de Pernambuco quanto à comunicação e o acesso à geoinformação.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar lacunas que limitam a atuação dos comitês de Bacia através da realização de entrevistas com os integrantes dos comitês de Pernambuco.
- Pesquisar alternativas para a aquisição de dados espaciais que subsidiem a gestão de uma bacia hidrográfica;
- Levantar e analisar o cenário atual de sistemas de informação geográfica em plataforma *web* já desenvolvidos;
- Propor modelo conceitual a ser aplicado na construção de bases cartográficas para a gestão das bacias hidrográficas; e
- Desenvolver um sistema de informação geográfica em ambiente *web* para apoio à tomada de decisão, de fácil replicação para diferentes bacias hidrográficas.

1.5 Estrutura da tese

As seções 1 a 1.5 apresentam a estrutura geral do trabalho, a hipótese da pesquisa e os objetivos do estudo, caracterizando o cenário e o problema abordado.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre alguns temas relacionados à gestão e ao planejamento hídrico, em especial ao uso de Sistemas de Informação

Geográfica na gestão territorial. No Capítulo 3 é feita uma detalhada caracterização da área de estudo, apresentado os dados espaciais coletados na pesquisa.

O Capítulo 4 descreve a estrutura de procedimentos metodológicos aplicada no estudo e apresenta os materiais e equipamentos utilizados.

O Capítulo 5 apresenta os resultados alcançados com o desenvolvimento da metodologia proposta, no formato de artigos científicos e no Capítulo 6 são detalhadas todas as conclusões e recomendações do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o resultado da pesquisa e revisão de textos, artigos, livros periódicos e leis relacionados à temática estudada.

2.1 Gestão e planejamento hídrico

Segundo Freitas (2001), o gerenciamento ou gestão de um recurso ambiental natural, econômico ou sociocultural consiste na articulação do conjunto de ações dos diferentes agentes sociais, econômicos ou socioculturais iterativos, objetivando compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas ações antrópicas, de acordo com a política estabelecida para o mesmo, de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável. A base legal, constituída pelo conjunto de leis, decretos, normas e regulamentos relacionados ao uso e controle dos recursos hídricos, forma o modelo de gerenciamento de águas adotado pelo Estado. A partir desse conceito a gestão de recursos hídricos pode ser entendida como o conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas vigentes. A gestão integra projetos e atividades que atuam na recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água com o objetivo de promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade das águas nas bacias hidrográficas.

Atualmente os princípios da gestão ambiental são responsabilidade, cooperação e prevenção, sendo assim, a gestão tem que ser ambientalmente sustentável, economicamente viável e socialmente equitativa. A fragmentação da aplicação de instrumentos de comando e controle em pontos específicos (empreendimentos, projetos, locais), ou seja, sem a visão global da bacia, dificulta a obtenção de melhorias na gestão ambiental. É necessário ter uma estratégia de gestão, mas para tanto, a realização de um planejamento se faz necessária. Para Chiavenato (2008), o planejamento impõe uma racionalidade e proporciona direcionamento das ações, quando estratégico, se baseia na visão do futuro, com atenção aos fatores do contexto local com suas especificidades e limitações, e na concepção de um consenso com perspectivas em longo prazo de maneira cíclica e interativa

De acordo com Porto e Tucci (2009), o planejamento hídrico necessita de uma análise integrada sempre numa visão de sustentabilidade e em convergência com desenvolvimento inter-regional e nacional e, para tanto, deve considerar: os usos da água; a cadeia produtiva instalada e a ser implantada na bacia; as vulnerabilidades dos ecossistemas; e os cenários alternativos de desenvolvimento da bacia em relação aos recursos hídricos, a biodiversidade e ao uso do solo. Dessa forma, planos de ação com definição de metas progressivas são importantes ferramentas para apoiar a execução de uma gestão que busca melhorias.

Além da estratégia, uma boa gestão tem que considerar os aspectos social, econômico, ambiental, legal/institucional e cultural. O grau de compartilhamento de uma estratégia define o quanto o processo de gestão é mais ou menos sustentável, quanto mais compartilhada, mais sustentável. Segundo Silva, Farias e Cavalcanti (2016), atingir a sustentabilidade hídrica significa garantir o uso da água de modo economicamente viável, ambientalmente correto, socialmente justo, diverso culturalmente e equilibrado territorialmente, tendo como um dos maiores desafios a promoção de uma gestão eficiente.

A necessidade de garantir uma gestão eficiente dos recursos hídricos, não tem o objetivo de preservar apenas, mas principalmente, de garantir o acesso às reservas e corpos hídricos nos diversos pontos do território nacional para as gerações atuais e futuras. Por isso, sempre que houver a intenção de intervenção no espaço geográfico, como por exemplo quando forem previstas alterações da cobertura vegetal dos solos, ou mesmo quando forem necessárias implantação de obras de captação, regularização e despejo de efluentes nos corpos d'água, é importante que ocorra uma discussão prévia sobre o aproveitamento da água envolvendo usuários e atingidos. O setor industrial, os pequenos e grandes produtores rurais, as escolas e universidades, a sociedade civil organizada e as instituições públicas precisam assumir junto com o Estado a responsabilidade compartilhada na gestão integrada da bacia (BRAGA et al, 2015). Portanto, cabe destacar que a eficiência da gestão é baseada no conhecimento do território.

O espaço geográfico é a plataforma onde ocorrem todos os recursos naturais, ações e atividades que devem ser observados e que estão sob responsabilidade administrativa do gestor público. É através da perspectiva territorial que indicadores de gestão se tornam perceptíveis a ponto de servir de base para acompanhamento

das políticas públicas. Segundo o Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informes 2012 (BRASIL, 2012), o conhecimento da distribuição espacial da precipitação e, conseqüentemente, o da oferta de água, além da situação da qualidade das águas, é de fundamental importância para determinar o balanço hídrico nas bacias brasileiras.

Segundo Braga et al (2015), a gestão dos recursos hídricos precisa superar os interesses individuais dos usuários da água devendo obedecer a regras ou pactos de gestão cujas fronteiras sejam os limites da bacia hidrográfica. Conhecer as necessidades dos diversos usuários, saber onde eles estão, qual a capacidade de oferta hídrica e a velocidade de renovação das fontes naturais, analisar as alterações de cobertura vegetal do solo, acompanhar a implantação de obras e fiscalizar ações, são informações e atividades da rotina da gestão hídrica que possuem um forte vínculo espacial e que por isso podem ser trabalhadas sobre Sistemas de Informação Geográfica.

Vale ressaltar que a base para a democracia participativa do Séc. XXI é o quadripé Governo-Sociedade-Mercado-Indivíduos articulados e integrados em sistemas de informação em rede horizontal com conhecimento e poder para influenciar processos relevantes. A disponibilidade de geoinformações e sistemas associados à gestão são imprescindíveis atualmente, pois tornam possível a análise do território e permitem compreender a distribuição espacial das dinâmicas geridas pelo gestor público empoderando esses diferentes atores com conhecimentos ainda mais abrangentes e de uma forma muitas vezes mais lúdica que as tradicionais aulas de educação ambiental. O objetivo de sistematizar a gestão é obter uma governança colaborativa, digital e com participação efetiva do cidadão. Segundo Cavalcanti, Braga e Aguiar (2016), a noção de governança reconhece a importância dos diferentes atores sociais e institucionais na construção de uma nova cultura de relação entre sociedade e governo, buscando na democracia a base para a promoção do direito de acesso à água.

2.1.1 Contexto histórico de construção do pensamento ambiental voltado à sustentabilidade da gestão das águas

O reconhecimento dos problemas ambientais de ordem global (uso de armamentos nucleares, efeito estufa e contaminação de alimentos por agrotóxicos)

fez surgir a preocupação com a degradação dos recursos naturais causando a tomada de consciência por parte da sociedade. Impulsionados pelo anseio de parar a contaminação das águas e do ar e se apresentando contrários ao modelo capitalista imposto pela era industrial, os movimentos ambientais ganharam forma na década de 1960. Nessa época não existia administração de recursos naturais, os mesmos eram tratados como fonte inesgotável de matéria prima da indústria.

O crescimento econômico após a segunda guerra foi caracterizado pela utilização de grande quantidade de matéria prima e despertou o interesse de representantes da corrente econômica que questionaram qual o limite do uso indiscriminado dos recursos naturais e alertaram para a possibilidade de crise econômica decorrente do esgotamento de matéria prima. Nessa época, a produção em larga escala passou a demandar cada vez mais recursos sem se preocupar com as consequências futuras.

Segundo Farias e Favaro (2011), os primeiros indícios de uma maior preocupação com a questão ambiental começaram a surgir a partir de 1949, com a Conferência Científica da Organização das Nações Unidas sobre a Conservação e Utilização de Recursos (UNSCCUR) realizada em *Lake Success*, nos EUA, e alguns anos depois, com a publicação do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), de Rachel Carson em 1962, o qual relata os efeitos adversos da má utilização dos pesticidas e inseticidas químicos sintéticos.

Para as mesmas autoras, a problemática ambiental realmente entra em foco a partir da Conferência Intergovernamental de Especialistas sobre as Bases Científicas para Uso e Conservação Racionais dos Recursos da Biosfera, conhecida como Conferência da Biosfera, realizada em 1968 e com a criação, no mesmo ano do Clube de Roma composto por cientistas, industriais e políticos, que tinha como objetivo discutir e analisar os limites do crescimento econômico levando em conta o uso crescente dos recursos naturais.

Em 1972 o Clube de Roma publica o relatório *Os Limites do Crescimento*, conhecido como Relatório *Meadows*, que abalou as convicções da época sobre o valor do desenvolvimento econômico apresentando a tese do crescimento zero, que destaca a necessidade de congelar o crescimento populacional e o capital industrial para atingir a estabilidade econômica e respeitar a finitude dos recursos naturais

(BRASIL, 2011a). A partir daí a sociedade passou a questionar os governos e pressionar acerca da questão ambiental.

Diante do cenário e motivada pelo anseio de frear o desenvolvimento econômico sem limites que vinha crescendo desde a revolução industrial, a ONU realiza em 1972 a 1ª Conferência Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (I CMMAD), em Estocolmo na Suécia, com o intuito de discutir os problemas ambientais e pensar soluções viáveis às duas correntes emergentes: o movimento ambientalista que defendia o fim da exploração dos recursos naturais e a corrente econômica que argumentava pela possibilidade de uso consciente dos recursos.

A Conferência de Estocolmo contou com participação do Governo e da Sociedade Civil Organizada reunindo 113 representantes de diversos países do mundo e das variadas agências internacionais: UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Ciência, Educação e Cultura), UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), FAO (Organização para a Alimentação e Agricultura) e UNDP (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), além de várias outras organizações como a OIT (Organização Internacional do Trabalho), a OMS (Organização Mundial da Saúde), o FMI (Fundo Monetário Internacional), assim como Organizações intergovernamentais e ONGs (Organizações não-governamentais) (BRITO, 2008).

As principais contribuições do debate foram a inclusão do meio ambiente na agenda governamental, a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) como primeira agência ambiental global e a introdução dos conceitos de conservação e preservação ambiental. Devido a isso, a Conferência de Estocolmo é considerada a primeira atitude mundial em tentar organizar as relações entre o Homem e o Meio Ambiente (FARIAS e FAVARO, 2011).

No tocante aos recursos hídricos, no entanto, quem deu o pontapé inicial para evolução da questão foi a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre a Água, ocorrida em Mar Del Plata na Argentina no ano de 1977. Mesmo com um pequeno público basicamente técnico e sem a participação da sociedade civil, a conferência foi considerada um marco referencial no histórico das discussões internacionais sobre recursos hídricos, pois a partir dela a água passou a ser definida como um bem comum, que todos deveriam ter acesso com a qualidade exigida e em quantidade

suficiente para satisfazer suas necessidades básicas, independentemente do local onde esteja ou de sua situação socioeconômica.

O documento final da Conferência, conhecido como Plano de Ação de Mar Del Plata, continha as recomendações aos países para desenvolvimento de uma avaliação nacional dos recursos hídricos e elaboração de políticas e planos nacionais que priorizassem medidas de saneamento básico para toda população, além de orientações para estabelecimento de objetivos, diretrizes e estratégias visando o uso ordenado e integrado dos recursos hídricos (ONU, 1982). O plano de ação apresentou ainda recomendações que visavam evitar a crise da água e assegurar o abastecimento adequado de toda população, atendendo demandas necessárias ao desenvolvimento socioeconômico dos países. Destacou-se também pelo pioneirismo na visão da bacia hidrográfica como unidade de gestão hídrica ao recomendar a criação de entidades para administrar bacias hidrográficas a fim de permitir melhor planejamento integrado dos recursos hídricos (DOUROJEANNI, 1997). Até a divulgação da Agenda 21, em 1992, esse documento foi considerado o referencial mais completo sobre recursos hídricos.

No ano de 1983, uma outra iniciativa estimulou a discussão acerca da proteção dos recursos naturais. A ONU criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD para levantar os principais problemas ambientais do planeta e sugerir estratégias para preservação do meio ambiente (BRASIL, 2011a). Como resultado, a comissão lançou em 1987 o documento *Our Common Future* ou, como é bastante conhecido, Relatório *Brundtland*, o qual apresentou um novo olhar sobre o desenvolvimento, definindo-o como o processo que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”, fazendo surgir o conceito de desenvolvimento sustentável.

Seguindo esse conceito, a Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente (ICWE) realizada em 1992 na cidade de Dublin na Irlanda apontou a existência de sérios problemas relacionados à disponibilidade hídrica no mundo e estabeleceu quatro princípios para a gestão sustentável da água, são eles (BRASIL, 2011a; WMO, 1992):

- (I) A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, para o desenvolvimento e para o meio ambiente.

- (II) O desenvolvimento e a gestão da água deverão ser baseados numa abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e agentes políticos em todos os níveis.
- (III) As mulheres desempenham um papel central na provisão, no gerenciamento e na proteção da água.
- (IV) A água tem um valor económico em todos os seus usos concorrentes e deve ser reconhecido como um bem económico.

A Declaração de Dublin ainda salientou que o bom gerenciamento dos recursos hídricos ocorre com o comprometimento político e o envolvimento de todos, dos níveis mais altos do governo até as menores comunidades locais, sendo necessário, para tanto, a estruturação de imediatos e substanciais investimentos, campanhas de conscientização pública, mudanças legislativas e institucionais, desenvolvimento tecnológico e programas de capacitação (WMO, 1992).

Silva (2010) apresentou outros documentos provenientes de encontros internacionais que enfatizam a importância de se considerar a questão ambiental e o gerenciamento dos recursos hídricos na agenda governamental: Agenda 21 – Rio de Janeiro, 1992; Declaração de San José – Costa Rica, 1996; Declaração de Santa Cruz de la Sierra – Bolívia, 1996; Declaração de Paris – França, 1998; Declaração de Haia – Holanda, 2000; Declaração de Johannesburgo – África do Sul, 2002; Declaração Rio+10 – Rio de Janeiro, 2002. Ainda em 1992, os representantes de 179 países reunidos na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como ECO-92, consagraram o conceito de desenvolvimento sustentável, confirmaram o compromisso com os princípios de Dublin e aprovaram a Agenda 21, documento que sistematiza um plano de ações com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável (UNCED, 1992).

A Conferência teve o objetivo de enfrentar os desafios ambientais do século XXI e deu uma grande ênfase no acordo final à necessidade de gestão sustentável dos recursos hídricos. A temática da água foi tratada em um capítulo específico que apresentou sete áreas de interesse para desenvolvimento de programas e ações de governo, são eles:

- (a) Desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- (b) Avaliação dos recursos hídricos;
- (c) Proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- (d) Abastecimento de água potável e saneamento;
- (e) Água e desenvolvimento urbano sustentável;

- (f) Água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável; e
- (g) Impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

Para Hespanhol (2008), os princípios de Dublin estabeleceram os critérios básicos para a gestão sustentável dos recursos hídricos, mas a Agenda 21 detalhou os programas, ações, atividades e meios de implementação para atingir os objetivos dessa gestão de forma integrada. A Agenda 21 ainda propôs uma série de atividades relacionadas às áreas de interesse, reafirmou a necessidade de considerar ambos os aspectos, quantitativos e qualitativos, apresentados no Plano de Ação de Mar del Plata e recomendou a inclusão de todos cidadãos para considerar os interesses múltiplos de uso da água nos processos de tomada de decisão, destacando a necessidade de empoderamento destas pessoas para garantia da qualidade de sua participação na gestão (UNCED, 1992).

No geral, todos os momentos descritos anteriormente interferiram no processo de evolução da visão global sobre o domínio, o uso prioritário, a disponibilidade, a contaminação, a recuperação e a preservação das águas, mas devido a sua metodologia de construção participativa, a grande representatividade (com compromisso firmado pela quase totalidade dos países do mundo) e pelo formato do texto de fácil entendimento e replicação, a Agenda 21 deve ser considerada um dos principais avanços das diretrizes internacionais de planejamento, gestão e governança da água.

2.1.2 Gestão das águas no Brasil: aspectos legais e institucionais

No Brasil, antes mesmo dos impactos das Conferências da ONU, a realidade dos países desenvolvidos já influenciava a política e a gestão hídrica. A década de 1930 foi marcada pelos anseios do movimento republicano de transformar o país fazendo-o moderno, industrializado e desenvolvido. A gestão dos recursos hídricos, antes vinculada à questão agrícola, passava a exercer papel fundamental na geração de energia. Nesse contexto foi criada a primeira lei específica para proteção dos recursos hídricos: o Código de Águas, instituído pelo Decreto nº 24.643 de 10 de junho de 1934 (BRASIL, 1934).

Muito embora seja a primeira legislação ambiental direcionada aos recursos hídricos, observa-se que o Código das Águas foi precursor do princípio usuário-

pagador, no que diz respeito ao uso para assimilação e transporte de poluentes, mas não se comprometia com a questão ambiental.

O Decreto nº 24.643/1934 traçou diretrizes que permitiram ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas atendendo aos interesses do país que naquele momento buscava estimular a industrialização almejando atingir o desenvolvimento econômico. Mesmo visando a proteção das águas para fins de geração de energia, a implantação do Código foi a base da legislação brasileira atual, pois deu preferência à derivação dos recursos hídricos para abastecimento das populações com garantia de uso gratuito de água para as necessidades da vida e permitindo a todos usar de quaisquer águas públicas por meio de concessões autorizativas.

A abundância de água (em comparação com outras nações) e grande o potencial hidroelétrico, eram a garantia de atendimento à demanda das transformações econômicas, sociais e políticas. A confirmação do esforço do país em estímulo à mineração, siderurgia, geração e distribuição de energia elétrica, são as fundações das empresas Companhia Siderúrgica Nacional (BRASIL, 1941), Companhia Vale do Rio Doce (BRASIL, 1942), Companhia Hidrelétrica do São Francisco (BRASIL, 1945) e Companhia Nacional de Álcalis (BRASIL, 1943) na Era Vargas¹.

Seguindo a mesma ideia, em 1948 foi criada a Comissão do Vale do São Francisco (BRASIL, 1948) com funções que mais tarde, por sucessão, a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) assumiu com o objetivo de promover o desenvolvimento da região utilizando os recursos hídricos com ênfase na irrigação.

A redemocratização após o fim da Era Vargas e a promulgação da Constituição de 1946 pareciam apontar para uma gradual descentralização, uma vez que Estados e Municípios ganharam a competência de legislar sobre as águas em caráter supletivo e complementar, função privativa da união até então. Entretanto, assumindo uma postura centralizadora, a Constituição de 1967 negou aos Estados possibilidade de legislarem supletivamente sobre a matéria (art. 8º, XVH, "i", parágrafo único).

Nas décadas de 1970/1980 a política de controle ambiental foi centralizada com abuso dos mecanismos de comando e controle, falta de integração entre as políticas.

¹ Era Vargas: Período de 15 anos no qual Getúlio Vargas governou o Brasil de forma contínua (1930-1945).

A poluição das águas passou a ser vista como preocupação global a partir de 1972 após a Conferência de Estocolmo que reforçou movimentos ambientalistas desencadeando ações para inclusão do meio ambiente na agenda governamental. No Brasil, o primeiro passo foi a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior (BRASIL, 1973).

Viola (1987) explicou que a SEMA executava a gestão ambiental de forma descentralizada, coordenando os órgãos estaduais de meio ambiente existentes na época, mas destaca que o único objetivo da sua criação foi a necessidade de atender a organismos internacionais que exigiam a existência formal deste tipo de órgão para a concessão de empréstimos destinados a grandes obras públicas. Com relação aos recursos hídricos a SEMA tratava apenas dos aspectos qualitativos dos corpos hídricos envolvidos em denúncias de poluição industrial e rural, enquanto os aspectos quantitativos eram tratados no âmbito do Ministério de Minas e Energia.

Segundo Porto e Porto (2008), o reconhecimento da crescente complexidade dos problemas relacionados ao uso da água levou ao estabelecimento de um acordo em 1976 entre o Ministério de Minas e Energia e o governo de São Paulo para melhoria das condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão com foco na necessidade de suprimento de água, tratamento e despejo de esgoto. Para Dourojeanni (1997), com base no êxito da experiência e seguindo a recomendação do Plano de Mar Del Plata de criação de entidades para administrar bacias hidrográficas de forma a permitir o planejamento integrado dos recursos hídricos, foi criado no ano de 1978 o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH) com o objetivo de realizar estudos integrados, monitorar os usos da água, classificar seus cursos e coordenar as diversas instituições envolvidas. Contudo, mesmo assumindo um caráter integrador, o CEEIBH era ineficiente, pois não possuía poder deliberativo.

Acompanhando a tendência mundial, ainda na década de 1970 o movimento ambientalista no Brasil tomou força contra a degradação ambiental causada pela desenfreada busca pelo desenvolvimento. Para Acselrad (2010) a relação entre meio ambiente e justiça social ganhou importância particular a partir de meados da década de 1980, culminando com a constituição, na conjuntura aberta pela realização no Rio de Janeiro da Conferência da ONU em 1992, de uma nova instância de articulação - o Fórum Brasileiro de ONG e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e o

Desenvolvimento - por meio da qual procurou-se incorporar a temática ambiental ao debate mais amplo de crítica e busca de alternativas ao modelo dominante de desenvolvimento. Abriu-se, a partir de então, um diálogo, inconcluso, mas persistente, voltado à construção de pautas comuns entre entidades ambientalistas e o ativismo sindical, o movimento dos trabalhadores rurais sem-terra, os atingidos por barragens, os movimentos comunitários das periferias das cidades, os seringueiros, os extrativistas e o movimento indígena.

Segundo Câmara (2013), a ação de movimentos sociais contrários ao ritmo de degradação ambiental causado por projetos de infraestrutura, tais como a implantação das usinas hidrelétricas de Sobradinho, Tucuruí e o terminal Porto Ferroviário Ponta da Madeira, gerou articulações entre organismos internacionais ocasionando pressões políticas que passaram a ameaçar o fluxo de capitais estrangeiros que custeavam parte dos programas de desenvolvimento econômico do Governo federal, demandando uma revisão profunda do contexto político-institucional do Brasil.

O aumento da pressão interna e externa para conservação do meio ambiente e abertura para participação social culminou com a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente-PNMA estabelecida pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981).

A instituição da PNMA reforçou a visão de proteção da qualidade das águas e consolidou o processo de participação social na gestão ambiental criando o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) composto por membros dos Poderes Executivo e Legislativo e da sociedade civil organizada. Todavia, embora fosse imprescindível, o arcabouço legal e institucional dificultava cada vez mais a integração gerencial da qualidade e quantidade de recursos hídricos e a articulação entre os diversos usuários causando conflitos entre os setores usuários, entre os órgãos responsáveis pela gestão e entre as decisões em nível federal e estadual. Entretanto cabe destacar que no Brasil a década de 1980 também é marcada por avanços como o surgimento de várias experiências de gestão hídrica baseadas no recorte de bacias hidrográficas, tomando por exemplo o Consórcio Intermunicipal Santa Maria/Jucu no Espírito Santo, os Comitês das Bacias Sinos e Gravataí, no Rio Grande do Sul e o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari no Estado de São Paulo (PORTO e PORTO, 2008).

Um avanço da base jurídico-institucional para modernização da gestão dos recursos hídricos no Brasil foi a promulgação da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), que definiu a água como bem de domínio público e classificou as águas de domínio dos Estados e da União.

De acordo com Hespanhol (2008), os princípios de Dublin para a gestão sustentável dos recursos hídricos (WMO, 1992) impulsionaram a visão governamental da importância econômica da água atribuindo a ela a conotação de *commodity*² e destacaram a necessidade de integração dos aspectos físicos, sociais e econômicos para gestão efetiva desses recursos sugerindo a adoção de bacias hidrográficas como território base.

Diante da necessidade de estabelecer no país uma estrutura legal e institucional que promovesse, a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental articulando as diferentes políticas públicas diretamente relacionadas, como por exemplo as relativas à proteção ambiental, uso do solo e ao saneamento; após longo processo de discussão e com significativa participação da sociedade foi sancionada em 1997 a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH.

Conhecida como a Lei das Águas, a PNRH foi formulada com base em seis fundamentos universalmente aceitos (BRASIL, 1997):

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

² *Commodity*: Produto padronizado cujo valor é definido pelas condições do mercado, geralmente negociado em Bolsas de Valores internacionais.

Com os objetivos de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, proporcionar a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável e garantir a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, a Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) concretiza a modernização e organiza o sistema de gestão hídrica no país.

Democratizando a gestão, a Lei das Águas compartilha o poder de decisão com diversos atores e aponta a necessidade de uma política integrada entre os corpos d'água e as terras que os circundam, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade integradora. A referida Lei ainda prevê como instrumentos para viabilizar a implantação da política: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a compensação aos municípios e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

Além de estabelecer os objetivos, os fundamentos e os instrumentos, a Lei das Águas ainda define o arcabouço institucional pelo qual deve se dar a gestão compartilhada do uso da água. São organismos integrantes desse arcabouço institucional e partes do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SNGRH: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos e poderes públicos federais, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos; as Agências de Água e as organizações civis de recursos hídricos.

Completando o novo arranjo institucional, foi criada pela Lei nº 9.984/2000 (BRASIL, 2000) a Agência Nacional de Águas – ANA com o objetivo de implementar a PNRH e coordenar o SNGRH. Com uma árdua missão a ANA assume o papel de órgão executor, implementando o SNGRH, órgão regulador da oferta e da demanda, fiscalizando os recursos hídricos e mediando conflitos com poder de polícia, e órgão outorgante, autorizando os usos nas águas de domínio da União.

A Constituição de 1988 (BRASIL, 1988) e as Leis nº 9433 (BRASIL, 1997) e nº 9984 (BRASIL, 2000) promoveram a mudança da visão gerencial das águas no Brasil com implantação de um sistema que tem por foco a descentralização, a garantia do

uso múltiplo, a apreciação do bem de acordo com seu valor econômico e a definição da bacia hidrográfica como unidade de gestão. Os desafios desse arranjo institucional para gestão de recursos hídricos são muitos, a integração efetiva da gestão depende de múltiplos fatores.

A visível dificuldade em aplicar essas mudanças gerenciais incentivou o desenvolvimento de várias iniciativas para facilitar a gestão. Uma iniciativa de destaque foi o Pacto Nacional pela Gestão das Águas firmado em 2011 para construção de compromissos entre os entes federados, com o objetivo de superar desafios comuns e promover o uso múltiplo e sustentável dos recursos hídricos. Diante da necessidade de repassar recursos aos entes federados para implementação do Pacto, em 2013 foi lançado o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO) para fortalecer institucional e operacionalmente a gestão das águas em âmbito estadual.

Além de buscar melhorar a articulação entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e os sistemas estaduais, o programa tem o objetivo de construir um sistema nacional para a governança eficaz que garanta a oferta de água em quantidade e qualidade para os brasileiros no presente e no futuro.

Com o intuito de cumprir o compromisso do Pacto Nacional pela Gestão das Águas, o PROGESTÃO estimula os estados a adotarem várias ações, como: o aperfeiçoamento da rede de monitoramento quantitativo e qualitativo de rios, formação de banco de dados relativos à disponibilidade hídrica ou emissão de outorga (autorização) para uso dos recursos hídricos, elaboração de estudos e planos de bacia, capacitação ou implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Como visto, no último século houve uma clara evolução na gestão dos recursos hídricos no Brasil que ainda não refletiu numa menor pressão sobre os corpos d'água devido às dificuldades de implementação do modelo de gestão participativa multinível.

Segundo Borsoi e Torres (1997), a evolução da administração de recursos hídricos no Brasil pode ser resumida em três etapas caracterizadas por aplicação de diferentes modelos administrativos:

- Etapa 1 - o modelo burocrático
- Etapa 2 - o modelo econômico-financeiro

- Etapa 3 - o modelo sistêmico de integração participativa

A primeira etapa da administração dos recursos hídricos no Brasil, denominada modelo burocrático, era orientada por tipos de uso onde a administração pública tinha como objetivo predominante cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais sobre águas. Havia extensa legislação a ser obedecida com relação à concessões e autorizações de uso, licenciamento de obras, ações de fiscalização, interdição, multa, etc.

Para as autoras, nessa etapa observa-se que o processo de gestão tinha uma visão fragmentada, com centralização do poder decisório, excesso de formalismo e análise de desempenho restrita ao cumprimento de normas. Por não se adequar à realidade, o modelo causava o agravamento dos conflitos de uso e de proteção das águas levando à elaboração de novos instrumentos legais na tentativa de ajustar o esquema legal tendo como produto um vasto conjunto de leis e normas, muitas vezes conflitantes e de difícil interpretação.

A segunda etapa da administração dos recursos hídricos brasileiros, denominada modelo econômico-financeiro, teve seu início marcado pela criação da CODEVASF em 1948 e caracterizou-se pelo uso de instrumentos econômicos e financeiros, para a promoção do desenvolvimento nacional ou regional. Nessa fase as ações do governo seguiam duas orientações distintas: atender as prioridades de investimento em específicos setores usuários de água (tais como irrigação, geração de energia, saneamento, etc.) e promover o desenvolvimento integral (multisetorial) da bacia hidrográfica. Como as superintendências de bacia ficavam vinculadas a ministério ou secretaria estadual setorial com atribuições limitadas ao segmento específico de atuação, foram criados apenas sistemas parciais que acabaram privilegiando determinados setores usuários de água e não foi possível a compatibilização dos instrumentos criados para os setores específicos. Apesar de causar a geração de conflitos entre os setores e até intra-setores, a implantação do modelo econômico-financeiro setorialmente possibilitava a realização do planejamento estratégico da bacia e a canalização de recursos financeiros para a implantação dos investimentos planejados (BORSOI e TORRES, 1997).

A aplicação do modelo sistêmico de integração participativa pode ser considerada a terceira e atual etapa da administração de recursos hídricos no Brasil

tendo como marco inicial a promulgação da Constituição de 1988. Além de examinar o crescimento econômico, o modelo de integração participativa também tem por objetivos verificar a equidade social e o equilíbrio ambiental para gestão das águas. Como princípio do modelo, a integração desses objetivos deve ocorrer por meio de uma negociação social no âmbito da unidade de planejamento, ou seja, com participação dos diversos setores atuantes na bacia hidrográfica (BORSOI e TORRES, 1997).

O resultado da negociação social traduzido em um plano de ação com projetos que listam os investimentos prioritários para o atingimento de metas e clareza sobre as responsabilidades de execução é atualmente a base operacional da gestão dos recursos hídricos no Brasil.

2.2 Comitês de Bacia Hidrográfica

Para a formulação da sua política nacional, o Brasil se inspirou na legislação francesa que instituiu a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gerenciamento em 1964. A França foi um dos primeiros países a fazer a gestão no sentido global de gerenciamento dos recursos hídricos. O marco legal da legislação francesa é a Lei 64-1.245 de 16 de dezembro 1964 (TRINDADE JUNIOR, 2012).

Segundo Rocha (2008), a bacia hidrográfica é tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos podendo a análise do comportamento hidrológico no território ser realizada através dos atributos fisiográficos inerentes à sua área e aferido através dos registros fluviométricos. A visão integrada entre as fases de precipitação, escoamento superficial, infiltração e armazenamento da água, associado ao processo de ocupação do território e os diversos tipos de uso pela sociedade, fornece um arsenal de condições a serem analisadas e interpretadas, para a compreensão do uso racional da água em cada bacia hidrográfica.

O modelo francês já previa a cobrança pelo uso da água através de um sistema descentralizado de gestão, com a participação da comunidade estabelecido pela atuação de três entidades: o Comitê da Bacia, responsável pelas ações normativas; a Agência da Bacia, responsável pela cobrança do uso da água, atribuição de subsídios

e empréstimos para realização de obras e execução de pesquisas e estudos; e as Comunas e Departamentos, que estabelecem os objetivos de qualidade para os cursos d' água e executam obras públicas ao longo da bacia hidrográfica (LANNA, 1995).

Seguindo esses princípios e com o objetivo de promover a descentralização da gestão permitindo a tomada de decisão em nível de bacia hidrográfica e possibilitando a implantação de uma governança multinível que inclui a participação social e democratiza o processo, a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH que, entre outros objetivos, tem o papel de coordenar a gestão integrada das águas no país. O SINGREH, baseado no modelo de gestão multinível, é composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, pelos Conselhos de Recursos Hídricos estaduais e do Distrito Federal, órgãos de governo dos diversos níveis relacionados a gestão hídrica, Agências de água e pelos Comitês de Bacia Hidrográfica.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é o órgão mais elevado da hierarquia do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, a quem compete decidir sobre as grandes questões do setor. Os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos têm como atribuição contribuir para a formulação da Política de Recursos Hídricos e solucionar conflitos. Os Comitês de Bacias Hidrográficas têm a participação dos usuários, das prefeituras, da sociedade civil organizada, de governos estaduais e federal, e deliberam sobre o Plano de Recursos Hídricos, quando, quanto e para que cobrar pelo uso dos mesmos. Os órgãos de governo relacionados a gestão hídrica possuem atribuições específicas relacionadas ao tema, como por exemplo monitoramento, licenciamento e outorga. E as Agências de água exercem a função executiva dos Comitês, cobrando pelo uso dos recursos hídricos e fornecendo apoio técnico, financeiro e administrativo, uma vez que os Comitês não têm personalidade jurídica.

Com base no modelo francês, a primeira experiência semelhante foi instalada no Brasil em 1976, através de um acordo entre o Ministério das Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo com o objetivo de melhorar as condições hídricas das bacias dos rios Tietê e Cubatão, focando também quanto a necessidade de suprimento de água, tratamento e despejo de resíduos ao longo dos cursos. O sucesso da iniciativa desencadeou a criação de diversos comitês desde então,

algumas bacias com experiências de destaque semelhantes são: as bacias dos rios Paraíba do Sul (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro), Paranapanema (São Paulo e Paraná), Grande (São Paulo e Minas Gerais), Ribeira do Iguape (São Paulo e Paraná), Jaguari-Piracicaba (São Paulo e Minas Gerais) Iguazu (Paraná e Santa Catarina) e São Francisco (Minas Gerais, Bahia, Sergipe e Pernambuco) (BARTH, 1999).

No Brasil, os Comitês de Bacia Hidrográfica - CBH são órgãos colegiados instituídos com o objetivo de promover debates sobre a questão dos recursos hídricos no âmbito da bacia a que pertence, devendo integrar os órgãos e entidades estaduais e municipais na escala regional e incentivar a participação da sociedade civil no processo de tomada de decisão (SILVA e SILVA, 2014).

O artigo 39 da Lei nº 9.433/97 determina a formação dos Comitês em rios de domínio da União, compostos por representantes públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos municípios e representantes da sociedade, tais como usuários das águas de sua área de atuação e das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia. A proporção entre esses representantes foi definida pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, através da Resolução nº 5, de 10 de abril de 2000. Esta Resolução estabelece diretrizes para formação e funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica, estabelecendo que os representantes dos usuários sejam 40% do número total de representantes do Comitê. A somatória dos representantes dos governos municipais, estaduais e federal não poderá ultrapassar a 40% e, os da sociedade civil organizada, 20% (GOMES, 2008).

Torres (2007) apresentou a visão dos Comitês de Bacias como Parlamentos das Águas, destacando a transformação das bacias hidrográficas em territórios de base para gestão pela ação dos comitês de bacias, das políticas públicas e por consequência de questões culturais.

Conforme disposto na Lei nº 9.433/97, os Comitês de Bacias têm as atribuições de (BRASIL, 2011b):

- promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia;
- articular a atuação das entidades que trabalham com este tema;

- arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados a recursos hídricos;
- aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia;
- estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;
- estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; dentre outras.

Embora a gestão ampla dos recursos hídricos fique a cargo do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, no nível federal, e sob responsabilidade dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos no nível estadual, Gomes (2008) destacou a importância da atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas como um importante órgão gestor dentro de sua área de atuação. Isso se deve ao fato de que esse órgão colegiado está próximo à ocorrência dos fatos, além de ter, em sua composição, a participação da sociedade civil organizada.

Ao longo do tempo a escassez de água num território influenciava a gestão territorial imposta pelo controle e posse desse recurso que tornava a água um instrumento de poder e moeda de troca (mercadoria). O aumento da diversidade de usos da água gerou o aparecimento de demandas conflitantes fazendo com que a negociação assumisse uma função importante para proteção dos recursos hídricos com propósito em conciliar as diversas entidades públicas, privadas e sociedade civil (LANNA, 2007). As modificações impostas pela Lei das Águas (BRASIL, 1997) possibilitam a gênese de conflitos e trazem à tona resistências à implantação do modelo de gestão participativo (TORRES, 2007).

Para um comitê de bacia ter uma abrangência democrática na determinação dos caminhos e conjunto de regras para a gestão de uma bacia hidrográfica é preciso existir representatividade participativa nos membros que compõem o comitê inclusive, incluindo populações ribeirinhas e agricultores familiares, pessoas que tradicionalmente convivem e necessitam deste elemento para sobreviver. TORRES (2007) atribuiu a baixa representatividade da sociedade nos comitês de bacia existentes no Nordeste brasileiro, muitas vezes deturpada e tendenciosa favorecendo o poder econômico e político, à deficiente forma de comunicação utilizada em convites à participação popular realizados por meio de listas eletrônicas pré-formatadas, sem

que aconteça uma efetiva divulgação da informação nos meios de comunicação de massa.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas, foram instituídos numa proposta de gestão pública colegiada, com o objetivo de defender a supremacia dos interesses da coletividade sobre os interesses privados. O colegiado facilita a transparência nas relações entre empresários, atores sociais e Organizações não governamentais - ONGs, incorporando os interessados na formulação dos planos de desenvolvimento integrado tornando-se um canal de participação para exercício da cidadania (GOMES, 2008).

Atualmente os comitês de bacias são uma extensão e representação do processo de mudança da gestão agora voltada para transformação das relações da sociedade com o meio. A inclusão da cultura democrática no processo de tomada de decisão ainda não é uma realidade (SILVA e SILVA, 2014).

Considerando o perfil do gestor de Bacia Hidrográfica, Penzin e Dalberto (2008) apresentaram uma pesquisa realizada com empregados da Itaipu Binacional envolvidos no programa Gestão por Bacias. O resultado da pesquisa mostrou que a função mais importante do gestor de bacia é a comunicação e destacou pontos essenciais para o perfil de pessoas envolvidas na gestão de bacia hidrográfica, são eles: saber quando se comunicar; saber negociar; como lidar com diferentes pessoas; como ser esse novo agente social; saber representar a instituição externamente; e saber ouvir.

Fazendo uma analogia para a atuação do Comitê de Bacia, temos que: a articulação corresponde a necessidade do gestor ser um elo entre o comitê e os diferentes atores, ou seja, é estar sempre ligado aos acontecimentos referentes aos trabalhos desenvolvidos na Bacia, buscar novos parceiros (atores que apoiam a implantação do programa) e manter sempre o contato com os mesmos, através da negociação e do diálogo, de forma que as coisas aconteçam. A moderação é uma virtude que implica em saber atenuar situações que geram conflitos. Em alguns casos ser o intermediador. A mobilização corresponde a saber convocar e conduzir os atores sociais para um trabalho coletivo e até mesmo individual. A função do diálogo significa saber conversar, argumentar e expor ideias através de explicações, perguntas ou respostas com diferentes tipos de pessoas. A Interação corresponde a saber agir

reciprocamente, em prol dos interesses do comitê e da comunidade. A capacidade de ouvir mais é entender mais o que as pessoas têm a dizer, de forma a conquistar credibilidade e simpatia. E a conscientização significa ter a facilidade de despertar na comunidade a preocupação com o meio ambiente; tentar modificar aquilo que está incorreto de forma a cumprir as atividades delegadas (PENZIN e DALBERTO, 2008).

Nesse contexto a utilização da Educação Ambiental para capacitação dos diferentes atores que compõem o Comitê de Bacia contribui diretamente com a gestão participativa, podendo ser considerada uma ferramenta indispensável para a gestão por bacia hidrográfica.

Segundo Gomes (2008), o Comitê orienta as políticas públicas reduzindo os riscos do aparato público ser apropriado por interesses imediatistas. Devido ao processo de redemocratização do País, muitas organizações da sociedade brasileira têm tido espaço para participar do planejamento de políticas e programas de interesse público, baseadas no princípio da democracia participativa. Nesse novo contexto os Comitês e Conselhos passaram a ser espaços importantes para a formulação e gestão de políticas e ações voltadas a garantir o desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos hídricos.

Para Born (2000), a mobilização social e popular é elemento fundamental e necessário para promover também equidade, justiça social, distribuição de renda e sustentabilidade nas questões que definem os usos, benefícios e ônus das águas de nosso País.

Havendo clareza de ideias e igualdade de direitos entre os diversos atores, são papéis importantes a serem desempenhados pelos Comitês de Bacia: promover a conscientização dos cidadãos em relação ao desenvolvimento sustentável e gestão integrada das águas, induzir mudanças de atitudes em todos os níveis, bem como incentivar o controle social das políticas e programas de órgãos governamentais e privados (BORN, 2000).

Segundo Da Penha et al (2012), a facilidade gerada pela internet, com mecanismos cada vez mais ágeis e de uso simplificado, tem possibilitado à sociedade distribuir, receber, armazenar e manipular um maior número de informações remotamente e tem aumentado a demanda por essas informações nos mais diversos setores da sociedade, principalmente por órgãos gestores federais, estaduais e

municipais, instituições de pesquisa, organizações não governamentais, além de conselhos e comitês. Para Torres (2007), uma efetiva participação da sociedade só existe quando há um amplo debate, com igualdade de acesso às informações para que assim a coletividade possa escolher o caminho a trilhar caso contrário, a falta (ou deficiente) informação pode influenciar ou mesmo agravar os conflitos locais.

Em um contexto ainda atual, Torres (2007) destaca que um dos requisitos essenciais para promover uma gestão de recursos hídricos eficiente é ter o conhecimento das necessidades dos diversos usuários, da capacidade de oferta e da velocidade de renovação das fontes naturais. Com base nessas informações cruciais pode ser feita a promulgação dos marcos de regulação e a definição da capacidade de suporte (ou retirada) de cada bacia hidrográfica. Outro requisito imprescindível é a realização de uma discussão prévia sobre o aproveitamento da água envolvendo os usuários e os atingidos, quando forem previstas alterações da cobertura vegetal dos solos e implantação de obras de captação, regularização e despejo de efluentes nos corpos d'água.

A principal decisão a ser tomada pelo comitê é a aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia. Esse instrumento constitui-se no plano diretor para os usos da água e reúne as informações estratégicas para gestão das águas na respectiva bacia hidrográfica. No plano devem ser definidas metas de racionalização de uso para aumento de quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis, bem como os programas e os projetos destinados ao atendimento dessas metas. No plano são definidas também as prioridades para outorga de direito de uso da água, estabelecidas as condições de operação dos reservatórios, além de orientações e regras a serem implementadas pelo órgão gestor de recursos hídricos na concessão das outorgas e diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos (BRASIL, 2011a).

Segundo Brasil (2011b), a estrutura organizacional mais comum encontrada nos comitês de bacia é composta de plenário, diretoria e câmaras técnicas (CTs), podendo ser instituídos, a critério de alguns colegiados, grupos de trabalho (GTs) para análise de temas específicos, mas o trabalho do comitê é possível por conta do suporte de uma secretaria-executiva que deve providenciar todas as tarefas relativas à organização das reuniões, à convocação dos membros, à publicação das deliberações e dos respectivos encaminhamentos, ao arquivamento e ao registro de

suas decisões, entre outras ações. No entanto, mesmo sendo a chave para o bom funcionamento do comitê, a Lei das Águas não definiu como deve se estruturar essa secretaria-executiva, nem como devem ser exercidas suas funções. O artigo 41 da Lei 9.433 (BRASIL, 1997) destaca apenas que deve ser responsabilidade da Agência de água da bacia, quando da existência da mesma.

É de responsabilidade da Agência Nacional das Águas (ANA) promover o suporte financeiro e técnico à estruturação de Comitês de Bacias Hidrográficas, e integrar interestadualmente as partes que o compõem, através da realização de eventos para os diferentes setores usuários dos recursos hídricos, definindo a pauta prioritária para ações e intervenções nas bacias hidrográficas, elaborando planos de trabalho dos Comitês, realizando convênios e descentralizando a gestão dos recursos hídricos (GOMES, 2008).

Informações sobre o contexto histórico da criação dos comitês, as atribuições, como e por que criá-los, além de mais detalhes sobre a estrutura organizacional, o papel de cada um dos elementos constituintes (Plenário, Diretoria, Secretário, Câmaras Técnicas, Grupos de Trabalho etc.) podem ser vistos na Série Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos apresentada pela ANA em continuidade à sua missão de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Cabe destacar que as decisões provenientes de Comitês saem do consenso entre as partes envolvidas e por isso tendem a ser mais sustentáveis, mas sabe-se também que são mais demoradas. Buscam-se soluções que contemplem de forma satisfatória os interesses dos diversos agentes envolvidos e isso é parte do processo de negociação. É preciso se ter claro que esse processo não cumpre, necessariamente, a necessidade de integração para a gestão. A integração se dará quando a decisão tomada e implantada contemplar os múltiplos aspectos da gestão das águas. Isso se dá, portanto, numa etapa posterior à da decisão participativa. Nesse aspecto, há um longo caminho a ser trilhado. O bom funcionamento e a decisão qualificada dependem de capacitação e de bons sistemas de informação, ambos, infelizmente, quase sempre ausentes nos comitês em funcionamento no Brasil (PORTO e PORTO, 2008).

2.3 Sistemas de Informações Geográficas

A busca de soluções rápidas, econômicas, eficientes e ambientalmente sustentáveis é imprescindível à administração pública em questões referentes às mais diferentes pastas: Saúde, educação, meio ambiente, infraestrutura, segurança, etc. O conhecimento da distribuição espacial dos fenômenos e o acesso à dados espaciais de qualidade sobre esses temas é um dos maiores desafios da atualidade. Nesse sentido, estudos e análises sobre distribuição espacial de fenômenos ocorridos no espaço geográfico têm se tornando cada vez mais comuns.

Muitas vezes relacionada a variáveis socioeconômicas não identificadas por endereços postais ou divisão político administrativa, a análise de problemas referentes ao espaço geográfico com ocorrência geográfica definida por coordenadas, uso de ferramentas quantitativas de manipulação de dados espaciais, aplicação de modelos estatísticos de inferência e associação de variáveis se tornou possível devido à disponibilidade de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

São vários os conceitos encontrados na bibliografia, dentre os quais vale destacar:

“sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente em um ambiente de respostas a problemas”. (COWEN, 1988).

“qualquer conjunto de procedimentos, manual ou baseada em computador, usada para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados” (ARONOFF, 1989);

“sistema computacional que gerencia dados espaciais” (BONHAM-CARTER, 1996) *“ e recupera informações com base na inter-relação da posição geográfica com os dados descritivos associados”* (CAMARA et al, 1996).

“sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial” (DAVIS e CÂMARA, 2001);

O SIG é visto como uma coleção de informações tecnológicas, dados e procedimentos usados para coletar, armazenar, estruturar, manipular, integrar, analisar e visualizar dados espaciais (HUXHOLD, 1991; TAYLOR, 1991; ABDULRAHMAN e PILOUK, 2008, CHANG, 2013).

Numa abordagem mais completa, Santos Junior e Costa (2015) conceituaram SIG como sistemas computacionais que contemplam ferramentas eficientes na organização e estruturação de dados e metadados; integram *hardware* (equipamentos computacionais), *software* (programas computacionais), *peopleware* (pessoas), e dados; dispõem de inúmeros instrumentos de administração comportamental dos usuários para com os dados, como por exemplo, restrições de integridade dos dados e interfaces inteligentes; possuem metodologias fundamentadas cientificamente para processamento e interpretação dos dados de modo a gerar informações geoespaciais confiáveis; e ainda fornecem meios excelentes e criativos de publicação de dados e informações, propiciando qualidade e facilidade de acesso a usuários com múltiplas finalidades de uso.

De uma maneira geral esses conceitos podem ser agrupados segundo diferentes características, essenciais para aplicações espaciais, que mostram como os sistemas podem ser utilizados. Os conceitos com foco na visão de ferramenta destacam o SIG para planejamento, apoio a tomada de decisões e geração de mapas.

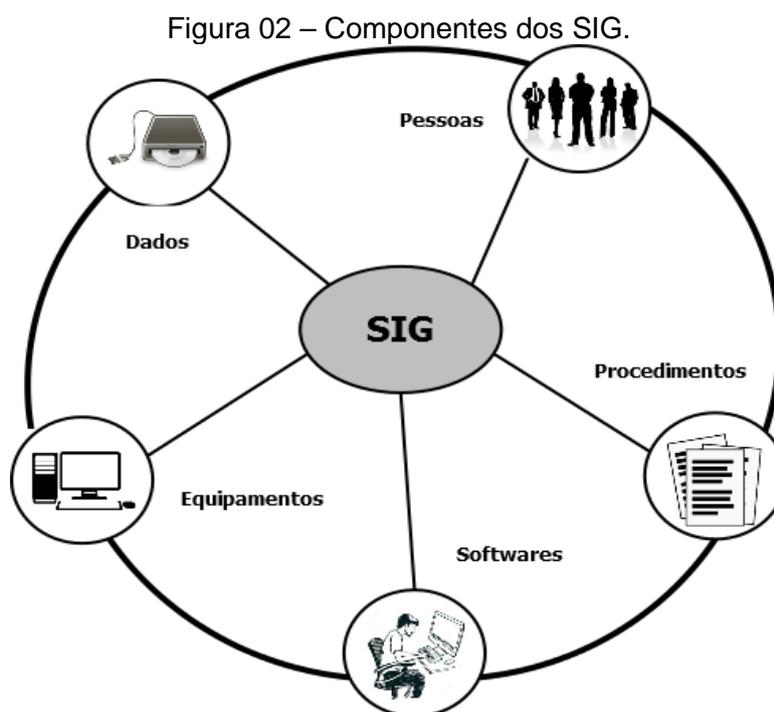
Considerando outra abordagem, os conceitos com foco na visão computacional destacam o SIG como programa computacional usado para processar dados de forma georeferenciada, ou seja, sistema que realiza tratamento computacional de dados espaciais e recupera informações com base na inter-relação da posição geográfica com os dados descritivos associados.

Numa perspectiva de utilização interdisciplinar, os conceitos baseados na visão de gestão de dados destacam a possibilidade de captura, armazenamento, checagem, integração, manipulação, análise e visualização de dados referenciados espacialmente. Segundo Harris (2001), essas diferentes visões refletem na multiplicidade de usos que envolvem essa tecnologia.

Maguire, Goodchild e Rhinds (1991) já apresentavam essas características inerentes aos SIG. Associando esses conceitos, o SIG pode ser representado como uma rede que integra *hardwares*, *softwares* e *peopleware* com uso de procedimentos

diversos, relacionando dados espacialmente definidos (ESRI, 1990; FOOTE e LYNCH, 2000; SANTOS JUNIOR e COSTA, 2015).

Longley et al (2010) apresentaram os cinco componentes de um Sistema de Informação Geográfica. Os hardwares são a plataforma computacional utilizada; os softwares são os programas computacionais, módulos e sistemas associados utilizados; os dados são os arquivos formadores da Base de Dados Espaciais - BDE do sistema que devem ser armazenados usando um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados – SGBD; as pessoas são os usuários do sistema e os profissionais responsáveis pelo projeto e pela atualização da BDE e os procedimentos são os métodos e práticas que definem as regras de negócio fazendo com que o sistema opere de forma adequada à organização, ou seja, regras de uso do SIG em uma organização. A Figura 02 apresenta um esquema da composição do SIG em formato de rede.

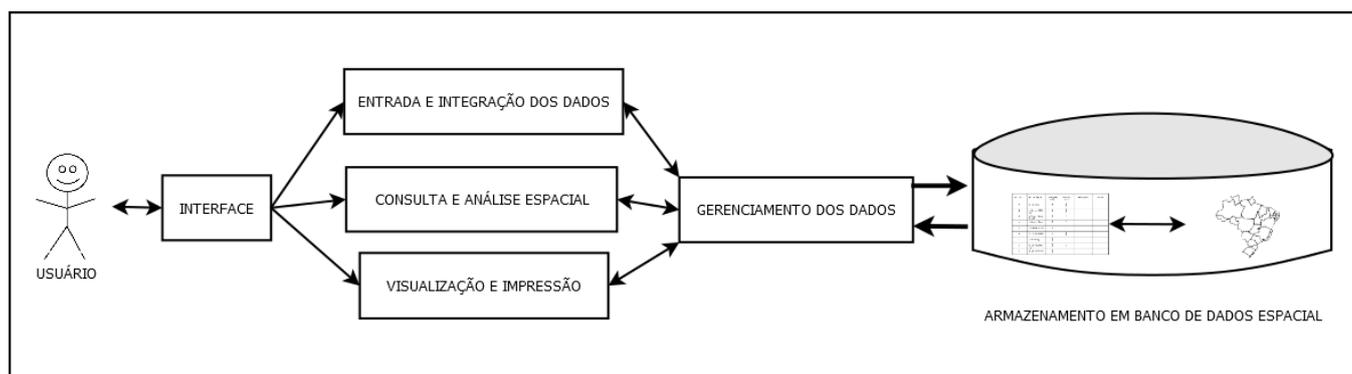


Fonte: Adaptado de Longley et al (2010).

Computacionalmente, a arquitetura de um sistema de informação geográfica pode ser organizada em módulos com funcionalidades específicas (BURROUGH, 1986).

O módulo de entrada e integração tem o objetivo de alimentar o sistema e podendo utilizar a captura, importação, validação ou edição de dados. O módulo de consulta e análise engloba todas as ações que possibilitam interação com a representação geográfica. O módulo de visualização e apresentação cartográfica trata da agilidade do sistema para apresentação de diferentes tipos de dados espaciais e da qualidade gráfica da visualização, e o módulo de gerenciamento de banco de dados é responsável por estruturar os dados e possibilitar a realização das análises espaciais. Ver Figura 03. De acordo com Davis e Câmara (2001), cada sistema implementa estes módulos de forma distinta em função de seus objetivos e necessidades.

Figura 03 – Arquitetura do SIG.



Fonte: Adaptado de Câmara, Davis e Monteiro (2001).

Para Medeiros (1997) a arquitetura dos SIG tem seus módulos organizados em níveis. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, o SIG possui mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

Alcântara (2011), considerando uma abordagem organizacional, apresentou a arquitetura dos SIG segundo os níveis operacional, gerencial e estratégico. No nível operacional, o sistema é constituído das atividades rotineiras da organização; no nível

gerencial ele é responsável pelas decisões de caráter tático e no nível estratégico é responsável pelas atividades que contribuem diretamente para o cumprimento dos objetivos da organização.

Assim como toda tecnologia computacional, os avanços tecnológicos permitiram que os SIG's passassem por uma evolução adquirindo novas funcionalidades e maior capacidade. O primeiro SIG era parte de um programa governamental do Canadá para criar um inventário de recursos naturais e comparando com a tecnologia disponível atualmente possuía baixa capacidade de armazenamento, baixa velocidade de processamento e alto custo devido ao uso de computadores e à necessidade de mão de obra altamente especializada não facilmente disponíveis na época (CAMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2001).

Desde sua criação em meados de 1960, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm evoluído consideravelmente. Antes restrita a um pequeno grupo de pessoas, devido ao alto custo e limitações técnicas relacionados aos equipamentos computacionais, atualmente, a preocupação crescente pelas questões ambientais tem requerido a utilização do SIG de forma cada vez mais usual, por ser uma poderosa ferramenta no gerenciamento e planejamento.

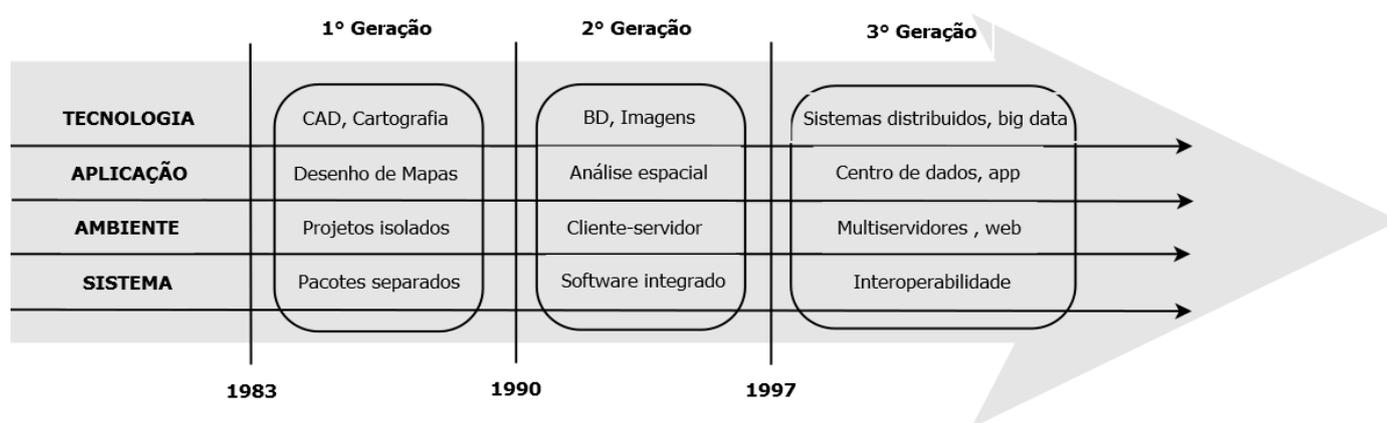
Em meados da década de 1970, o surgimento de novos e mais acessíveis recursos de hardware e o desenvolvimento de tecnologias em áreas relacionadas (sensoriamento remoto, banco de dados, cartografia digital, processamento de imagens, fotogrametria, etc) tornaram viável o desenvolvimento de SIGs em escala comercial e despertando o interesse de universidades, órgãos de pesquisa e empresas privadas na tecnologia.

O desenvolvimento dos microprocessadores e a proliferação de softwares de baixo custo nos anos 80 impulsionaram os SIG como tecnologia de processamento de informações oferecendo capacidades únicas de automação, gerenciamento e análise de uma variedade de dados espaciais. A tecnologia se popularizou em meados dos anos 1990, com a evolução da informática e acesso de computadores a população em geral em computadores pessoais (PCs).

Para Câmara e Medeiros (1998), a primeira geração de SIG's, baseada em funcionalidades de desenho assistido por computador ou *CAD* (do inglês: *computer aided design*), caracteriza-se por sistemas tradicionais aplicados principalmente em

projetos isolados, sem a preocupação de gerar arquivos digitais de dados e com suporte de bancos de dados limitado onde a base trabalho é o plano de informação. A segunda é baseada em bancos de dados geográficos e possui interface em janelas para uso em ambientes cliente-servidor associados a gerenciadores de bancos de dados relacionais e com abertura para processamento de imagens. Tinha a visão de atender as necessidades de uma instituição. A terceira geração, baseada em bibliotecas digitais geográficas, ou centros de dados geográficos, é caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos com acesso através de redes locais e remotas, públicas ou privadas e interfaces via WWW (*World Wide Web*). Utiliza tecnologias de banco de dados distribuídos e seguem os requisitos de interoperabilidade para satisfazer a necessidade de compartilhamento de informações com outras instituições. Ver Figura 04.

Figura 04 – Evolução dos SIG.



Fonte: Autoria própria.

Atualmente os Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas consagradas em muitas áreas do conhecimento, com profissionais especializados e que têm movimentado um mercado bilionário ao redor do mundo. A associação das ferramentas com as diferentes técnicas de aquisição de dados, tais como: sensoriamento remoto, aerofotogrametria, Sistemas Globais de Navegação por Satélites – GNSS³ (*Global Navigation Satellite System*), uso banco de dados espaciais e, sobretudo às tecnologias mais recentes de uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's), grandes volumes de dados (*Big Data*)⁴ e realidade virtual; elevaram o

³GNSS: Sigla utilizada para designar os sistemas de posicionamento por satélites artificiais com cobertura mundial, tais como o Navstar GPS (EUA), GLONASS (Rússia), COMPASS (China), entre outros.

⁴*Big Data*: termo utilizado como referência para análise de grandes volumes de dados em busca de toda e qualquer informação que possa ser encontrada e aproveitada em tempo hábil.

patamar de consumo e interação de dados geoespaciais em SIG à um nível não esperado, abrindo portas para um grande mercado em início de exploração.

De acordo com a Esri (2006), a proposta do SIG é promover amplo acesso a informação geográfica, infraestrutura comum para construção e desenvolvimento de aplicações, sistemas comuns de gerenciamento de dados e significativa economia para organizações que desenvolvem e usam esses sistemas.

Segundo Santos Junior e Ribeiro (2012), muitos autores têm caracterizado o SIG como uma das mais poderosas tecnologias de informação, pois é focada na integração de conhecimento de múltiplas fontes, gerando um ambiente propício para colaboração na solução de problemas, tomada de decisão e gerenciamento de recursos e bens, além de aumentar a eficiência dos trabalhos, promover a acessibilidade à informação e geralmente oferecer redução de custos para pequenas e grandes organizações.

Para Eldrandaly, Naguib e Hassan (2015), os SIG são bem conhecidos como ferramentas que garantem vantagem competitiva na tomada de decisões oferecendo: melhor partilha de informação e fluxos, melhor tomada de decisão substanciada, capacidade competitiva mais forte, maior análise e compreensão dos problemas, justificação das decisões tomadas, melhor visualização dos dados, economia de custos, maior eficácia e melhor qualidade de saída (retorno ao cliente).

Cabe destacar que o trabalho de desenvolvimento e implantação de sistemas de informação geográfica corporativos, ou seja, vinculados à missão de uma instituição, requer a identificação das informações espaciais relacionadas à temática de interesse e o conhecimento interdisciplinar acerca da problemática do dia a dia da organização. Mesmo em casos de utilização de softwares de sistema de informações geográfica prontos, sejam eles proprietários (tais como o ARCGIS) ou livres (como o SPRING por exemplo), exige-se ainda dos usuários minimamente o conhecimento de noções de Cartografia básica.

2.3.1 Sistemas de Informações Geográficas em plataforma web

O avanço tecnológico e computacional da última década facilitou a representação da natureza dinâmica dos dados espaciais diminuindo o tempo de geração do produto cartográfico final e promovendo a popularização da ciência cartográfica nas diversas áreas do conhecimento.

Kraak e Ormeling (1998) já apontavam dois momentos que haviam revolucionado de forma profunda os paradigmas da ciência cartográfica: a disponibilização de imagens advindas de satélites e a introdução de computadores nos processos cartográficos.

A Internet modificou a maneira com a qual lidamos com a informação encurtando distâncias e proporcionando acesso instantâneo à inúmeras fontes de conhecimento, desencadeando uma corrente migratória dos sistemas de informação geográfica para a web (ALCANTARA, VALDEVINO e SÁ, 2009).

De acordo com Diniz (2008), através da *WebGIS* – termo que define a integração entre os dados virtuais da rede com os dados espaciais associados, é possível associar aos atributos geográficos informações, gráficos e imagens com inúmeras vantagens de visualização se comparado ao modelo estático dos mapas analógicos tradicionais. Um exemplo de solução de geovisualização que atende a grupos heterogêneos é o Google Earth Engine, plataforma baseada em nuvem para análise geoespacial de grande volume de dados em escala planetária (GORELICK et al, 2017).

O formato de organização dos dados na internet é baseado no conceito clássico de dependência espacial, característica que integra a Cartografia com as diversas áreas do conhecimento. Com base nos conceitos de SIG se desenvolvem os programas computacionais para disponibilização de dados espaciais na internet (OLIVEIRA, 2008).

Para Aragão e Campos (2009), os sistemas de visualização via *web*, em geral, são caracterizados por uma interface para a apresentação de mapas temáticos a partir de banco de dados georreferenciados com algumas funcionalidades para manipulação e controle do conteúdo apresentado no mapa.

Com a democratização da informação geográfica, o modelo tradicional de SIG, que consiste de um único pacote de programa consultando os dados em uma única máquina, passou a não mais atender às necessidades de muitos sistemas. Hoje um grande número de usuários pode estar envolvido no processo e por isso os SIG devem ser multiplataforma e/ou multiusuário. Estes usuários podem requerer não somente mapas, mas também outras formas de documentos multimídia. O acesso às informações on-line é priorizado pela praticidade e rapidez com que se pode obtê-las. Para Santos Junior e Costa (2015), o ponto principal em questão passou a ser como disponibilizar acesso ao SIG para usuários e interessados em larga escala via web, independente de recursos do cliente. O uso de multiplataformas tem contribuído para incorporação da representação cartográfica ao dia a dia das pessoas a partir do uso de produtos cartográficos por diferentes perfis de usuários. Um bom exemplo observado em grandes centros urbanos é a propagação de uso de aplicativos de trânsito e navegação em *smartphones* e *tablets*.

A disseminação de dados espaciais via Internet começou a partir da disponibilização de mapas estáticos, que eram cópias digitalizadas de produtos cartográficos originais transformados em imagens digitais, o que apresentava muitas limitações em termos de visualização. Estes mapas no formato matricial eram pouco interativos para os usuários, e devido ao tamanho que estes arquivos atingiam, sua transmissão pela web era dificultada. O pouco de interatividade era conseguido colocando-se links para outras páginas em áreas específicas do mapa utilizando-se recursos da linguagem HTML. Outras iniciativas foram surgindo associando algumas funções dinâmicas aos mapas como o uso de hiperligações à outras informações ou imagens. A popularização cartográfica na internet que virou tendência foi a disponibilização de mapas a partir de servidor de mapas, ou seja, através da comunicação entre um computador remoto (cliente HTTP) e um servidor que pode “criar” mapas de acordo com solicitações do cliente HTTP ou enviar aplicativos encapsulados para a execução do mapa solicitado no próprio computador remoto (SILVA, 2007).

Segundo Silva (2008), os serviços de mapas na Internet permitiram a criação de ambientes visuais suportados pelos mapas, com informação em camadas, facilitando a navegação através de mapas distintos, com a contínua alteração da escala de visualização e diferentes níveis de pormenor e de informação. Estas

funcionalidades criam um ambiente dinâmico em que os mapas, além de serem o suporte de grande parte da informação georreferenciada e um meio de representação dos resultados da análise espacial, passaram a ser utilizados como índice, através de hiperligações, para outro tipo de informação como fotografias, texto ou vídeos.

Os Sistemas de Informações Geográficas passaram aos poucos a assumir a conotação de Serviços de Informações Geográficas, onde cada nó da rede de interligação de informações cartográficas tem a opção de consumir ou prover serviços através da Internet (MELO JUNIOR e CANDEIAS, 2005).

Os *WebGIS* permitem incorporar praticamente todo o tipo de representações cartográficas, em qualquer escala, incluindo imagens satélite, fotografias ortorretificadas e modelos 3D ou de realidade virtual. Dessa forma a disponibilização de mapas de forma dinâmica e interativa, com diferentes níveis de detalhe e características de representação, permite alcançar um maior público-alvo dos serviços de mapas e proporciona uma melhor cognição do espaço geográfico.

O estudo de ÇÖLTEKIN et al (2017) identifica como desafios envolvidos no processo de geovisualização: a necessidade de melhor entendimento do escopo da solução webgis, de compreensão sistemática dos fatores humanos e de diretrizes para projetar geovisualizações que sejam apropriadas e facilitem a construção de soluções úteis.

Santos Junior e Costa (2015) destacaram que, hoje em dia, além da aplicação como ferramentas de apoio à tomada de decisão no ordenamento territorial, administração de recursos e planejamento urbano, os *webgis* estão cada vez mais presentes em outras áreas, tais como consultas comerciais, estudos de roteamentos, monitoramento de meios de transporte, logística e turismo.

A demanda atual da disseminação de informação geográfica na internet é o desenvolvimento de sistemas distribuídos com ênfase nas novas tendências tecnológicas, ou seja, uso de dispositivos móveis, computação em nuvem (*cloud computing*)⁵ e redes sociais. Segundo Mineli, Chambers e Dhiraj (2013), nesse cenário surge o fenômeno da análise de grandes volumes de dados (Big Data), viabilizado pelo aumento do poder de processamento computacional.

De uma maneira geral, essa demanda por desenvolvimento de sistemas conectados via web está relacionada a busca por mobilidade, a necessidade de

⁵*cloud computing*: Traduzido para computação em nuvem, é um termo aplicado à utilização da computação como serviço, ou seja, uso de memória e da capacidade de armazenamento e processamento de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet.

utilizar a grande quantidade de dados espaciais disponíveis, a influência das redes sociais como instrumento de comunicação para divulgação e promoção de produtos e serviços e, além disso, à busca de sistemas que garantam a redução de custos operacionais nas organizações (a partir da transição dos modelos computacionais de datacenters para a computação distribuída nas nuvens).

Heda e Chikurde (2016) demonstram que as ferramentas de código aberto são efetivamente usadas em soluções WEBGIS fornecendo funcionalidades semelhantes à de ferramentas comerciais, de maneira mais econômica e adequada para organizações que têm orçamento financeiro limitado para compartilhamento de dados espaciais.

Nesse cenário, o perfil de usuários da internet conscientes e mobilizados está constituindo uma nova geração de cidadãos que estão buscando se envolver ativamente com a administração pública. Cada vez mais é exigido das instituições o gerenciamento dos dados espaciais e a transparência da gestão.

Segundo Albu e Flyverbom (2016), o grau de transparência organizacional pode ser acompanhado e avaliado segundo três critérios: completude da informação repassada, frequência de transmissão dessa informação e eficiência da transmissão dessa informação. Essa necessidade de transparência e a busca por participação ativa da sociedade influenciam diretamente as organizações que anseiam o desenvolvimento de um SIG e com a tecnologia disponível atualmente, a melhor opção são as aplicações web. Os *WebGIS* democratizam a informação geográfica proporcionando maior disponibilidade de informações com acesso a rotinas e funções de um SIG tradicional sem a necessidade de instalação de programas nas máquinas clientes, bastando apenas a conexão com a internet.

No entanto, vale salientar que existem poucos profissionais de desenvolvimento de sistemas e gerentes de projetos GIS capacitados para utilizar eficientemente essas novas tecnologias. O mercado ainda carece de mão de obra especializada. A pesquisa de Eldrandaly, Naguib e Hassan (2015) apresentaram os fatores críticos de sucesso que ocupam um lugar de destaque no campo de pesquisa dos sistemas de informação geográfica destacando que além de um bom gerente GIS, é importante ter uma boa equipe GIS (administradores, técnicos de hardware e administradores de banco de dados). Para os autores o dinheiro pode comprar mais hardware e software,

mas não pode criar a motivação e o entusiasmo essenciais para se obter uma equipe de sucesso e um GIS com implementação bem-sucedida.

2.3.2 Base de Dados Espaciais

Projetos de SIG possuem cinco componentes: hardwares, softwares, procedimentos, pessoas e dados espacialmente definidos. Segundo Aronoff (1989), os dados espaciais são quaisquer tipos de dados que descrevem fenômenos aos quais estejam associada alguma dimensão espacial.

Numa abordagem mais completa e atualizada, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, em seu Decreto nº 6.666/08, define dados ou informações geoespaciais como:

aqueles que se distinguem essencialmente pela componente espacial, que associa a cada entidade ou fenômeno uma localização na Terra, traduzida por sistema geodésico de referência, em dado instantâneo ou período de tempo, podendo ser derivado, entre outras fontes, das tecnologias de levantamento, inclusive as associadas a sistemas globais de posicionamento apoiados por satélites, bem como de mapeamento ou de sensoriamento remoto (BRASIL, 2008).

De fato, os dados são os elementos básicos da informação. Para Santos Junior e Costa (2015), a existência e o nível de eficiência da geoinformação dependem direta e indiretamente da disponibilidade de dados geoespaciais, que possam gerar a informação geográfica após uma sequência de procedimentos de organização e processamento, com assistência de diferentes meios tecnológicos.

Os tipos de dados espaciais encontrados em SIG são: temáticos, cadastrais, modelos numéricos de terreno-MNT, redes e imagens de sensoriamento remoto.

Os dados do tipo temáticos descrevem qualitativamente a distribuição espacial de uma grandeza geográfica e podem ser obtidos por levantamentos de campo ou processamento de imagens. Nos dados cadastrais cada elemento é um objeto geográfico que possui atributos associados e diferentes representações geométricas dependendo da escala de visualização. Os dados de MNT são representações quantitativas de grandezas que variam continuamente no espaço. Redes são os grafos orientados de drenagem, serviços de utilidade pública e rodovias que armazenam com topologia arco-nó informações sobre recursos que fluem entre localizações diferentes e as imagens são arquivos matriciais oriundos de técnicas de

sensoriamento remoto e, portanto, não associadas a elementos gráficos. Cada elemento da imagem é um pixel com valor proporcional à energia refletida/emitida pela área correspondente.

Também conhecidas por bases geográficas ou bases geoespaciais, as BDE agregam conjuntos de dados identificados por seu posicionamento na superfície da Terra. Tais conjuntos são descritos, na sua dimensão espacial, em relação a um sistema geodésico de referência e, na sua dimensão descritiva, através de representações gráficas feitas em relação a um determinado sistema cartográfico de referência (BRASIL, 2010).

A estruturação de base de dados espaciais para Sistemas de Informação Geográfica passa pelas etapas de modelagem, coleta, conversão, armazenamento em banco de dados, manipulação e uso de dados espaciais.

O desenvolvimento de um SIG requer a integração de dados de múltiplas fontes e com características variadas, sendo recomendado, para garantia de segurança e integridade dos dados envolvidos, o desenvolvimento de aplicações ligadas à bancos de dados.

Diferentemente da BDE, um banco de dados geográfico é geralmente um local físico ou virtual onde os dados são armazenados na forma de tabelas relacionáveis entre si através de campos chaves (geocodigos) e que suporta feições geométricas em suas tabelas. Em SIG um SGBD oferece serviços de armazenamento, consulta e atualização de bancos de dados (RAMIREZ e SOUZA, 2007). Existem basicamente duas principais formas de integração entre os sistemas, a arquitetura dual e a arquitetura integrada.

A arquitetura dual armazena as componentes espaciais dos objetos separadamente. A componente convencional, ou alfanumérica, é armazenada em um SGBD relacional e a componente espacial é armazenada em arquivos com formato proprietário. Os principais problemas dessa arquitetura são: Dificuldade no controle e manipulação das componentes espaciais. Dificuldade em manter a integridade entre a componente espacial e a componente alfanumérica. Separação entre o processamento da parte convencional, realizado pelo SGBD, e o processamento da parte espacial, realizado pelo aplicativo utilizando os arquivos proprietários. Dificuldade de interoperabilidade, já que cada sistema trabalha com arquivos com

formato proprietário. A arquitetura integrada consiste em armazenar todos os dados em um SGBD, ou seja, tanto a componente espacial quanto a alfanumérica. Sua principal vantagem é a utilização dos recursos de um SGBD para controle e manipulação de objetos espaciais, como gerência de transações, controle de integridade, concorrência e linguagens próprias de consulta (CÂMARA et al, 2005).

Alguns programas de SGBD expandiram sua atuação incorporando características de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Geográficos (SGBDG) a partir de extensões, como por exemplo o PostgreSQL (PostGIS), MySQL (MySQL spatial) e Oracle (Oracle Spatial).

O conhecimento a respeito da qualidade dos dados espaciais é primordial para tomada de decisão acerca de sua utilização no desenvolvimento de aplicações específicas e em concordância com suas respectivas finalidades.

As informações que descrevem dados ou conjuntos de dados são comumente denominadas metadados (LOPES e FERNEDA, 2016), os quais são criados segundo um padrão definido em conformidade com os padrões de disponibilização de dados adotado. A utilização de padrões de disponibilização de dados garante a total integração entre diferentes plataformas organizacionais. O uso de metadados possibilita avaliar previamente o grau com que um conjunto de dados satisfaz as necessidades de uma determinada aplicação geográfica e inferir o produto que pode ser esperado como resultado de uma análise com eles efetuada.

Os tipos de aplicações de metadados podem ser reunidos em três grandes grupos de acordo com a finalidade principal, são eles: transferência de dados, acesso e disponibilização e interoperabilidade de sistemas. O Perfil Metadados Geoespaciais Brasileiro – Perfil MGB (CEMG-CONCAR, 2009), propõe um modelo de metadados que contém as informações de: identificação, origem, temporalidade, referência espacial, organização (ou entidade provedora), forma de distribuição dos dados e descrição da qualidade dos dados (precisão e acurácia da geometria).

Atualmente existe uma forte demanda por bases de dados espaciais digitais para uso em SIG, mas pouca produção de dados digitais. As iniciativas existentes muitas vezes sem análise de qualidade e com carência de normas de intercâmbio. Uma solução é a adoção de Infraestruturas de Dados Espaciais – IDEs, as quais possibilitam a homogeneização dos dados através de critérios técnicos que garantam

a coerência da informação geográfica pela padronização da informação existente e permitindo maior interoperabilidade, atualização e reutilização da informação.

Segundo Silva (2015), o metadado geoespacial é um dos componentes fundamentais de uma IDE. Também conhecidas como portais geográficos, as IDEs têm o objetivo de organizar todas informações de instituições públicas e privadas reunindo aplicações e serviços que definem a forma como os dados serão acessados e transformados em informação, promovendo assim o acesso facilitado aos dados espaciais. Dessa forma, cada usuário poderia saber onde conseguir os dados digitais desejados e através dos metadados identificar se possuem a qualidade posicional necessária ao uso previsto.

2.3.2.1 Modelagem de dados espaciais

A construção de um SIG e a estruturação de um banco de dados geográfico constituem-se ações bastante apropriadas para a organização e gerenciamento das informações referentes ao território, pois fornecem subsídios à tomada de decisões de forma rápida e com confiabilidade. Com o objetivo de descrever a estrutura e as operações em um banco de dados são elaborados os modelos de dados (ELMASRI e NAVATHE, 2007).

A definição dos dados espaciais, seus formatos de armazenamento ou informações constantes nos atributos, são passos importantes na construção do sistema que podem definir o sucesso da aplicação. A Modelagem de Dados Espaciais é um procedimento importado das rotinas de construção de bancos de dados muito utilizado para a abstração da realidade geográfica durante a construção de Bases de Dados Espaciais (GOODCHILD, BRADLEY e STEYAERT, 1993).

Em aplicações espaciais o modelo conceitual descreve quais serão os dados, suas estruturas, inter-relacionamentos, restrições e comportamentos (RAMIREZ e SOUZA, 2007). O modelo se baseia nas primitivas da abstração de dados (classificação, generalização, agregação, associação) para extrair da realidade visualizada os dados espaciais que a representarão. Como o resultado é um esquema de dados com definição de formatos, relacionamentos e atributos; o modelo conceitual não define o processo de implementação sendo, portanto, independente do software adotado.

Segundo Goodchild et al (1995), a partir da Modelagem é possível capturar escolhas feitas pelos desenvolvedores e pelos usuários envolvidos, e criar representações digitais dos fenômenos, possibilitando análise espacial posterior, a interpretação de informações e a geração de mapas, gráficos, relatórios e tabelas, entre outros.

Em SIG um modelo conceitual bem construído é determinante para o sucesso da aplicação. Modelagens de bancos de dados descritivos se baseiam em diagramas de classes e objetos sem considerar as características espaciais. Para bases de dados espaciais pode ser usado o modelo de dados OMT-G que alia os conceitos de orientação a objetos e fornece primitivas para modelar a geometria e a topologia dos dados espaciais em várias aplicações geográficas (BORGES, DAVIS JUNIOR e LAENDER, 2005).

Este modelo parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da *Universal Modeling Language* - UML (BOOCH, RUNBAUGH e JACOBSON, 1999), introduzindo primitivas geográficas com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica daquele modelo, reduzindo a distância entre o modelo mental do espaço a ser modelado e o modelo de representação espacial usual.

O modelo de dados OMT-G é uma extensão geográfica do OMT (*Object Modeling Technique*) que alia os conceitos de orientação a objetos e fornece primitivas para modelar a geometria e a topologia dos dados espaciais em várias aplicações geográficas.

Segundo Borges, Davis Junior e Laender (2001), o modelo OMT-G é baseado em três conceitos principais: classes/entidades, relacionamentos e restrições de integridade espacial e utiliza o diagrama de classes para descrever a estrutura e o conteúdo de um banco de dados geográfico. O diagrama contém apenas regras e descrições que definem conceitualmente como os dados serão estruturados, incluindo a informação do tipo de representação que será adotada para cada classe. Por esta razão, o diagrama de classe é o produto fundamental do nível de representação conceitual. As classes definidas no OMT-G são divididas em convencionais e georreferenciadas e representam os três grandes grupos de dados encontrados nas aplicações geográficas (contínuos, discretos e não-espaciais), proporcionando assim, uma visão integrada do espaço modelado.

2.3.2.2 Publicação e integração de dados abertos

A ampliação do uso de geotecnologias, impulsionada pela acessibilidade decorrente dos avanços tecnológicos, contribui para a geração de um grande volume de dados e informações geoespaciais por parte das instituições públicas, das instituições privadas e, inclusive da sociedade (FRANKE e BIAS, 2016).

Segundo Ilescheck et al (2016), a falta de interoperabilidade entre sistemas que armazenam informações geoespaciais é um problema frequente no Brasil. De fato, a necessidade de copiar informações para desenvolver novas soluções computacionais baseadas em bancos de dados é uma clara deficiência que pode prejudicar a qualidade, ou mesmo inviabilizar projetos de tecnologia da informação, por falta de conhecimento técnico de construção de bases cartográficas.

Diversas pesquisas apresentam metodologias para geração de dados utilizados na gestão hídrica. Um exemplo é a metodologia baseada no uso de modelos digitais de elevação de alta precisão para análise de inundação em áreas urbanas apresentada por Wang et al (2018) e que pode ser aplicada em Pernambuco utilizando os dados disponibilizados no PE3D. Outro exemplo interessante diz respeito à necessidade de prever a heterogeneidade das chuvas para descrever com precisão os componentes do ciclo hidrológico, Terink et al (2018) quantificam os erros da estimativa de precipitação realizada a partir de redes pluviométrica de baixa densidade para análise de densificação de redes de monitoramento além da simples coleta de informações de chuva nos postos pluviométricos existentes.

Estudos aprofundados como esses apresentados, geram muitos resultados não disponíveis, mantendo as dificuldades comuns de acesso aos dados. É preciso mudar a postura da produção de dados geoespaciais promovendo a disseminação da cultura de dados abertos.

Iniciativas de socializar dados abertos estão ocorrendo progressivamente na gestão pública (KASSEN, 2013; DAWES, VIDIASOVA e PARKHIMOVICH, 2016). Seguindo a corrente que acredita que o futuro da ciência é baseado na filosofia de compartilhamento de softwares e dados (GEWIN, 2016), cada vez mais o uso dos conjuntos de dados disponíveis por especialistas de diversas áreas contribuirá para a melhoria da qualidade e da confiabilidade desses dados.

Em se tratando de gestão hídrica, essa forma acessível de disponibilização dos dados, gerados por instituições públicas ou com recursos públicos, favorece a realização de análises temporais, a predição de eventos, e até mesmo o desenvolvimento de aplicações para análise integrada do território.

Existem três formas de disponibilização desses conjuntos de dados: através dos metadados, através do download direto dos arquivos ou por intermédio de protocolos de serviços via *web*, como o *Web Map Server* (OGC, 2015).

O acesso aos metadados permite ao usuário identificar, entre outras coisas, a origem do conjunto de dados espaciais, sua escala, seu formato e o responsável pela sua geração. O acesso aos conjuntos de dados espaciais através de download é importante para aqueles que precisam não só visualizá-los geograficamente, mas principalmente processá-los através de edição e/ou algum tipo de análise espacial. Já o acesso através de serviços de mapas via *web* permite ao usuário visualizar, editar e realizar algumas análises sem que seja necessário fazer o download dos arquivos.

Os serviços de mapas via internet podem ser projetados para serem acessados através dos navegadores ou por intermédio de protocolos específicos, como o *Web Map Service – WMS*. Os serviços de mapas são criados, normalmente, através da linguagem XML e o acesso se dá por intermédio de endereços de rede. Isso permite que os mapas sejam publicados em serviços específicos e acessados via internet com o uso de SIG.

Ilescheck et al (2016) destacaram que, com a utilização dos geoserviços estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), como o *web map service* (WMS) e o *web feature service* (WFS), o usuário pode acessar as informações a partir de aplicações remotas em softwares desktop-SIG ou por meio de um navegador de internet, o que elimina a necessidade de conversão de dados e facilita o intercâmbio dos dados na *web*. Também, permite ao usuário realizar análises e gerar mapas e relatórios de forma dinâmica e em tempo real.

A ANA é responsável pela disponibilização dos dados hidrológicos do Brasil, com ênfase para as estações de monitoramento de chuva e nível dos rios. Os conjuntos de dados são disponibilizados através do sistema HidroWeb. Existem duas versões do sistema. Na primeira versão (<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>), a base de dados das estações de monitoramento pode ser baixada através do menu

“Softwares” ou diretamente através do link <http://hidroweb.ana.gov.br/Baixar/Software/Inventário.zip>. Através dessa versão, está disponível a base de dados completa, em formato “mdb”, que exige um conhecimento mais avançado para uso em SIG. A versão atual (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>) é mais amigável e permite também que o usuário pré-selecione os conjuntos de estações que deseja utilizar e depois exporte nos formatos pdf, xls ou kml.

2.3.3 Sistemas de Informação Geográfica e a Gestão Hídrica

Segundo Bielenker (2012), as funcionalidades dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem e facilitam as análises necessárias às atividades de gerenciamento de recursos hídricos o que torna a utilização destes sistemas um importante aliado à tomada de decisão.

Os SIGs permitem aos usuários ou clientes, atores da gestão hídrica, a interação com grande quantidade de informações espaciais sobrepostas. Com o uso dos programas computacionais de SIG, é possível acessar esses dados e realizar consultas em diferentes níveis de complexidades (SANTOS, 2015).

Em ambiente *desktop* ou *web*, os SIG podem ser vistos como ferramentas primordiais para atividades de integração e geoprocessamento de dados, processamento e análise de informações, estruturação de bases cartográficas, construção de soluções de visualização, entre outras.

Na internet, a distribuição de soluções sigweb atinge um nível mais elevado de disseminação podendo ser acessada em qualquer parte do mundo. Para Aragão e Campos (2009) a simplicidade de uso pelo público não especializado em conjunto com o poder da comunicação cartográfica, constituem-se como os principais fatores na popularização desses sistemas.

Diversos trabalhos podem ser encontrados na literatura do Brasil e do mundo a respeito da utilização de tais ferramentas na gestão hídrica. Dentre os muitos utilizados como fonte para esta pesquisa, cabe destacar: Bielenki Júnior et al (2015) que apresentaram uma metodologia de uso do módulo ArcHydro do *software* ArcGIS® para automação da estimativa de disponibilidade de água na Bacia do Rio Doce-MG; Padovani et al. (2013) com a construção de um WEBGIS sobre eventos hidrológicos

no Pantanal; Silva Neto et al (2012) na criação de um sistema web para monitoramento e análise histórica de dados meteorológicos; Casadei, Pierloni e Bellezza (2018) que apresentam o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para avaliar e gerir os recursos hídricos disponíveis na Bacia do Rio Tibre (Itália Central); Kelley (2016) que tem como produtos bancos de dados corporativos e aplicativos de mapeamento da web; Burgs e Reis (2017) que avaliaram a aceitação de metodologias alternativas como a Participação Pública com Sistema de Informação Geográfica (PPSIG); Aye et al (2016) que apresentam um protótipo de um webgis para análise de inundações e deslizamentos de terra desenvolvido com software livre; Bellezza, Casadei e Pierloni (2009) que trabalham a modelagem hidrológica e o desenvolvimento de sigweb em nível de bacia e Patil e Gosain (2013) que descreveram o desenvolvimento de um Sistema de Informação Hidrológica em plataforma web para gestão de dados hidrológicos e informações de gestão.

3 ÁREA DE ESTUDO

O Estado de Pernambuco possui uma divisão hidrográfica organizada em 29 Unidades de Planejamento (UP), compostos por 13 Bacias Hidrográficas, 06 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos (GL1 a GL6), 09 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interiores (GI1 a GI9) e uma bacia de pequenos rios que compõem a rede de drenagem do arquipélago de Fernando de Noronha (PERNAMBUCO, 1998). A bacia do Capibaribe, não apenas por sua localização e abrangência regional, mas principalmente pelo seu destaque no abastecimento, é considerada uma das bacias mais importantes do Estado de Pernambuco.

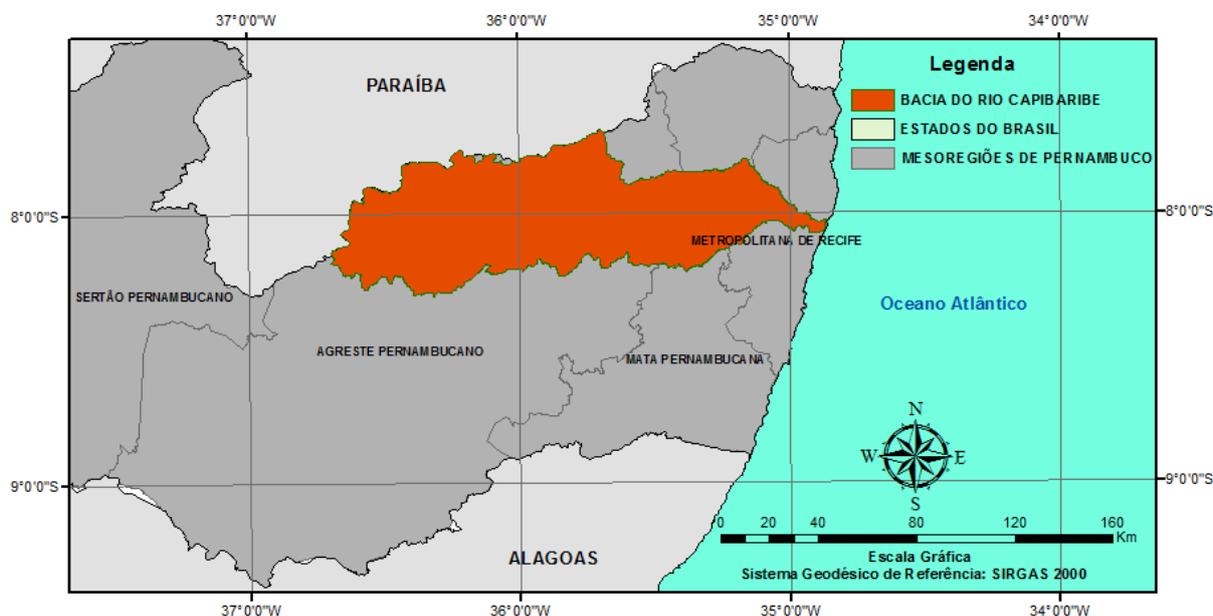
O Apêndice A deste documento apresenta um mapa da Bacia do Rio Capibaribe impresso em formato A3.

3.1 Aspectos físicos

3.1.1 Localização

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe está localizada na porção Nordeste da Mesorregião geográfica do Agreste do estado de Pernambuco (Figura 05). De acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, a Bacia apresenta uma área de 7.454,88 km² (7,58% da área do estado), estando compreendida entre as coordenadas geográficas 07° 41' 20" e 08° 19'30" de Latitude Sul, e 34° 51' 00" e 36° 41' 58" de longitude oeste (PERNAMBUCO, 2010).

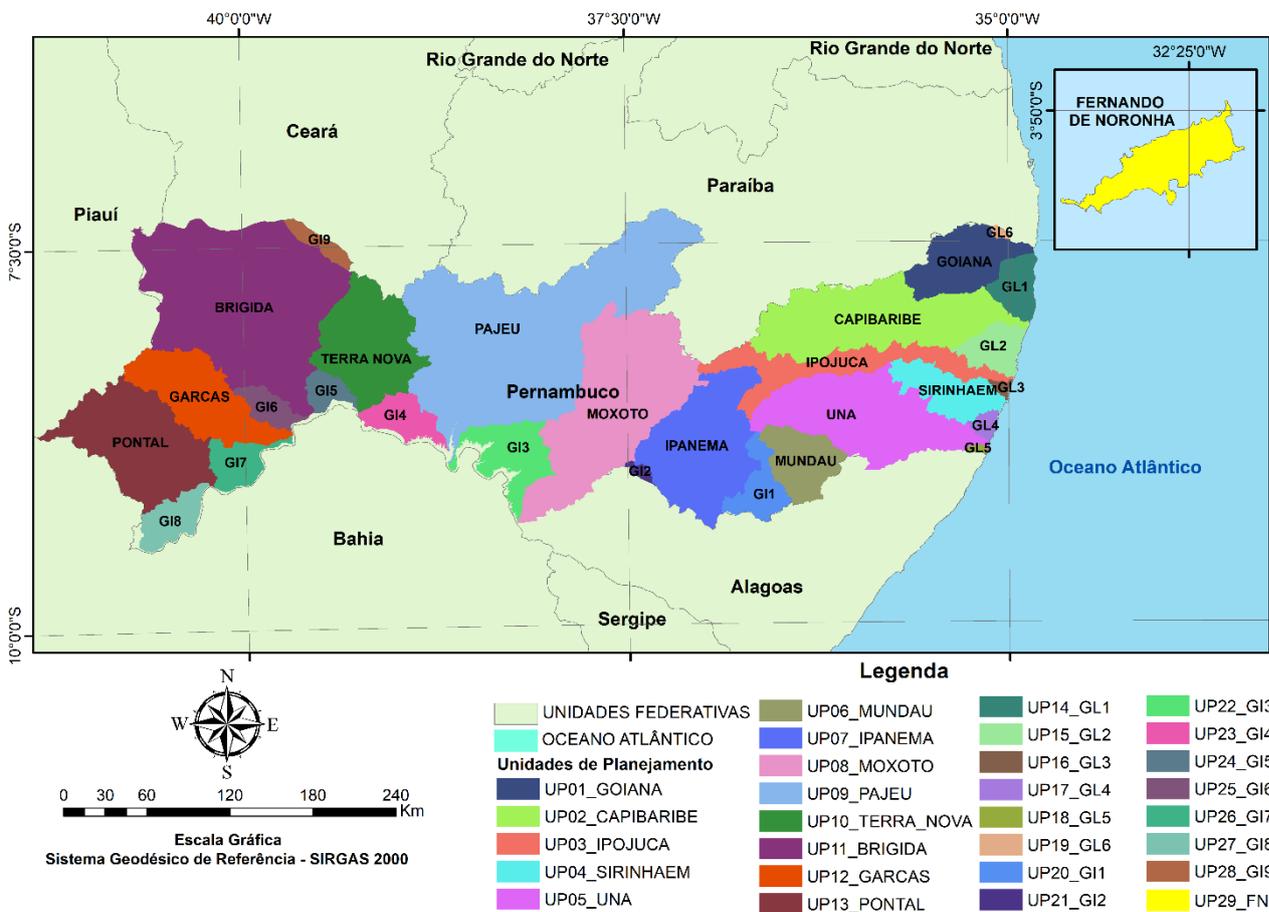
Figura 05: Localização da Bacia Hidrográfica do Capibaribe segundo as mesorregiões do Estado de Pernambuco.



Fonte: Autoria própria.

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco – PERH-PE (PERNAMBUCO, 1998), a Bacia do Capibaribe corresponde à Unidade de Planejamento Hídrico UP2 que limita-se: ao Norte com o Estado da Paraíba, a bacia hidrográfica do rio Goiana (UP1) e o primeiro grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos GL1 (UP14); ao Sul com a bacia hidrográfica do rio Ipojuca (UP3) e o segundo grupo de bacias de pequenos rios litorâneos GL2 (UP15); à Leste com o Oceano Atlântico e GL2 (UP15) e à Oeste com o Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Ipojuca (UP3) (Figura 06).

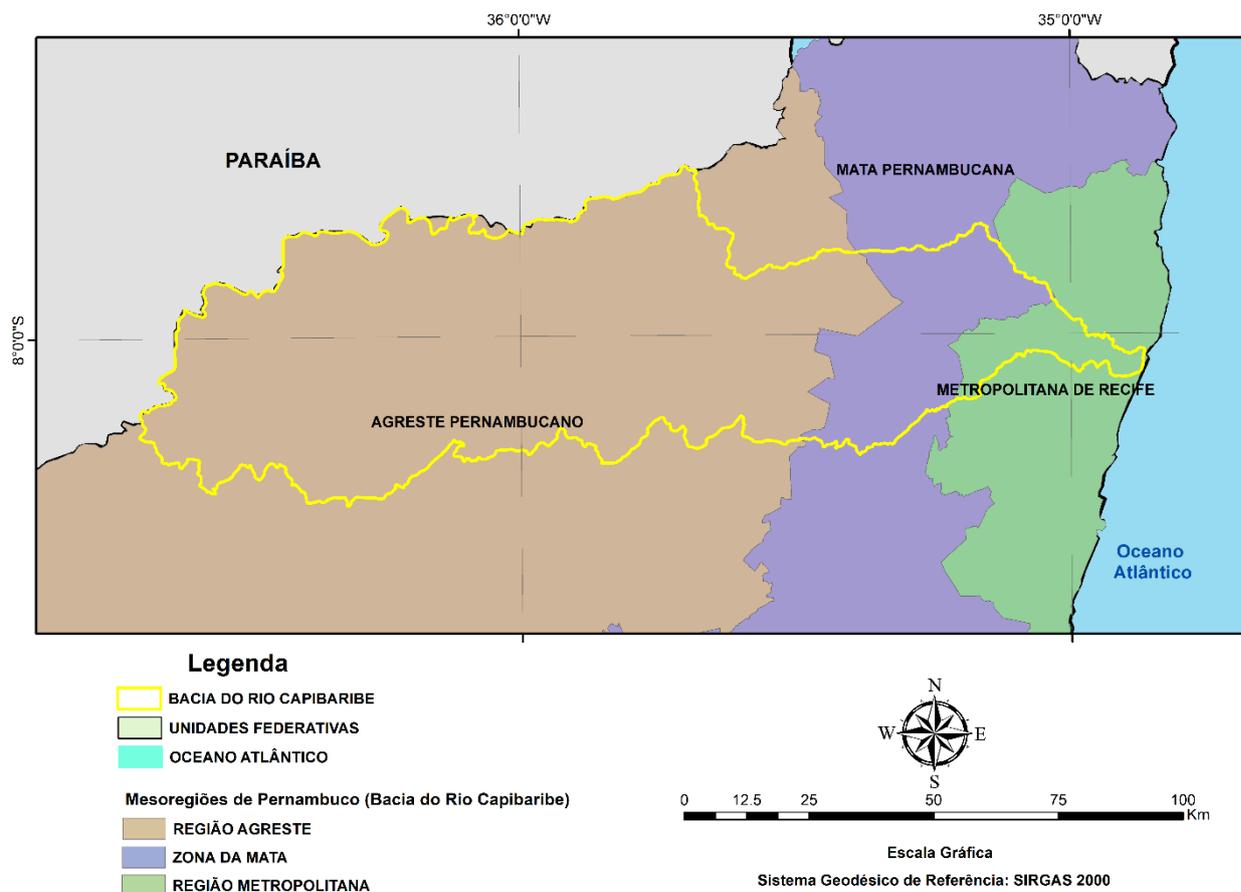
Figura 06: Unidades de Planejamento Hídrico do Estado de Pernambuco.



Fonte: Autoria própria.

A área total da Bacia está inserida nas Mesorregiões Metropolitana do Recife, Mata Pernambucana e ainda possui uma grande parcela no Agreste Pernambucano (Figura 07).

Figura 07: Mesorregiões que englobam a Bacia do Capibaribe.



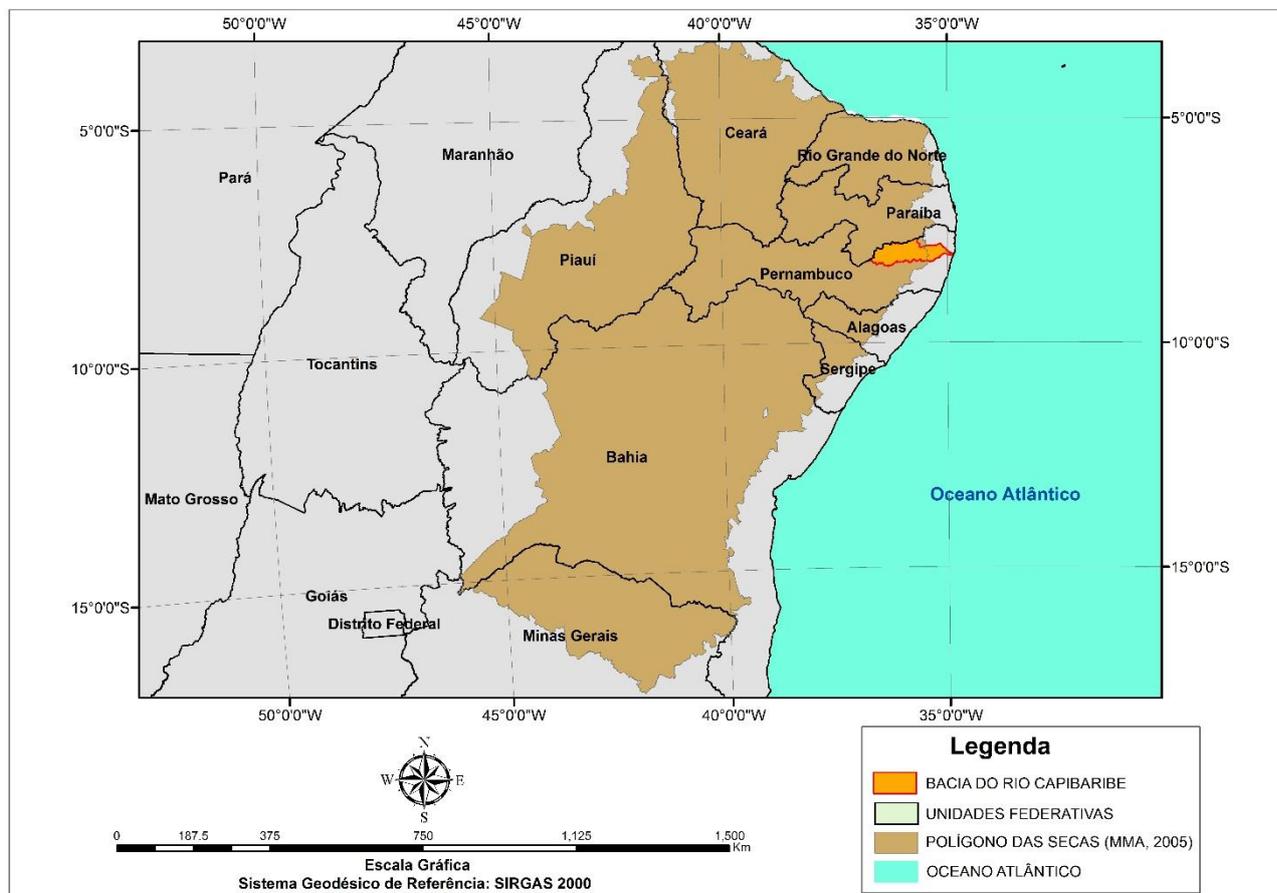
Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Hidrografia

O rio Capibaribe nasce nas encostas da Serra de Jacarará no município de Jataúba, a uma altitude de 1000 m. Apresenta direção inicial sudeste-nordeste até as proximidades da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, quando seu curso segue a direção geral oeste-leste, até sua foz na cidade do Recife (BARBOSA, 2008). Segundo Silva (2003), o Rio apresenta uma grande área estuarina que se situa no município do Recife, iniciando no bairro da Várzea, próximo a Ponte da Avenida Caxangá, e segue o curso até a foz, no Porto do Recife.

Dividido em Alto, Médio e Baixo Capibaribe, da nascente à foz, o Capibaribe corre pelo Agreste e Zona da Mata, cortando também a Região Metropolitana do Recife (RMR), em aproximadamente 240 quilômetros de percurso, com 75% de sua bacia situada dentro do chamado polígono das secas (Figura 08). Apresenta um regime fluvial intermitente no seu alto e médio curso, somente a partir do município de Limoeiro, em seu baixo curso, torna-se perene.

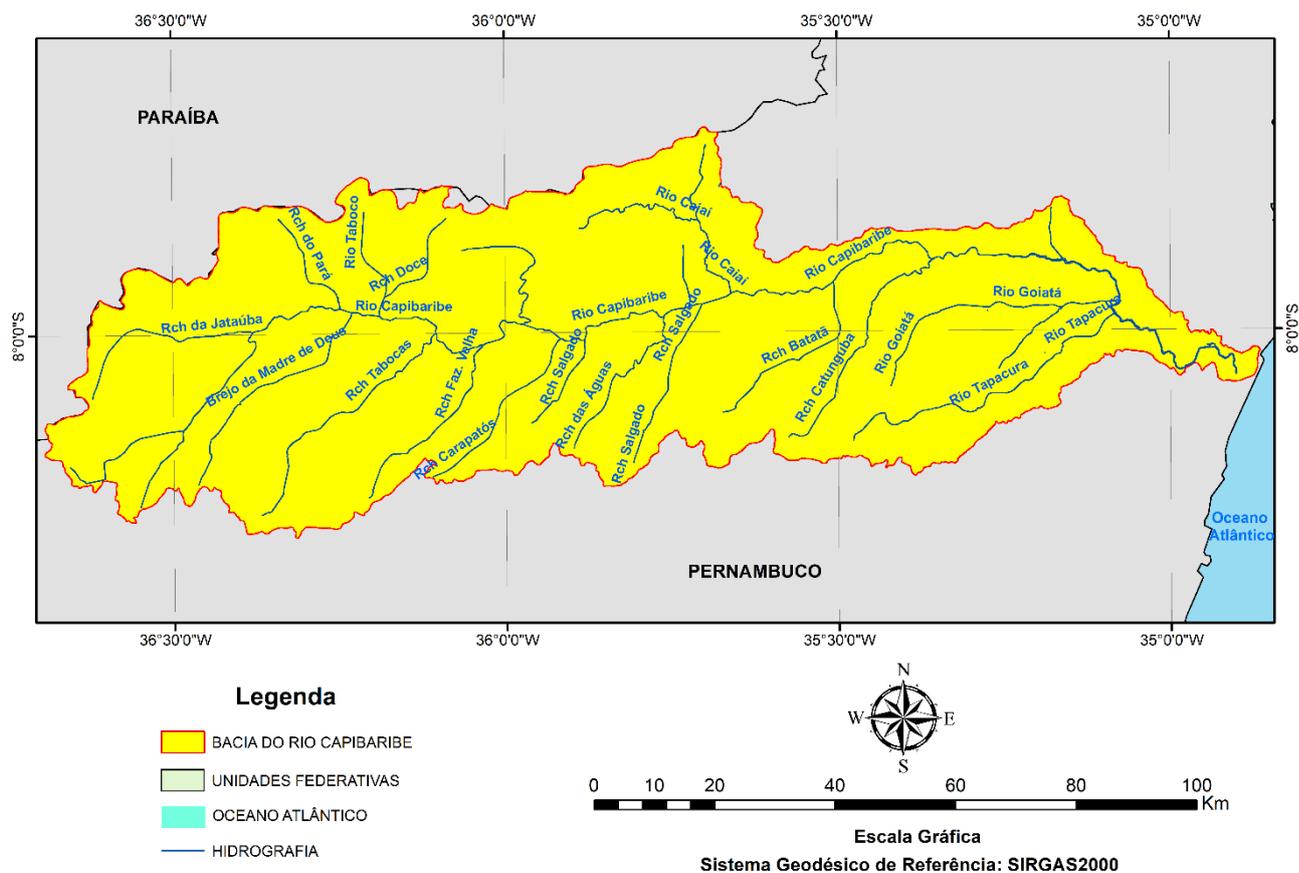
Figura 08: Localização da Bacia do Capibaribe segundo o polígono das secas.



Fonte: Autoria própria.

A rede hídrica da bacia do Capibaribe possui um grande número de rios e riachos de pequeno porte e dentre os seus principais afluentes vale destacar, pela margem direita: o riacho Aldeia Velha, riacho Tabocas, riacho Carapotós, rio Cachoeira, riacho das Éguas, riacho Cassatuba, riacho Grota do Fernando, rio Cotunguba, riacho Goitá e rio Tapacurá. Pela margem esquerda: o riacho Jundiá, riacho do Pará, riacho Tapera, riacho do Arroz, riacho da Topada, riacho Caiaí, rio Camaragibe ou Bezouro (PERNAMBUCO, 2010). Ver Figura 09.

Figura 09: Rede hídrica da Bacia do Capibaribe – Principais afluentes.



Fonte: Autoria própria.

Silva (2003), baseando-se nos parâmetros utilizados para a classificação fluvial de Christofolletti (1981) e Suguio e Bigarella (1990), caracterizou a geometria da drenagem como parcialmente entrelaçada no Alto Capibaribe, tendendo a tornar-se dendrítica, à medida que se aproxima da foz no Oceano Atlântico. Quanto ao tipo de canal, o autor destaca que predomina no alto curso o entrelaçado (*braided*), caracterizado pela mobilização das barras arenosas por enchentes decorrentes de chuvas rápidas e intensas e que no baixo curso, ocorre variação entre o tipo retilíneo (*straight*) e o meandrante (*meandering*).

3.1.3 Clima

O Estado de Pernambuco possui características climáticas que destacam a necessidade de maiores estudos da disponibilidade hídrica. Além de conviver com

alternância de eventos climatológicos extremos em sua historiografia, o estado possui dois terços da sua área (do agreste ao sertão) sob a influência do clima semiárido caracterizado pela baixa precipitação pluviométrica entre 300 mm a 800 mm (PERNAMBUCO, 2010). Segundo dados da Agência de Águas e Clima de Pernambuco - APAC, o Estado sofre atualmente com a maior seca dos últimos 60 anos com abrangência do litoral ao sertão, estando a região agreste sob os efeitos da maior seca em um século.

Assim como o estado, o território correspondente à Bacia do Capibaribe possui uma variação climática ao longo do caminho percorrido pelo Rio. Baseando-se na metodologia de Thornthwaite, Reis e Lima (1970) apresentaram a classificação climática na bacia dividida em quatro tipos: tipo úmido B2s em Recife e São Lourenço da Mata; subúmido C2s entre Glória do Goitá e Paudalho; seco subúmido C1s em Carpina, e semiárido Dd a partir da cidade de Limoeiro até os limites do Alto Capibaribe.

Para Andrade e Lins (1970), que apresentam uma descrição das características climáticas segundo a classificação de Köppen, a bacia recobre duas sub-regiões climáticas distintas: a do Agreste pernambucano, entre o alto e o médio Capibaribe, com clima predominantemente quente e semiárido (tipo BSh) e a da Zona da Mata, no baixo Capibaribe, onde predomina um clima tropical úmido com regime pluviométrico marcado por duas estações, uma de estiagem, durante o período de primavera-verão; e, outra chuvosa, entre o outono-inverno (tipo As') (SILVA, 2003).

A precipitação média anual nas partes alta e média da bacia é inferior a 700 mm e caracteriza-se pela má distribuição espacial e temporal com o período chuvoso (de março a julho) concentrando quase 70% da precipitação anual. Na parte baixa da Bacia, a precipitação oscila entre 1000 e 2400 mm sendo mais forte na faixa litorânea, com meses mais chuvosos entre maio e junho (PERNAMBUCO, 2010; BARBOSA, 2008; ANDRADE, 2006).

3.1.4 Geologia e solos

Segundo Andrade (2006), cerca de 95% da superfície da bacia do Capibaribe está assentada sobre uma única unidade geológica, o embasamento cristalino, constituído por rochas do pré-cambriano indiviso e pré-cambriano superior com

ocorrência de unidades sedimentares restritas localizadas apenas no baixo curso do Rio.

A estrutura geológica da região do Capibaribe é constituída por rochas metamórficas de idade Pré-cambriana (pertencentes a conjuntos litoestruturais de Complexo Gnaissico-Migmatítico, Complexo Vertentes/Metaplutônico, Complexo Surubim e Complexo Belém de São Francisco), suítes Magmáticas compostas por rochas graníticas (que formam uma faixa na borda sul da bacia) e ocorrências dispersas da formação Barreiras no baixo Capibaribe que recobrem o embasamento cristalino e a bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba (PERNAMBUCO, 2010).

Cabe destacar que a região sedimentar do baixo Capibaribe tem por unidade basal, em subsuperfície, a formação Beberibe que corresponde a um aquífero poroso (intersticial) confinado de extensão regional muito utilizado como manancial estratégico para o abastecimento público pelos estados de Pernambuco e Paraíba. Quanto aos solos, no território da bacia são encontradas várias classes que, com exceção da região da faixa litorânea, geralmente se apresentam muito rasos e com uma grande frequência de afloramentos rochosos.

Analisando os dados do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco-ZAPE (SILVA et al, 2001) e utilizando a nomenclatura do novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006), temos que as classes de solos dominantes na pedologia da bacia do Capibaribe são os Planossolos com uma extensão total de 2.359,74km² (31,67% da área total), os argissolos com 2.031,74km² (27,26%) e os Neossolos Litólicos que ocupam uma área de 1.326,15km² (17,80%). As outras classes de solos encontradas com pouca expressividade no território, são elas: Luvisolos (648km² / 8,70%), Latossolos (242,19km² / 3,25%), Neossolos Regolíticos (223,11km² / 2,99%), Vertissolos (182,37km² / 2,45%), Neossolos Flúvicos (180,94km² / 2,43%), Gleissolos (120,62km² / 1,62%), Espodossolo (30,85km² / 0,41%), Cambissolos (12,62km² / 0,17%), Neossolos Quartizarênicos (0,77km² / 0,01%).

Caracterizando minimamente os solos com maior ocorrência, vale destacar que os argissolos encontram-se distribuídos em toda a extensão da bacia, com significativa presença nos tabuleiros costeiros, ocorrendo sob vegetação de floresta subperenifólia e subcaducifólia, com relevo variando de ondulado a montanhoso; os Neossolos Litólicos estão geralmente em áreas de relevo movimentado (de ondulado

a montanhoso) onde a vegetação dominante é do tipo floresta caducifólia e caatinga hipoxerófila e os Planossolos concentram ocorrência no médio e no alto curso da bacia em áreas sob vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, hipoxerófila ou de floresta caducifólia. e relevo variando de plano a suave ondulado, sendo raramente ondulado (PERNAMBUCO, 2010).

A grande variabilidade de tipos de solos, propicia a ocorrência de manchas de solos economicamente viáveis. Os Planossolos, classe de solo de maior ocorrência na área da bacia, geralmente apresentam elevada fertilidade natural e por isso são favoráveis ao aproveitamento agrícola, porém estão constantemente sujeitos a alagamentos no período chuvoso e a um grande ressecamento na época seca, o que acarreta grande susceptibilidade a erosão. Andrade (2006) ainda destaca o Argissolo amarelo como solo agricultável que se apresenta em 3,83% da área da bacia.

Mais características das propriedades químicas, profundidade e estratigrafia dos solos de ocorrência na bacia podem ser encontradas em Pernambuco (2010). A descrição detalhada dos solos da bacia também pode ser vista no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco (JACOMINE et al, 1973).

Quanto a classificação hidrológica dos solos com ocorrência na Bacia do Capibaribe, Barbosa (2008) apresenta que mais de 70% do território da Bacia, correspondente às áreas do médio e baixo Capibaribe, são classificados como grupos C e D descritos no "*Handbook of Engineering, Section 4, Hydrology*" escrito pelo "*Soil Conservation Service (1972)*" do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos:

- GRUPO C - Solos com baixo coeficiente de infiltração quando saturados e basicamente constituídos por perfis com uma camada que impede o movimento de água em profundidade ou com textura média à argilosa.
- GRUPO D - Solos com mais alto potencial de deflúvio superficial - Têm coeficiente de infiltração muito baixo quando saturados sendo constituídos principalmente por perfis argilosos, rasos e transitando para materiais pouco permeáveis como camadas ou horizontes com textura argilosa ou cimentados a superfície ou a pouca profundidade, ou ainda, com lençol freático permanentemente elevado.

Uma classificação mais aprofundada da aptidão agrícola dos solos da área de estudo pode ser vista em Pernambuco (2010).

3.1.5 Vegetação

A área correspondente à bacia do rio Capibaribe engloba os biomas Caatinga, Mata Atlântica e ecossistemas de manguezais. Por estar em região de bioma Caatinga, a cobertura vegetal do Alto Capibaribe é tipicamente arbustiva, raquítica e de baixa densidade, com exceção das áreas de brejo de altitude que influenciada pela presença de toposclima apresenta vegetação exuberante (SILVA, 2003).

Entre as espécies comumente encontradas nessa região destacam-se o capim-panasco (*Aristida setifolia*), o carrapicho de ovelha (*Tragus berteronianus*), o moleque duro (*Cordia leucocephala*), o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) e o pinhão (*Jatropha ribifolia*) como as espécies mais frequentes (PERNAMBUCO, 2010).

À medida que se avança no sentido Oeste-Leste, a vegetação torna-se verdejante e de maior densidade, caracterizando o Domínio Morfoclimático dos Mares-de-Morros, primitivamente recoberto pela Mata Atlântica, na zona litorânea. A cobertura nativa contrasta com a plantação de cana-de-açúcar, os coqueirais e as pastagens.

Para Barbosa (2008), a intensa urbanização da área da bacia descaracterizou a cobertura vegetal original. A vegetação arbórea fechada/mata é destacada na porção oeste da bacia. A vegetação arbustiva arbórea fechada encontra-se em precário estado de conservação situando-se na Serra da Pedra Vermelha, na Serra Negra e na Serra do Pará. A vegetação arbustiva arbórea aberta é vista em toda a porção oeste da bacia, concentrando-se de forma mais representativa na região de desenvolvimento do Agreste Central e os manguezais foram aterrados de forma significativa, restando apenas remanescentes nas margens do rio Capibaribe.

Dentre as espécies presentes destacam-se o cajueiro (*Anacardium occidentale*), louro-da-praia (*Ocotea gardneri*), pitombeira (*Talisia esculenta*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), macaibeira (*Acrocomia sclerocarpa*) e a pitangueira (*Eugenia uniflora*). As áreas mais representativas dessa cobertura vegetal estão relacionadas com a existência de Unidades de Conservação que, segundo Pernambuco (2010), correspondem a menos de 0,1% da área da Bacia.

3.2 Aspectos sócio econômicos

Por possuir abrangência regional a bacia hidrográfica do rio Capibaribe é vista como um ambiente complexo no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além de socioeconômicos, que exigem um modelo de gestão hídrico e ambiental, que atenda às suas peculiaridades subregionais e locais (PERNAMBUCO, 2010).

De acordo com Silva e Silva (2014), a bacia hidrográfica do rio Capibaribe exerce um papel vital para o Estado de Pernambuco, em virtude da grande concentração populacional e as principais zonas de desenvolvimento socioeconômico que integram a bacia. Apesar de sua importância, a bacia enfrenta uma série de problemas decorrentes do seu processo de desenvolvimento, do uso e ocupação do solo e, principalmente, das formas de gestão de seus recursos hídricos.

3.2.1 População e divisão político administrativa

De acordo com Pernambuco (2010), desde sua nascente, entre Poção e Jataúba, à sua foz, no Recife, o rio Capibaribe corta 42 municípios, dos quais 15 estão totalmente inseridos na Bacia e 26 possuem sua sede na mesma. A Figura 10 mostra os municípios que formam a bacia.

Figura 10: Municípios que englobam a Bacia Hidrográfica do Capibaribe.



Fonte: Autoria própria.

Essa região hidrográfica perpassa cinco das doze regiões de desenvolvimento (RD) do estado, contemplando 12 municípios na RD Agreste Central, 16 da RD Agreste Setentrional, 07 da RD Mata Norte, 03 da RD Mata Sul e 04 da RD Metropolitana (PERNAMBUCO, 2010).

Analisando dados da contagem populacional realizada pelo IBGE em 2007 (IBGE, 2007) e considerando o total desses municípios situados na Bacia, cabe destacar que mais de 65% tinham até 50.000 habitantes, e pouco mais de 9%, apenas 04 municípios, apresentavam mais de 100.000 habitantes; são eles: Vitória de Santo Antão, Camaragibe, Caruaru e Recife.

Pernambuco (2010), com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010) destaca que os municípios da Bacia juntos correspondiam a uma população

total de 3.453.466 habitantes, com uma concentração de mais de 39% do total de habitantes, 1.537.704 habitantes, são residentes da Capital do Estado, Recife.

De acordo com o PERH (PERNAMBUCO,1998), Pernambuco foi dividido em 29 unidades de planejamento para fins de administração dos recursos hídricos. Localizada na porção nordeste do estado, a bacia hidrográfica do rio Capibaribe corresponde à unidade de planejamento hídrico UP2.

Elaborado em 2002, o Plano Diretor da bacia hidrográfica do rio Capibaribe estabeleceu a divisão da bacia em quatro unidades de análise (UA):

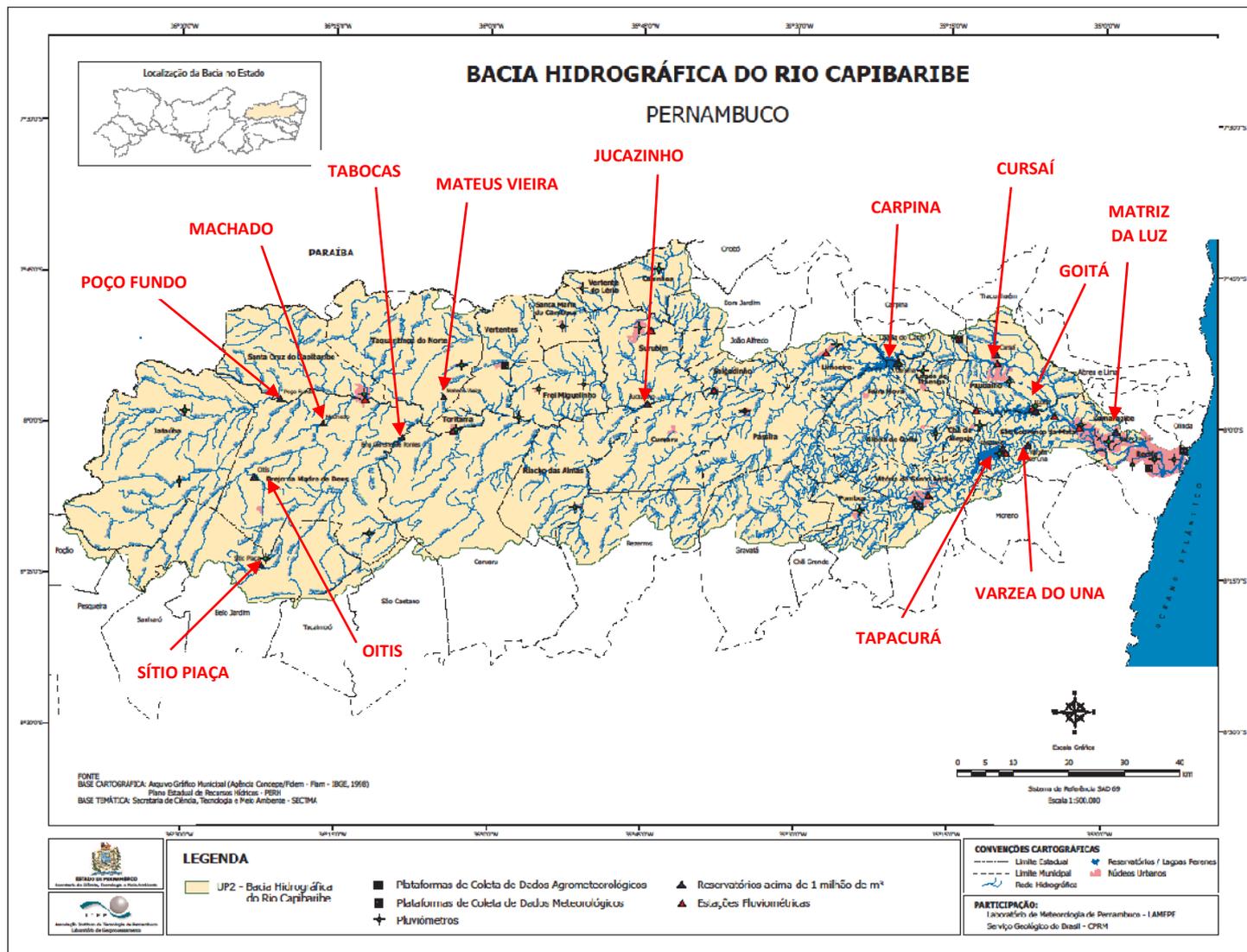
- UA1 ou Unidade de Toritama abrange aproximadamente o terço superior da bacia;
- UA2 ou Unidade de Jucazinho envolve parte da bacia que vai desde Toritama até o reservatório Jucazinho;
- UA3 ou Unidade de Limoeiro, compreende as áreas de drenagem do Capibaribe desde o reservatório Jucazinho até o reservatório Carpina; e
- UA4 ou unidade de São Lourenço da Mata, abrange as áreas de drenagem do terço inferior da bacia.

3.2.2 Infraestrutura hidráulica

Ao longo do curso do Rio Capibaribe estão localizados diversos reservatórios e açudes, os reservatórios com destaque devido a sua capacidade são: Jucazinho, Carpina, Tapacurá, Goitá e Poço Fundo. Além desses, também estão localizados na Bacia (APAC, 2016): Engenho Gercino de Pontes (Tabocas), Várzea do Una, Cursaí, Oitís, Matriz da Luz, Machado, Sítio Piaça e Mateus Vieira.

No geral a Bacia possui 13 reservatórios com capacidade superior a 1 milhão de metros cúbicos, onde alguns, por vezes, apresentam estágio de eutrofização ou hipereutrofização em decorrência da ausência de esgotamento sanitário dos municípios localizados na sua bacia de drenagem e dos processos inadequados de urbanização (PERNAMBUCO, 2010). A Figura 11 apresenta a localização dos reservatórios com capacidade acima de 1 milhão de m³.

Figura 11: Localização dos reservatórios com capacidade acima de 1 milhão de m³ na Bacia do Rio Capibaribe.



Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Capibaribe – PDRH-Capibaribe (PERNAMBUCO, 2002), os sistemas de abastecimento d'água inseridos na Bacia eram operados pela COMESA e possuíam, em 2001, uma cobertura de 92,9% referente à infraestrutura de abastecimento d'água, com predominância de uso de fontes hídricas de superfície, visto que todas as sedes municipais atendidas utilizam açudes ou cursos d'água, e apenas três destas (Jataúba, Recife e Vitória do Santo Antão) utilizam poços como fonte hídrica complementar. Cabe destacar que em Recife, os poços posicionados no território da Bacia do Capibaribe estão em sua maioria vinculados a proprietários privados (condomínios residenciais e indústrias). Em todos os casos é mais frequente a adoção do sistema convencional de tratamento

(empregado em 53,8% dos municípios da bacia). Ainda segundo a mesma fonte, em 2002 os sistemas de esgotamento sanitário existentes atendiam apenas quatro sedes municipais (Camaragibe, Vitória de Santo Antão, São Lourenço da Mata e Recife).

Um estudo recente de Silva, Farias e Cavalcanti (2016) com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2014) e do Censo Demográfico do IBGE (IBGE, 2010) destaca que quanto aos municípios com população ligada à rede geral de água, os resultados apresentados são favoráveis. Apenas 14,3% dos municípios apresentam percentual abaixo de 40% de cobertura no abastecimento. Os municípios que apresentaram o menor percentual de abastecimento: Casinhas (11%), Jataúba (16%) e Santa Maria do Cambucá (6%) se assemelham por possuir uma população menor que 20.000 habitantes.

Com relação ao percentual da população ligada à rede geral de esgoto a realidade ainda se encontra longe do ideal, apenas 7 dos 42 municípios estão ligados a rede geral de esgoto, o que corresponde a 83,3% dos municípios sem coleta de esgoto. Os maiores percentuais são encontrados nos municípios de Recife e Caruaru, com respectivamente 39% e 43% de atendimento da sua população, entretanto, não são motivo de comemoração já que o Brasil sendo signatário dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas, todos os municípios do país tinham a meta de, até o ano de 2015, atingir a redução pela metade da proporção de pessoas sem acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. Os outros 35 municípios da Bacia do Capibaribe não têm sequer acesso a esse serviço e utilizam de fossas, possuem ligações clandestinas na rede pluvial ou lançam seus esgotos diretamente em corpos d'água.

3.2.3 Atividades econômicas

O setor agropecuário no Alto Capibaribe apresenta-se relativamente homogêneo, caracterizando-se pelo tradicionalismo, estando centrado na agricultura de subsistência e na pecuária, com baixos níveis de desempenho, além de estar exposto ao risco secular das secas.

O baixo Capibaribe possui economia basicamente urbana, com predomínio das atividades terciárias e secundárias, apresentando forte atividade de apoio à indústria

do turismo. A atividade agrícola nessa região, tradicionalmente, é dominada pelo cultivo da cana-de-açúcar, em sistema de monocultura, praticado em solos predominantemente arenosos, nos tabuleiros e nos terraços litorâneos, e em solos rasos e com afloramentos rochosos, nos terrenos cristalinos da extremidade ocidental da área. Na parte agreste da bacia do Capibaribe, o perfil produtivo é baseado na agricultura tradicional e restrita e na pecuária extensiva, apresentando pouca disponibilidade de tecnologia nos sistemas de produção e baixa produtividade, limitando-se apenas ao processamento primário com cultivo de palma forrageira, mandioca, milho em grão, feijão em grão, laranja, batata-inglesa, tomate, cenoura e banana. Nas áreas de brejos de altitude, como os municípios de Taquaritinga do Norte e Brejo da Madre de Deus, aparecem as culturas do café, abacaxi, abacate, manga, laranja e hortaliças. Na produção animal, as atividades de maior importância são a bovinocultura e a ovino-caprinocultura, seguindo-se a avicultura e a suinocultura (ANDRADE, 2006).

De acordo com os dados fornecidos pela FIEPE - Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco, no Cadastro Industrial de Pernambuco-1999, o setor secundário do território da Bacia do Capibaribe é composto predominantemente pela Indústria de Transformação, dentre as quais se destacam os gêneros Produtos Alimentares (658 estabelecimentos); Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos, Couros e Peles (451 estabelecimentos); Editorial e Gráfica (150 estabelecimentos); Metalúrgica (125 estabelecimentos); e Produtos Minerais Não Metálicos (122 estabelecimentos). As atividades terciárias identificadas na Bacia do Capibaribe encontram-se concentradas na parte Baixa, onde está localizada a capital Recife (BARBOSA, 2008).

Setores como o turismo, a fabricação de móveis populares, a avicultura, a floricultura e a exploração mineral (granitos), apresentam-se com boas possibilidades de expansão. O setor de serviços, incluindo transporte e comunicação, prestação de serviços de saúde e educação, atividades sociais, comércio, serviços bancários e administração pública, etc., apresenta-se, regra geral, ineficiente, concentrando-se os maiores estabelecimentos prestadores de serviços nos municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Vitória de Santo Antão, Limoeiro e Carpina (ANDRADE, 2006).

3.3 Aspectos gerenciais

3.3.1 Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe

Desde a promulgação da Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 11.426/1997 (PERNAMBUCO, 1997) revisada pela Lei Estadual nº 12.984/2005 (PERNAMBUCO, 2005), a gestão dos recursos hídricos em Pernambuco é marcada pela descontinuidade da gestão pública estadual com constante mudança do órgão gestor responsável e a consequente desestruturação das ações planejadas e implantadas (SILVA e SILVA, 2014).

Em 1997, a atribuição coube a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA (PERNAMBUCO, 2008). Em 1999, foi criada a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Lei nº 11.629/1999, com atribuição específica em gerir os recursos hídricos. Após uma reforma administrativa, em 2003, Lei Complementar nº 49/2003, extinguiu a SRH, distribuindo suas atribuições para três secretarias: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente; Secretaria de Infraestrutura Hídrica; e Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. Com mais uma mudança de governo, em 2007, o Estado recriou a Secretaria de Recursos Hídricos (Lei nº 13.205/2007), que passou a ser a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos – SRHE e atualmente é denominada Secretaria de Infraestrutura – SEINFRA, como órgão gestor dos recursos hídricos em Pernambuco.

Considerando que a existência de uma secretaria de governo não corresponde à existência de uma gestão eficiente, é importante ressaltar que o processo de gestão recursos hídricos não se desenvolve isoladamente ou independentemente de outros aspectos presentes na sociedade, na verdade, está condicionado a inter-relação e interdependência com os aspectos político, econômico, cultural, social e ambiental. Estudos comprovam que, em Pernambuco, a integração do planejamento ambiental com a gestão dos recursos hídricos, necessita da atuação mais comprometida do Estado e da ampliação de participação da sociedade civil organizada.

De acordo com Lei Estadual nº 12.984/05 (PERNAMBUCO, 2005), o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH/PE, responsável por formular, atualizar, aplicar, coordenar e executar a Política Estadual de Recursos Hídricos em Pernambuco; está ancorado em três instâncias: deliberativa, por meio do Conselho

Estadual de Recursos Hídricos – CRH-PE e dos Comitês das Bacias Hidrográficas – CBHs; técnica, por meio de Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho, visando a discutir e a encaminhar ações sobre temas de interesse do CRH; e financeira, por meio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO. A legislação supracitada ainda considera como seus instrumentos todos os previstos pela Política Nacional, com exceção da compensação a municípios, e acrescenta ainda os seguintes instrumentos: a fiscalização do uso de recursos hídricos e o monitoramento dos recursos hídricos.

Focando na área de estudo da pesquisa, o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Capibaribe – COBH/Capibaribe foi criado em fevereiro de 2007 constituído por 45 membros titulares (40% de governos, 40% de usuários da água e 20% da sociedade civil organizada, incluindo universidades). De acordo com o artigo 1º do seu Estatuto Social, o comitê da bacia é um órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo, que compõe o Sistema Estadual Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos de Pernambuco – SIGRH-PE.

Após pesquisa bibliográfica percebe-se que a gestão do COBH/Capibaribe possui vasta atuação em atividades de conscientização e educação ambiental, mas apresenta algumas dificuldades técnicas, tais como: carência de funcionalidades automáticas para realizar processos críticos e prioritários, aplicadas para calcular água disponível e seguir critérios para realocação eficiente por exemplo; baixo compartilhamento de experiências de sucesso e troca de conhecimentos com outros Comitês de Bacia; e desconexão entre planejamento hídrico e de outros setores (Energia, Agropecuária, Indústria, crescimento das Cidades, etc.) .

Diversas atividades devem ser acompanhadas pelo Comitê da Bacia, como o monitoramento hidrometeorológico e o monitoramento da qualidade das águas do Capibaribe. Barth et al (1987) ressaltaram que as alterações quantitativas dos recursos hídricos, provocados pelos poluentes e detritos, assim como o assoreamento dos corpos de água em áreas rurais ou urbanas, devem ser objeto de controle pelos órgãos competentes.

Para Tucci et al. (2000), a gestão dos recursos hídricos é estratégica para constituição do desenvolvimento sustentável, porém sua gestão ambiental está em desenvolvimento em todo país. Para isto ocorrer, é imprescindível a integração do

planejamento das atividades das companhias estaduais e municipais de saneamento com os planos de gestão das bacias hidrográficas correspondentes, particularmente, quanto ao tratamento e disposição de efluentes líquidos estejam associados às políticas vigentes de proteção ambiental, definitivamente realizando a transição saneamento básico atual, para saneamento ambiental.

O estudo da disponibilidade e do uso da água em bacias hidrográficas, concentra esforços no intuito de manter uma base mínima para o planejamento e implementação de políticas para a gestão de forma sustentável e integrada, buscando oferecer aos interessados, uma visão genérica, exploratória, quantitativa e qualitativa do potencial dos recursos hídricos (ROCHA, 2008). O acesso a informações confiáveis sobre uma determinada região é fundamental na tomada de decisão para o planejamento, definição de prioridades e liberação de financiamento pelos setores públicos ou privados.

A gestão por bacia hidrográfica envolve muita pesquisa e conhecimento e necessita de profissionais especializados, que sejam capazes de ter uma visão sistêmica e integrada, além do conhecimento exigido nos assuntos pertinentes, como recursos ambientais, gestão ambiental, recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, gestão participativa, legislações, administração, entre outros. Para tanto, é necessário capacitar profissionais (independente da especialidade) para atuarem no apoio à gestão de bacias hidrográficas. O perfil envolve muita pesquisa e conhecimento, mas não existe formação profissional definida, exigindo apenas que sejam capazes de terem uma visão integrada do território e conhecimento nos assuntos pertinentes à gestão de bacia hidrográfica como recursos ambientais, gestão ambiental, recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, gestão participativa, legislações, administração, entre outros assuntos (PENZIN e DALBERTO, 2008).

Além da capacitação de atores, a associação de diferentes fatores sejam eles sociais, climáticos, políticos, hidrológicos, econômicos, pedológicos ou culturais, e a compreensão das dinâmicas envolvidas nas relações existentes, são fundamentais para o planejamento e a gestão da bacia hidrográfica. É necessário aplicar métodos mais eficientes empregando tecnologias mais adequadas para detectar, em tempo real, as alterações ambientais decorrentes das atividades antrópicas que ocorrem no território.

Um método eficiente para estudos ambientais é a utilização de um plano de gestão de bacia hidrográfica apoiado em um sistema de informação geográfica que consegue condensar diversas informações, associando inclusive tabelas estatísticas, pareceres técnicos e outros produtos necessários a decisões gerenciais.

Para desenvolver um plano de gestão de bacia hidrográfica nesse formato é necessário considerar diversos fatores como ocupação de solo, drenagem, infraestrutura urbana, saneamento básico, habitação e saúde pública, além de aspectos legais e institucionais, para propor alternativas de intervenção, restauração e recuperação. São levantados dados e informações acerca do território e com base na análise desses dados são estabelecidas as estratégias para a recuperação da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos a partir do reequilíbrio dos sistemas hidráulico e hidrológico.

De acordo com Silva e Silva (2014), o plano de bacia hidrográfica é um dos instrumentos mais relevantes para gestão integrada de recursos hídricos. A partir dele são planejadas ações e metas de curto, médio e longo prazo visando a conservação, proteção e recuperação das águas sob a perspectiva socioambiental da população atual e futura.

Vários Planos de Recursos Hídricos que contemplam a área da bacia do rio Capibaribe já foram elaborados: Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), PERH-PE (PERNAMBUCO, 1998), Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe – PDRH (2001), Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Recife, Zona da Mata e Agreste Pernambucano –PARH (2005) e o Plano Hidroambiental da bacia do Capibaribe – PHA (PERNAMBUCO, 2010). Destes, apenas o Plano Hidroambiental da bacia do Capibaribe foi aprovado pelo COBH/Capibaribe e vem sendo acompanhado pelo Comitê.

É importante a existência dos comitês de bacia para consensuar conflitos, pois a disponibilização direta das águas de superfície e subterrâneas, sem critérios e sem limites, pode gerar crises como as já vivenciadas no sertão nordestino durante a estiagem. As oscilações climáticas, a forte evapotranspiração potencial, os desperdícios de uso na irrigação, as perdas no transporte e no consumo urbano, ensejam necessidades objetivas de correção da estratégica de uso e conservação da água.

Uma solução interessante para apoiar as ações desses organismos proporcionando uma gestão que obtém respostas rápidas a partir de conhecimento *online* com acesso a informações provenientes de colaboração intensa e integrando dados dispersos, é possível a partir da introdução de geotecnologias. Cabe destacar que enquanto o setor produtivo aumentou sua capacidade de impactar a natureza com planejamento setorial e tecnologias de escala, os serviços públicos reduziram sua capacidade de monitorar, gerenciar e proteger os recursos de interesse comum por não atualizar seus métodos e ferramentas de gestão, o que destaca a necessidade de inovação tecnológica além da utilização de novos métodos de comunicação na gestão pública.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente estudo foi desenvolvido em padrões qualitativo, exploratório e descritivo utilizando técnicas de revisão de literatura, análise documental, pesquisa direcionada e realização de entrevistas. A Figura 12 apresenta o fluxograma contendo os procedimentos metodológicos aplicados para atingir os objetivos da presente pesquisa.

4.1 Procedimentos metodológicos

Cada item apresentado no fluxograma corresponde a uma ou várias atividades, nesse caso agrupadas por similaridade, que somadas atingem os objetivos propostos da pesquisa. Detalhando as etapas a partir do primeiro item, temos:

Início (ícone de vários documentos)

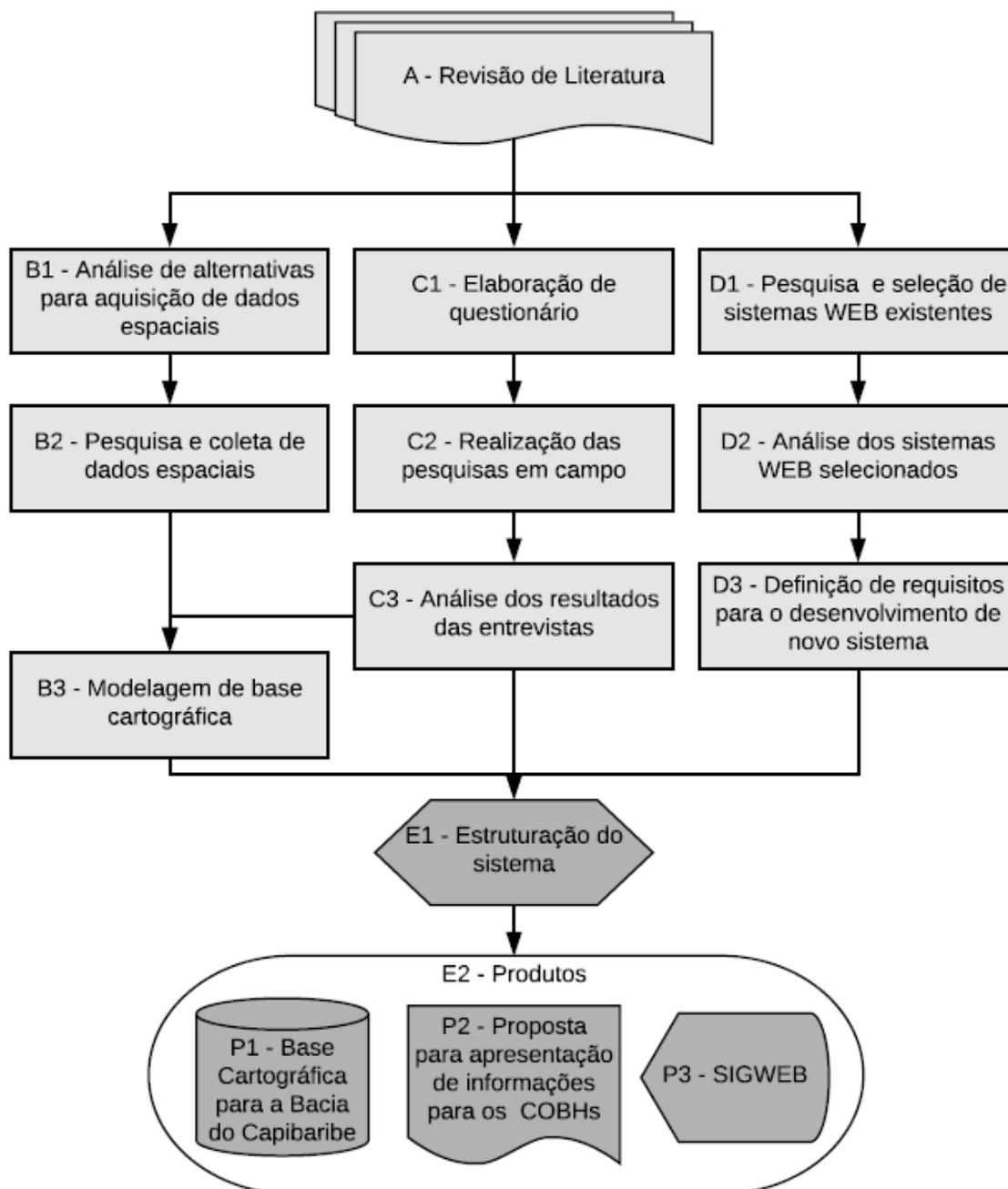
- A - Revisão de literatura: Essa etapa contempla todas as pesquisas bibliográficas para construção da fundamentação teórica do estudo. Foram pesquisados livros, teses, dissertações, artigos científicos publicados em grandes eventos nacionais e internacionais e artigos de periódicos indexados.

Desenvolvimento (ícones de processos)

- B1 - Análise de alternativas para aquisição de dados espaciais: Corresponde à análise de técnicas para cálculo/estimativa de variáveis relacionadas ao processo de gestão hídrica, a partir de dados de Sensoriamento Remoto.

Esta etapa compreendeu estudos e pesquisas de metodologias aplicáveis com o intuito de nortear a aquisição de dados e informações geoespaciais importantes para análise integrada do território nas tomadas de decisão da gestão dos recursos hídricos. Os resultados obtidos nesta análise foram publicados no 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, realizado em setembro de 2017.

Figura 12: Fluxograma de procedimentos metodológicos da pesquisa.



- B2 - Pesquisa e coleta dos dados espaciais: Essa etapa contempla todas as iniciativas e esforços para coletar dados espaciais já existentes para o recorte da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, seja por meio de cópia, baixa de arquivos (download) ou acesso via serviços. Os dados encontravam-se dispersos dificultando o acesso e a realização de estudos para o território de estudo.

Buscando integrar a solução desenvolvida diretamente com os servidores de dados dos órgãos oficiais, foram pesquisadas fontes de disponibilização de dados espaciais via serviços web: INDE, ANA, IBGE, DNIT, CPRM, entre outras. As Figuras 13, 14 e 15 mostram os endereços de acesso aos principais portais de dados geoespaciais pesquisados.

Figura 13: Portal de dados espaciais da INDE (www.visualizador.inde.gov.br/).

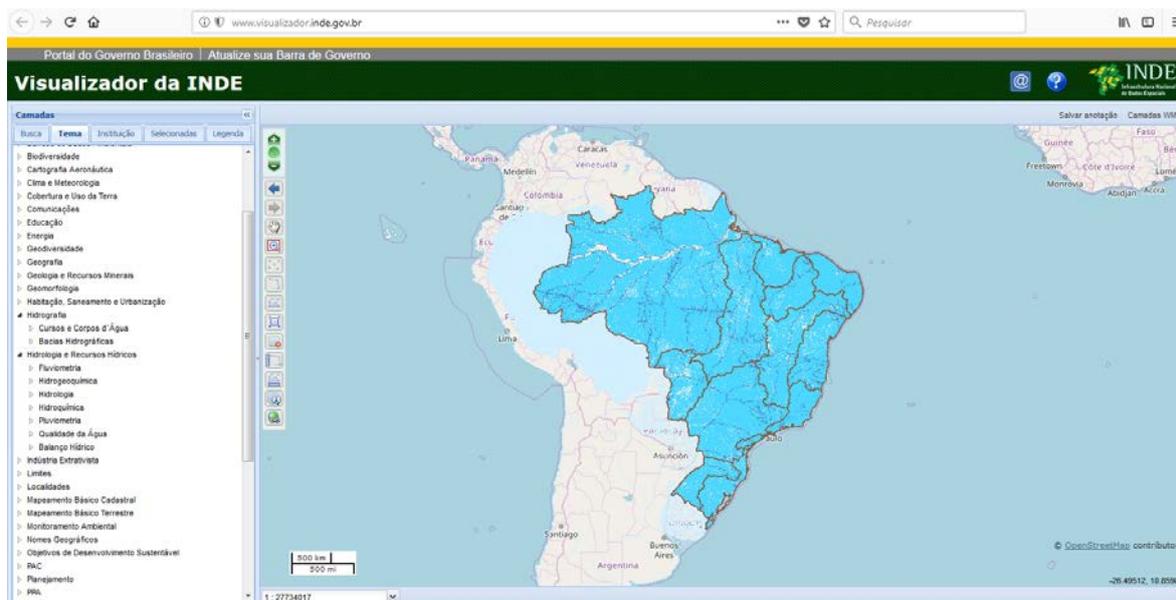


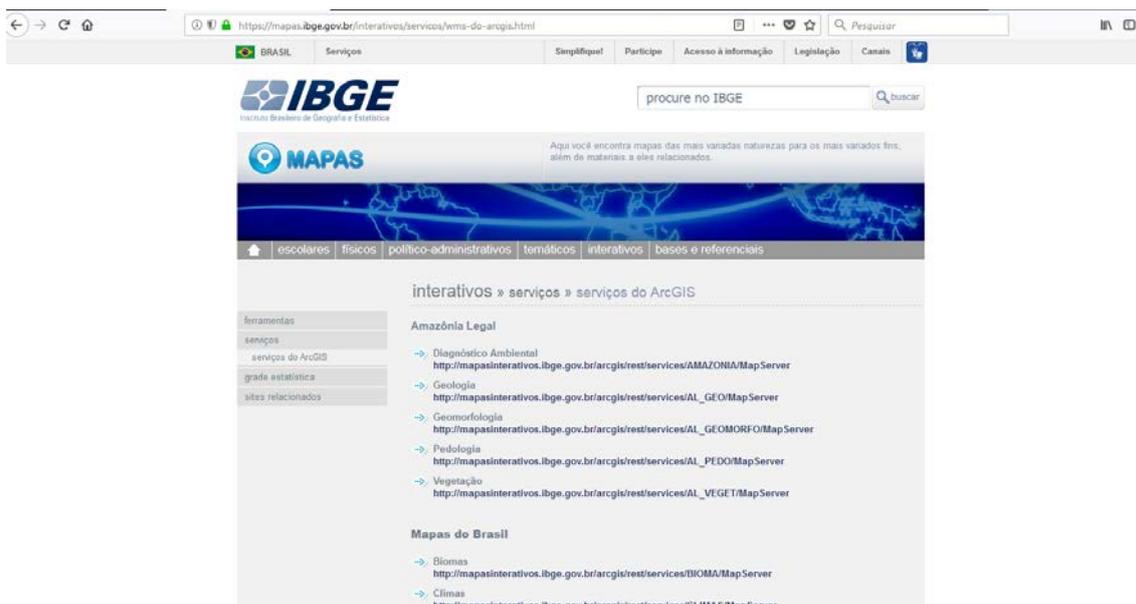
Figura 14: Portal de dados espaciais da ANA (dadosabertos.ana.gov.br/).



Conjuntos de Dados



Figura 15: Portal de serviços de dados espaciais do IBGE.
(<https://mapas.ibge.gov.br/interativos/servicos/wms-do-arcgis.html>).



Além da dificuldade de acesso, alguns problemas de compatibilidade dos dados coletados foram encontrados, entre eles, a utilização de diferentes sistemas de referência espacial, diferentes tecnologias de *software*, necessidades de ajustes topológicos, ausência de conversão dos dados para SIG e a inexistência de geolocalização de informações.

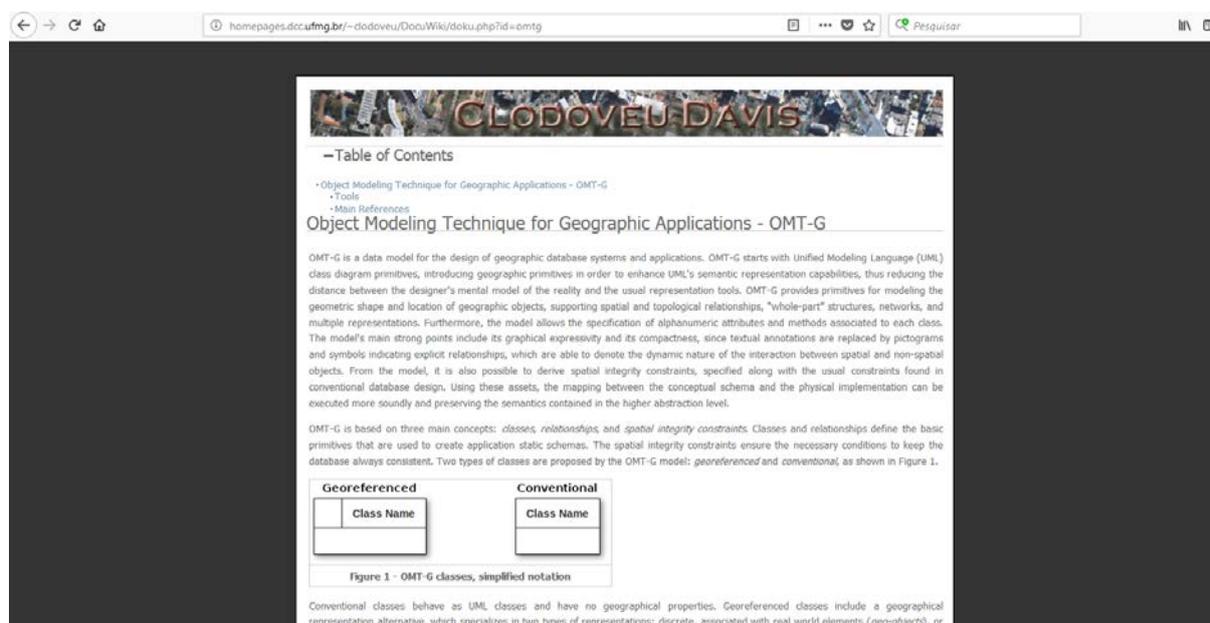
- B3 - Modelagem de dados espaciais: A etapa de modelagem corresponde à construção do modelo de dados a ser utilizado no SIGWEB, tendo como resultado o modelo conceitual que descreve todas as entidades e relacionamentos que formam a base de dados do sistema.

Foi utilizada a versão de avaliação do *software Microsoft office Visio* com a extensão do modelo de classes OMT-G disponível na internet para descrição das classes e relacionamentos espaciais do modelo conceitual da base cartográfica da Tese. Mesmo com outros programas livres disponíveis para a modelagem, optou-se por utilizar a versão *trial* do Visio pela qualidade visual do modelo final, já que este disponibiliza mais recursos de edição. A Figura 16 apresenta a interface do *Visio* e a Figura 17 mostra a página que disponibiliza a extensão utilizada.

Figura 16: Extensão OMT-G para o software Microsoft Visio.



Figura 17: Página web que disponibiliza a extensão OMT-G para o software Visio. (<http://homepages.dcc.ufmg.br/~clodoveu/DocuWiki/doku.php?id=omtg>).



O Apêndice D deste documento apresenta o produto da modelagem conceitual impresso no formato A3.

Utilizando o *software* livre de geoprocessamento e sistema de informações geográficas, QGIS, os dados previstos no modelo conceitual foram selecionados a partir das fontes disponibilizadas para inserção no banco de dados criado. Neste mesmo programa todas as edições necessárias para compatibilização da base de dados foram realizadas e todas as camadas foram preparadas para publicação na internet usando o *plugin* qgis2web ativado gratuitamente no QGIS (Figuras 18 e 19).

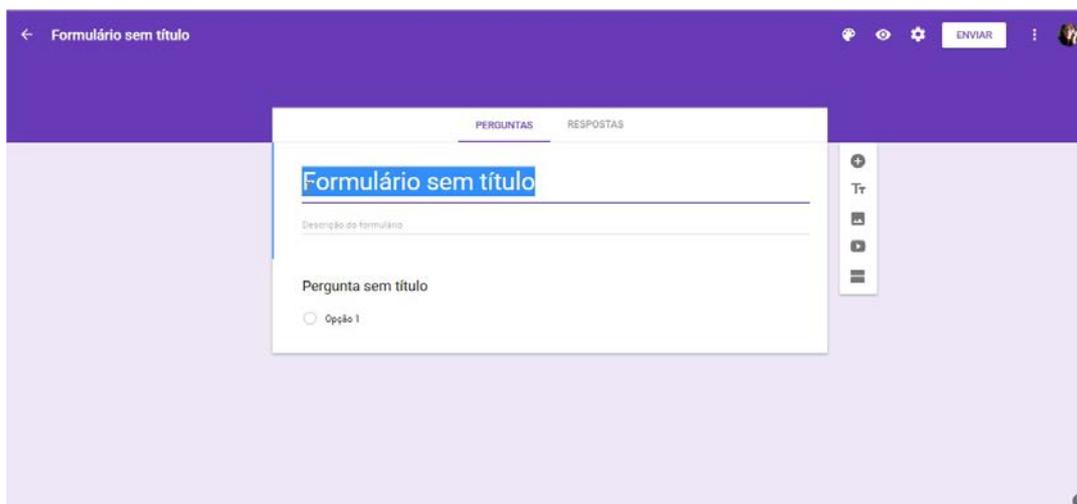
Figura 20: Serviço de hospedagem gratuito utilizado para publicação dos dados na internet. (<https://br.000webhost.com/>)



- C1 - Elaboração de questionário: Essa etapa corresponde à construção do modelo de questionário/entrevista a ser aplicado à membros do COBH-Capibaribe e representantes do poder estadual, com base na análise de casos de sucesso no Brasil e no Mundo. Foi desenvolvido um formulário eletrônico utilizando o *Google Forms*, serviço gratuito do Google para criação de formulários e questionários online, disponível para usuários cadastrados e acessível a partir dos aplicativos como Google+, Google Drive ou Gmail. A Figura 21 mostra a interface inicial de criação de formulários no Google e o Apêndice B deste documento apresenta o formulário desenvolvido no Google Forms para realização das entrevistas.
- C2 - Realização das pesquisas em campo: Etapa que corresponde ao período de realização das entrevistas e de aplicação dos questionários com os membros integrantes de Comitês de Bacia em Pernambuco.

Foram consultados os membros integrantes dos Comitês de bacia de Pernambuco, sendo todos os membros do COBH Capibaribe e todos os membros de diretorias dos demais COBHs, totalizando 59 entrevistados para amostra. Do total foram efetivamente realizadas 53 entrevistas nos meses de abril e maio de 2018.

Figura 21: Interface de criação de formulários usando o Google Forms.



- C3 - Análise das pesquisas de campo: Nessa etapa as respostas às entrevistas foram analisadas e sintetizadas para identificação dos retornos quanto aos questionamentos apresentados. O Apêndice C deste documento apresenta um relatório resumo dos resultados obtidos com a realização das entrevistas.
- D1 - Pesquisa e seleção de sistemas web existentes: Corresponde a pesquisa dos sistemas de informação e soluções de geovisualização implantados para apoiar a gestão de recursos hídricos. Cabe destacar que apenas sistemas com visualização geográfica de dados espaciais para recortes geográficos de bacias hidrográficas foram considerados para a pesquisa, ou seja, aplicações web existentes no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos para o território brasileiro não foram analisadas.
- D2 - Análise dos sistemas web selecionados: Nesta etapa os sistemas selecionados foram avaliados comparativamente segundo critérios funcionais e não funcionais de desenvolvimento e interface.
- D3 - Definição de requisitos para novos sistemas: A partir da análise comparativa, nesta etapa foram definidas as diretrizes a serem adotadas como requisitos de usuários no desenvolvimento de sistemas similares, que atendam às necessidades da heterogeneidade de usuários integrantes dos comitês de bacia.

Finalização (ícone de preparação)

- E1 - Estruturação do Sistema: Por se tratar do objetivo principal da pesquisa essa etapa contempla o detalhamento das necessidades para o sistema proposto, a definição das aplicações que o sistema engloba, a verificação dos pontos críticos da modelagem de dados, a arquitetura e as funções principais do sistema.

Saídas (ícones de banco de dados, documento e apresentação de informações)

- E2 - Como resultados da estruturação do sistema em um protótipo para a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, são apresentados os produtos finais da TESE:
 - P1 - Base cartográfica para a Bacia do Capibaribe,
 - P2 - Proposta de apresentação de informações para os COBHs e
 - P3 - SIGWEB para a Bacia do Capibaribe.

A Figura 22 apresenta os conjuntos de aplicativos e softwares utilizados para construção da solução final.

Figura 22: Conjunto de aplicativos utilizados na solução construída.



4.2 Materiais, dados e equipamentos utilizados

Para o desenvolvimento do presente trabalho, além do material de expediente necessário para impressão e encadernação de textos, dos dados espaciais que foram coletados para o recorte da área de estudo e do acesso à internet com velocidade mínima de 15MBps, foram utilizados equipamentos (*hardwares*) e programas computacionais (*softwares*) para construção de textos e edição dos dados espaciais, dentre eles:

- 01 computador com acesso à internet: Core i7, 8gb RAM, 64bits e HD de 500GB;

- 01 notebook;

- Windows 7;

- Qgis (*software* livre), para edição e publicação dos dados;

- Bentley Map (Licenciamento Acadêmico UFPE), para edição, análise topológica e conversão de dados espaciais;

- ERDAS IMAGINE 2018 (Licenciamento Acadêmico UFPE), para análise de metodologias de processamento de imagens e processamento de dados do Pernambuco Tridimensional;

- GeoMedia Desktop 2018 (Licenciamento Acadêmico UFPE), para análise e edição de dados espaciais.

Cabe destacar que a autora dispunha dos itens listados no seu departamento de trabalho.

5 RESULTADOS ALCANÇADOS

Os resultados alcançados com o desenvolvimento da pesquisa são apresentados neste capítulo seguindo o formato de artigos científicos, deste modo, como o capítulo contém três subitens que correspondem a três artigos, podem ocorrer repetições de trechos de citações e referências nos textos apresentados. A Figura 23 destaca a organização dos artigos construídos.

Figura 23: Organização dos resultados.

- 1 – **FERRAMENTAS DE GEOVISUALIZAÇÃO PARA UMA EFETIVA ATUAÇÃO DOS COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**
Diretrizes para desenvolvimento de sistemas web que apoiem a gestão de RH em comitês de bacia
- 2 – **ESTRUTURA DE BANCO DE DADOS ESPACIAL PARA A GESTÃO HÍDRICA**
Construção do modelo conceitual de base cartográfica
- 3 – **DESENVOLVIMENTO DE PORTAL WEB PARA APOIAR A GOVERNANÇA EM COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA PERNAMBUCANOS**
Desenvolvimento de solução computacional

O primeiro artigo aborda o levantamento de requisitos para desenvolvimento de sistemas de informação geográfica que apoiem a gestão de comitês de bacia. O texto apresenta os desafios da gestão hídrica participativa em termos da implantação de ferramentas tecnológicas baseadas na Geoinformação e no apoio de redes sociais. A metodologia engloba a avaliação de sistemas de informações geográficas disponíveis na internet para identificação de características funcionais e não funcionais que devem ser utilizadas como boas práticas no desenvolvimento de novas soluções para gestão hídrica. O artigo contemplou a busca de soluções implantadas para atender COBHs ou na abrangência de Bacias hidrográficas, a definição de critérios funcionais e não funcionais e a definição de requisitos para sistemas que atendam à heterogeneidade dos usuários envolvidos na gestão hídrica, minimizando custos. Os resultados são as diretrizes gerais para construção de novos SIGWEB que podem ser adotados como instrumentos de gestão de recursos hídricos.

O segundo artigo apresenta contribuições para a estruturação de base cartográfica para a gestão de recursos hídricos. Uniu os resultados principais do

primeiro artigo com a pesquisa de alternativas para aquisição de variáveis passíveis de coleta por Sensoriamento Remoto - SR ou processamento de dados de SR, a análise dos documentos oficiais utilizados na gestão hídrica e a realização de entrevistas com membros de comitês de bacia pernambucanos, para confirmação dos requisitos de dados espaciais necessários ao desenvolvimento de soluções baseadas em SIG para atender às necessidades da gestão hídrica. O texto apresenta como resultado o modelo conceitual de bases cartográficas para gestão de bacias. O artigo contemplou a análise de técnicas para cálculo/estimativa de variáveis importantes para a gestão hídrica, a definição de perguntas, construção de formulário e realização das entrevistas com representantes dos COBHs, a síntese das respostas para os questionamentos e teve como principal resultado a construção do modelo conceitual de base cartográfica, no formato OMT-G, para construção de sistemas cuja finalidade seja o apoio à gestão de recursos hídricos.

O terceiro e último artigo considera os resultados dos demais artigos como insumos para apresentar uma proposta de estruturação de sistema web para apoiar a atuação dos comitês de bacia. O artigo apresenta detalhadamente o desenvolvimento de um protótipo para a Bacia do Rio Capibaribe destacando as iniciativas de download, cópia, e procura de serviços web para coleta de dados espaciais e a utilização das necessidades identificadas nos artigos anteriores de comunicação, mobilização social e informação geoespacial para a construção baseada em softwares livres de fácil utilização associada a aplicativos *web* de ampla aceitação pelo público em geral.

A estrutura final do protótipo construído como portal web levou em conta a necessidade do atendimento de alguns princípios básicos, tais como:

- a amigabilidade e flexibilidade do sistema, para permitir o incremento, atualização ou exclusão de informações;
- a interoperabilidade, para permitir que o sistema seja íntegro e visualize dados já existentes em outros bancos de dados ou sistemas, de forma a associar e tornar disponível dados de diferentes bases cartográficas sobre a área de interesse;
- a possibilidade de manutenção e atualização dos dados, de maneira simples através da importação dos ou de forma automatizada a partir do uso de geoserviços;

- a acessibilidade, pela disponibilização da solução na internet sem controle de usuários;
- e o dispêndio de recursos, pelo desenvolvimento sem uso de soluções proprietárias e sem custo de hospedagem.

5.1 Ferramentas de geovisualização para uma efetiva atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas

RESUMO

A dificuldade de comunicação entre os membros integrantes dos comitês de bacia é uma realidade em quase a totalidade dos parlamentos ativos no Brasil. Considerando as dificuldades inerentes ao deslocamento para realização de reuniões e ao nivelamento de conhecimento entre os diferentes níveis de classes sociais, econômicas e de escolaridade dos representantes eleitos, o presente estudo aborda o cenário tecnológico nacional no que diz respeito à aplicação de geotecnologias na gestão hídrica com foco nas soluções de Sistemas de Informação Geográfica desenvolvidos em plataforma web. Foram identificados os SIGWEBs implantados nas diversas instâncias de bacias hidrográficas acessíveis a partir de sites de Órgãos Estaduais de Recursos Hídricos, Comitês ou Agências de Bacia. Os sistemas selecionados passaram por análise comparativa para determinação do seu grau de satisfação em critérios funcionais e não funcionais definidos de forma a atender a heterogeneidade de perfis de usuários de SIG envolvidos na gestão hídrica. O estudo mostrou a qualidade dos sistemas já desenvolvidos bem como algumas de suas limitações e no final apresenta uma proposição de diretrizes a serem adotadas na construção de sistemas similares em outros comitês de bacia.

Palavras-chave: SIGWEB; Comunicação em comitês de bacia; Levantamento de requisitos.

INTRODUÇÃO

Inspirada no modelo francês de gestão descentralizada, a gestão de recursos hídricos no Brasil envolve um conjunto de instituições governamentais e não-governamentais que assumem responsabilidades definidas na legislação vigente em cada nível de governo. Em nível federal, a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997) cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, por órgãos de governo relacionados a gestão hídrica, pelas agências de bacias e pelos Comitês de Bacia Hidrográfica - CBHs.

Nessa estrutura de gerenciamento sistêmico, os CBHs são instituições colegiadas que atuam no nível de bacia como “parlamentos das águas” com o objetivo de defender a supremacia dos interesses da coletividade sobre os interesses privados. Os comitês de bacia são um canal de participação para exercício da cidadania e contam em sua formação com representantes dos usuários das águas, da sociedade civil e das esferas municipal, estadual e federal. Segundo Gomes (2008), a atuação desses comitês facilita a transparência nas relações entre empresários, atores sociais e organizações não governamentais - ONGs possibilitando a incorporação dos interessados na formulação dos planos de desenvolvimento integrado da bacia hidrográfica.

Conforme disposto na Lei nº 9.433/97, os Comitês de Bacias têm as atribuições de promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia, articular a atuação das entidades que trabalham com este tema, arbitrar os conflitos relacionados a recursos hídricos, aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo (BRASIL, 2011).

Entretanto, de acordo com Kemerich et al. (2016), este mesmo lugar de participação, de cooperação e de construção de alianças é, também, um espaço de conflitos que emergem em virtude dos diferentes sujeitos que o compõem. Diferentes interesses, posições na escala social e política, formas de resistência, de organização e de participação são características inerentes à formação de um comitê de bacia.

Diversos autores tratam das dificuldades de atuação dos comitês de bacia. Para Kettelhut et al. (1998), a implementação dos comitês de bacias hidrográficas implica em modificações profundas no âmbito cultural e administrativo do Estado brasileiro. Flores e Misoczky (2008) apresentam como situação problemática a participação de atores com interesses distintos no planejamento da bacia. Já Jacobi (2005) e Jacobi e Fracalanza (2005) destacam a dificuldade do envolvimento social com o comitê causada pela falta de acesso à informação e pela predominância de conhecimentos técnicos que dificultam a ampla negociação, levando a conflitos pela existência de compreensões diferentes a respeito das mesmas realidades.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos – SIRH é o instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos que deve ser usado para disponibilização de informações aos integrantes do SINGREH e à sociedade em geral (BRASIL, 1997). Sua incorporação como ferramenta de implementação da PNRH reforça a necessidade de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos e os fatores intervenientes em sua gestão.

A autonomia garantida pelo Pacto Federativo Brasileiro garante a flexibilidade legal para adequação da gestão de recursos hídricos às peculiaridades de cada região permitindo que cada estado ou bacia dimensione os sistemas de informação de acordo com suas necessidades.

No cenário tecnológico atual, a internet modificou a maneira com a qual lidamos com a informação fazendo surgir uma necessidade de acesso a dados pelos mais diversos usuários. A revolução causada pelo lançamento do Google Earth associada à disseminação dos *smartphones* possibilitou a incorporação da representação cartográfica no dia a dia das pessoas promovendo uma popularização do uso da informação com localização geográfica em todos os níveis sociais.

Na busca por participação ativa da sociedade no processo de gestão dos recursos hídricos, a disponibilidade de dados e informações sobre o território com uso de representações cartográficas possibilita o entendimento do espaço de uma maneira muito simples e lúdica, em particular nos comitês de bacia.

Sistemas de Informações Geográficas - SIG podem ser implementados como SIRH de um Estado ou bacia, no entanto, sistemas mais simplificados podem ser desenvolvidos para apoiar uma área da gestão ou setor usuário específico (BRASIL, 2016). Sendo assim, o conceito de SIRH pode ser aplicado a diferentes soluções tecnológicas de bancos de

dados, sistemas de apoio à decisão e sistemas corporativos desenvolvidos para atendimento de demandas especiais.

A geovisualização, segundo MacEachren e Kraak (2001), integra visualização, cartografia, análise de imagens, visualização de informações, análise exploratória de dados e Sistemas de Informações Geográficas - SIG para oferecer teorias, métodos e ferramentas para exploração visual, análise, síntese e apresentação de dados com localização espacial.

Para os comitês, soluções de geovisualização na internet permitem a compreensão da totalidade da bacia hidrográfica não apenas pelos membros integrantes, disponibiliza seu conteúdo para todos os indivíduos interessados em contribuir para o bem-estar da sociedade, podendo ser usadas como ferramentas de mobilização social.

Considerando que a participação efetiva de todos os representantes eleitos pode ser assegurada pelo nivelamento do conhecimento prévio do território em questão e pela utilização de ferramentas tecnológicas que facilitem a comunicação, o objetivo do presente artigo foi identificar diretrizes para o desenvolvimento de sistemas que apoiem a atuação dos membros de comitês de bacia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A facilidade gerada pela internet, com mecanismos cada vez mais ágeis e de uso simplificado, tem possibilitado à sociedade distribuir, receber, armazenar e manipular um maior número de informações remotamente e tem aumentado a demanda por essas informações nos mais diversos setores da sociedade, principalmente por órgãos gestores federais, estaduais e municipais, instituições de pesquisa, organizações não governamentais, além de conselhos e comitês (DA PENHA et al., 2012).

Atualmente dados e informações associados ao espaço geográfico são insumos importantes para as políticas públicas uma vez que podem se tornar sinalizadores de uma situação problemática ou identificadores de uma oportunidade de atuação em um determinado espaço territorial (FRANKE e BIAS, 2016).

Na sua essência, a geovisualização permite uma análise exploratória de maneira interativa, pois incorpora aspectos visíveis do mundo real com elementos representativos de naturezas temáticas e permite ao usuário explorar as informações disponibilizadas interagindo com a aplicação de maneira não metódica. Dessa forma, os SIG são reconhecidos como soluções baseadas na geovisualização.

O uso de SIG para a participação popular, conhecido como PP-SIG (Participação Pública em Sistemas de Informações Geográficas) envolve pesquisa e desenvolvimento de um conjunto de aplicações SIG que visam ampliar o envolvimento do público nos processos de planejamento e explorar as suas potencialidades no sentido de promover objetivos comunitários (SIEBER, 2006).

Os SIG são bem conhecidos como ferramentas que garantem vantagem competitiva na tomada de decisões, permitindo uma melhor partilha de informação e fluxos, melhor tomada de decisão substanciada, capacidade competitiva mais forte, maior análise e compreensão dos problemas, justificação das decisões tomadas, melhor visualização dos dados, economia de custos, maior eficácia e melhor qualidade de saída (retorno ao cliente) (ELDRANDALY, NAGUIB e HASSAN, 2015).

De certa maneira, essa não seria uma proposição inovadora, pois já na década de 1980 Cowen (1988) afirmava que SIG é um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente em um ambiente de respostas a problemas. O diferencial com as tecnologias disponíveis atualmente está na forma de disponibilização desse tipo de sistema.

A internet modificou a maneira com a qual lidamos com a informação encurtando distâncias e proporcionando acesso instantâneo à inúmeras fontes de conhecimento, desencadeando uma corrente migratória dos sistemas de informação geográfica para a *web* (ALCANTARA et al., 2009).

Um SIGWEB, sistema de informação geográfica em plataforma *web*, visa o acesso a diferentes grupos de usuários na rede, em acessos múltiplos e remotos, de modo que cada consulta, em função da capacidade técnica de quem a elabora, pode ter diferentes níveis de complexidade de análise e de interpretação dos resultados (SANTANA et al., 2009). Por exemplo, os mapas temáticos dinâmicos são uma opção interessante para dar suporte às tomadas de decisão, mas também podem ser usados para apresentar resultados a usuários inexperientes não familiarizados com ferramentas de geoprocessamento.

O uso de SIG permite identificar, apresentar e organizar informações relevantes que não se tornariam visíveis através de outros métodos (SIEBER, 2004). Em se tratando dos comitês de bacia, a construção de um SIGWEB pode romper as fronteiras físicas facilitando a comunicação entre os integrantes, integrando diferentes dados e possibilitando a realização de análises sobre o território, ou seja, dando subsídios para tomada de decisão de forma rápida e segura em garantia de uma gestão eficiente e participativa.

Utilizado como ferramenta de geovisualização, o SIGWEB pode permitir a visualização equitativa dos problemas a serem enfrentados e facilitar o reconhecimento do espaço territorial da bacia hidrográfica de forma a nortear a priorização de ações a serem tomadas no comitê. Nesse caso a construção de uma solução deve considerar aspectos da representação (o que se deseja representar) e da comunicação (que informação se deseja transmitir), ou seja, o desenvolvimento deve ser baseado no produto da análise de requisitos dos potenciais usuários.

Requisito é uma característica necessária para que o usuário de um sistema possa encontrar a solução de um problema de forma a atingir um objetivo (THAYER e DORFMAN, 2000).

Segundo a engenharia de *software*, o levantamento de requisitos é a fase inicial de desenvolvimento de sistemas e requer o envolvimento de todas as partes interessadas (usuários do sistema) (VALASKI, 2017).

Estudos de Valaski et al. (2013a; 2013b) destacam a necessidade de esforços na busca de solução para problemas relacionados à elicitación de requisitos. De acordo com Sommerville (2007), as dificuldades são resultantes de diversos fatores: os usuários não sabem o que querem; os engenheiros de requisitos, sem experiência, não entendem o que o cliente necessita; diversos usuários têm diferentes necessidades e o engenheiro não leva em consideração a categorização deles; e fatores políticos e socioeconômicos podem influenciar nos requisitos do sistema por parte dos interessados.

Um bom documento de requisitos apresenta as necessidades do sistema com completude e consistência, abordando as especificações do *software* a ser utilizado, de procedimentos organizacionais e de fatores externos ao sistema. O diferencial no processo de levantamento de requisitos está no nível de conhecimento acerca do problema central a ser atendido, sendo assim, quanto mais próxima a relação desenvolvedor-usuário maiores são as chances de sucesso do sistema.

No caso da gestão hídrica, mesmo com competências e atribuições definidas em legislações, o envolvimento de vários órgãos dos diferentes níveis de governo associado à heterogeneidade e ao grande número de usuários dificultam a realização de um levantamento detalhado das características do sistema a ser construído.

Quando a elicitación não é realizada de forma adequada, os requisitos finais podem ocasionar o desenvolvimento de sistema falho e que não atende ao objetivo proposto inicialmente na sua concepção. Nesse cenário, a insatisfação dos usuários poderá suscitar a inutilização do sistema.

Como interfere diretamente em todas as etapas de desenvolvimento de um sistema e envolve o tratamento de diversos pontos de vista, o levantamento de requisitos é um processo caro, complexo e difícil de gerenciar (VALASKI, 2017).

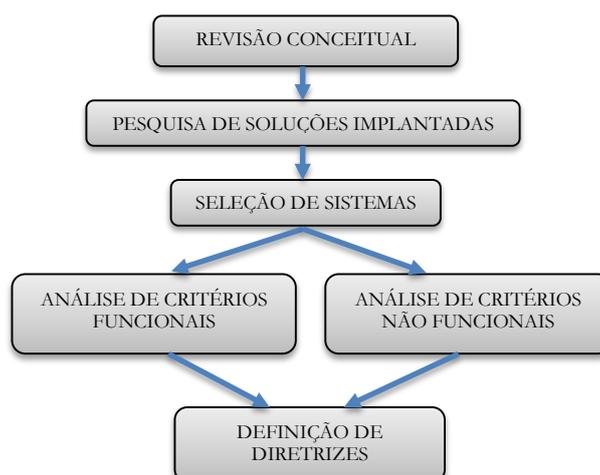
Em resumo, a concepção da pesquisa se baseou nas premissas: 1) As informações geoespacializadas são essenciais para gerenciamento da bacia hidrográfica, 2) A comunicação ágil e eficiente entre os membros do comitê de bacia é imprescindível, 3) As ferramentas *web* podem atender às necessidades de informação geoespacial e de comunicação e 4) Uma adequada elicitação de requisitos é extremamente importante para a eficácia de um sistema WEB para um comitê de bacia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando a complexidade e o custo do levantamento de requisitos para soluções que apoiem a gestão de recursos hídricos foi realizada uma pesquisa empírica de natureza qualitativa e exploratória com o propósito de ampliar os conhecimentos a respeito de implementação de SIGWEB no contexto dos comitês de bacia hidrográfica - CBHs.

A metodologia utilizada foi baseada na revisão bibliográfica e na análise de experiências de sistemas de informações geográficas disponibilizados na *internet* desenvolvidos para apoiar as ações de CBHs brasileiros. A Figura 1 apresenta o fluxograma de etapas.

Figura 01: Metodologia adotada no estudo.



Inicialmente foi realizada uma revisão conceitual a respeito da geovisualização, em seguida foram pesquisadas soluções nacionais baseadas na geovisualização de dados e implantadas nos comitês de bacia.

Consultando o portal oficial da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2017) no endereço <http://www.cbh.gov.br>, é possível identificar a distribuição espacial dos comitês ativos no Brasil. A coleta e a análise de dados foi realizada de outubro a dezembro de 2017. Ao todo estão cadastrados no portal 202 comitês de bacia estaduais e 9 comitês interestaduais.

Acessando os *links* disponibilizados de forma vinculada aos nomes dos comitês de bacia cadastrados foi possível identificar os sistemas de informação e soluções de geovisualização implantados para apoiar a gestão de recursos hídricos. Pelo fato de alguns *links* estarem inativos ou desatualizados, a varredura foi expandida explorando, além do portal da ANA, todos os sites e páginas de redes sociais de órgãos e entidades responsáveis pelos recursos hídricos nos estados, tais como páginas ativas no Facebook.

Em alguns estados observou-se que existem SIGs que podem auxiliar a gestão do território, mas como são soluções desenvolvidas com outros objetivos, como por exemplo licenciamento ambiental, Cadastro Ambiental Rural e Infraestrutura de Dados Espaciais; esses sistemas foram desconsiderados nesta pesquisa.

No total foram identificados 12 sistemas desenvolvidos para apoiar a gestão de recursos hídricos: 03 em nível federal (instância de bacias interestaduais), 05 em nível regional (instância de comitê de bacia estadual) e 04 em nível estadual (instância de território estadual). Por se tratar de um pequeno número, todos foram selecionados para análise.

O Quadro 1 apresenta os sistemas selecionados destacando a jurisdição (território abrangido), o órgão/ instituição identificado como responsável pela construção/manutenção do sistema, o nome/sigla e a url de acesso direto na internet.

Considerando a forma de atuação dos comitês de bacia, a natureza dos Sistemas de Informação Geográfica e buscando atender às necessidades dos heterogêneos perfis de usuários envolvidos na gestão hídrica, foram definidos critérios funcionais (referentes a funcionalidades e serviços disponíveis no sistema) e critérios não funcionais (referentes às características gerais de apresentação do sistema) para análise comparativa dos SIGWEB selecionados (Quadro 2).

Quadro 01. Soluções selecionadas para análise.

Instância/ Jurisdição	Desenvolvimento/ manutenção	Sistema disponível	URL de acesso
Interestadual - Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul	Agência de Bacia - AGEVAP	SIGA WEB	http://sigaceivap.org.br/map
Interestadual - Comitê da Bacia do Rio Doce	Agência de Bacia - IBIO - AGB Doce	SIG GESTÃO	http://www.sigwebdoce.org.br/
		IGEO	https://www.igeo.org.br/map
Comitê das Bacias do Rio Paraíba do Sul – SP	Comitê das Bacias do Rio Paraíba do Sul – SP	CBH-PS WEB	http://52.67.217.234/src/php/app.php
Comitê de Bacia do Rio Guandu – RJ	Agência de Bacia - AGEVAP	SIGA WEB Guandu	http://54.94.199.16:8080/siga-guandu/map
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara – RJ	Órgão de Meio Ambiente - INEA	Portal SIG-RHBG	http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sig-rhbg/
Comitê da Bacia Lagos São João - RJ	Agência de Bacia - CILSJ	SIG LAGOS SÃO JOÃO	http://www.lagossaojoao.org.br/nc-sistemadeinformacao.htm
Comitê da Bacia do Rio das Velhas - MG	Agência de Bacia - AGB Peixe Vivo	SIGA RIO DAS VELHAS	http://www.siga.cbhvelhas.org.br
Estadual – Paraíba	Órgão de Recursos Hídricos - AESA	SIG WEB	http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/
		SIGAESA-WEB	http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportall/index.php
Estadual – Ceará	Órgão de Recursos Hídricos - COGERH	SGDE	http://atlas.cogerh.com.br/
Estadual – Paraná	Órgão de Recursos Hídricos – Instituto de Águas do Paraná	GEOEM	http://www.geoem.pr.gov.br/geoem/pages/templates/initial_public.jsf?windowId=a0a

Quadro 02: Critérios de análise dos SIG.

Objeto de análise	Critérios - SIGWEB	Classificação dos critérios
Página web	Forma de acesso	Não funcionais
	Layout	
Dados disponibilizados	Quantidade	
	Qualidade	
	Formato	
Funcionalidades implementadas	Ferramentas básicas de navegação no mapa	Funcionais
	Autenticação de usuários	
	Acesso multiplataforma (<i>smartphones, tablets, etc.</i>)	
	Consulta / entrada de coordenadas	
	Edição de dados	
	Funções de geoprocessamento	
Serviços web disponíveis	Funções extras implementadas	
	Carregamento de arquivos	
	Download de arquivos	
	Serviços OGC (padrões de serviços web para disponibilização de dados espaciais)	
	Integração com mídias sociais	

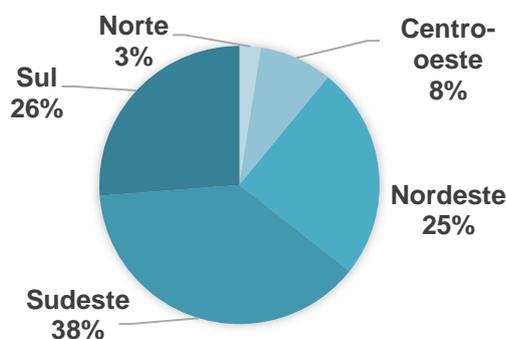
Após a verificação dos sistemas selecionados em todos os critérios definidos foi realizada uma análise comparativa para classificação das soluções. Foram definidos 5 níveis de avaliação ordenados (excelente, ótimo, muito bom, bom e razoável) para classificar cada sistema, em cada critério analisado, de acordo com o grau de satisfação do usuário.

Com base no resultado das análises foram definidas as diretrizes gerais a serem usadas como requisitos para o desenvolvimento de novas soluções SIGWEB em outros comitês de bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados disponíveis no portal da ANA (ANA, 2017), hoje, 20 anos após a promulgação da “Lei das águas”, ainda é possível identificar a grande concentração de comitês de bacia nas Regiões Sudeste e Sul (Figura 2) abrangendo praticamente a totalidade do território das regiões. Entretanto, é necessário reconhecer o esforço da Região Nordeste que já apresenta um número expressivo de comitês cadastrados. Destacando algumas particularidades, temos que na região norte ainda existem estados que não possuem nenhum comitê ativo e por isso não evoluiu na criação de novos parlamentos, talvez pela abundância dos recursos hídricos ou também pela dificuldade de reunião de representantes. Por outro lado, os estados do Ceará, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul são evidenciados por possuírem a totalidade de seus territórios sob a atenção de algum comitê de bacia.

Figura 02. Gráfico da distribuição percentual dos Comitês de Bacia ativos por região geográfica



A Tabela 1 apresenta a distribuição desses números por regiões e estados.

Tabela 01. Número de Comitês de Bacia ativos no Brasil (Fonte: ANA, 2017).

Região	Estado	Nº de Comitês Cadastrados
Brasil	Interestadual	9
Norte	Amazonas	1
	Tocantins	4
Centro-oeste	Mato Grosso	6
	Goiás	8
	Mato Grosso do Sul	3
Nordeste	Maranhão	2
	Piauí	2
	Ceará	12
	Rio Grande do Norte	3
	Paraíba	3
	Pernambuco	6
	Alagoas	5
	Sergipe	3
	Bahia	14
Sudeste	Minas Gerais	35
	Espírito Santo	12
	Rio de Janeiro	9
	São Paulo	21
Sul	Paraná	11
	Santa Catarina	17
	Rio Grande do Sul	25

Ao longo da varredura foram identificadas inconsistências no cadastro da ANA como a existência de comitês criados e não cadastrados (CBH Paranoá – DF, CBH dos rios St^o Antônio e St^a Tereza – TO, CBH Metropolitano Norte - PE e CBHR Puraquequara - AM) e dúvidas quanto aos número total de comitês existentes devido à criação de páginas no Facebook de comitês ainda não criados (CBH do rio Real - SE) ou encontrados com divergência de nomes (CBH da Margem Esquerda do Baixo Teles Pires / CBH Médio Teles Pires / CBH Alto Teles Pires - MT). A pesquisa no Facebook serviu para identificar a utilização de redes sociais como instrumento de participação social em debates de interesse público. Foram encontradas 55 páginas de comitês de bacia, o que corresponde a 26% do total de comitês cadastrados. O número isoladamente pode ser interpretado como fraco, mas no contexto de implantação de tecnologias de informação e comunicação que facilitem a gestão participativa esse é um grande avanço.

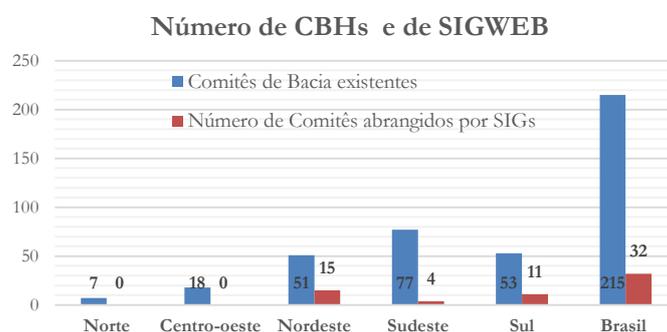
De acordo com pesquisas divulgadas em novembro de 2016 pelo *eMarketer*, instituto de pesquisa estadunidense especializado no mercado virtual, o Brasil é o país com maior número de usuários de redes sociais em toda a América Latina, estando com 93,2 milhões de usuários ativos até metade do ano de 2016. Nesse universo, a pesquisa aponta que 95% desses usuários escolhem o Facebook como rede social. Essa informação destaca a

expressividade dos números desse canal na participação social, o que reforça sua importância para os comitês de bacia.

A pesquisa de soluções implantadas foi uma das etapas mais desgastantes do estudo devido ao grande número de comitês cadastrados e da necessidade de examinar minuciosamente os sites dos governos estaduais em busca de sistemas muitas vezes “escondidos” em grandes portais de informação, mas serviu para identificar diferentes tipos de soluções já implantadas especificamente para gestão de recursos hídricos em diferentes níveis de governo.

Como forma de reforçar a necessidade de implantação de novas ferramentas de geovisualização na gestão hídrica, partindo da hipótese que uma unidade de planejamento hídrico - UPH deve ser a base para criação de um comitê de bacia, buscou-se identificar o número total de comitês que deveriam existir no Brasil para comparar com o número de comitês ativos e o número de SIGWEB existentes, no entanto, foram identificadas divergências de conceitos, denominação e de delimitação espacial dos dados hidrológicos disponíveis na internet que inviabilizaram tal comparação. Foram consultados os portais HIDROWEB (ANA, 2018), CBH (ANA, 2017), SIAGAS (CPRM, 2011), Mapas IBGE (BRASIL, 2004) e Visualizador da INDE (BRASIL, 2008), além de documentos oficiais publicados pela ANA e portais dos órgãos estaduais de recursos hídricos, onde comprovou-se que o número e a delimitação das UPH divergem em todas as fontes consultadas. Dessa forma, foi realizada apenas a análise do número de SIGWEB identificados por número de comitês de bacia existentes (Figura 3).

Figura 03. Gráfico da abrangência de SIGs em Comitês de Bacia existentes por região geográfica.



O gráfico da Figura 3 aponta o inexpressivo número de soluções SIG implantadas que apoiem a atuação dos comitês de bacia. É importante destacar que os valores mais

relevantes encontrados no Nordeste e no Sul não são relativos à quantidade de sistemas existentes, são reflexo de iniciativas em nível estadual que atendem a todos os comitês do referido estado.

Em alguns estados foram identificados sistemas desenvolvidos para atender o licenciamento ambiental com disponibilidade de dados hídricos e diversas funcionalidades implementadas, mas considerando a divergência de objetivo esses sistemas não foram analisados no presente estudo.

A ocorrência de maior percentual de soluções nos estados do Sudeste demonstrou a superioridade dessa região no respeito à valorização do uso de informações espaciais na gestão.

Analisando a coluna de informações sobre responsabilidade pelo desenvolvimento/manutenção dos sistemas no Quadro 1 é possível reconhecer a importância das Agências de Bacia. Entre as soluções desenvolvidas para apoiar especificamente os comitês, apenas dois sistemas (CBH-PS WEB e Portal SIG-RHBG) não foram desenvolvidos por agências.

Para servir de base para uma futura análise de viabilidade de implantação, foram pesquisados os custos relativos ao desenvolvimento, manutenção e hospedagem dos sistemas a partir de buscas nos sites de financiadores, acessos a resumos de contratos de licitações, pesquisas em diários oficiais e documentos internos disponibilizados na internet. Foram identificados os custos aproximados de 50% dos sistemas analisados (SIGAWEB - R\$ 1.107.876,39; SIG GESTÃO - R\$1.069.800,00; CBH-PS WEB - R\$ 485,225,00; SIGAWEB Guandu - R\$ 3.676.300,94; SIG Lagos São João - R\$110.000,00 e SIGA Rio das Velhas - R\$ 994.214,00). Como não foram levantados diretamente com os órgãos/entidades responsáveis pelo desenvolvimento, cabe ressaltar que os valores apresentados podem não corresponder ao valor total do desenvolvimento dos sistemas aos quais se referem.

Com relação à comunicação entre os membros integrantes do comitê, a utilização de ferramentas que facilitem a realização de reuniões à distância, conversação em grupos e troca de documentos já é uma realidade possível de se aplicar a partir do uso de aplicativos como *Skype* (exemplo de aplicativo de web conferência), *WhatsApp* (exemplo de aplicativo de troca de mensagens de texto instantaneamente) e lista de *e-mails* (correio eletrônico), mas para uma grande parcela de representantes de classes menos favorecidas essas soluções ainda são inacessíveis.

Uma pesquisa do Centro de Tecnologia de Informação Aplicada da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas - FGV/EAESP, divulgada em 19 de abril de 2017 (MEIRELES, 2017), apontou que o Brasil atingiria a marca de um *smartfone* por habitante em outubro de 2016.

Dessa forma é viável indicar a utilização do Facebook como canal de participação para divulgação de ações, chamamento público e central de denúncias de forma a facilitar a comunicação interna (entre os membros) e externa (com todos os segmentos envolvidos na gestão e usuários das águas) dos comitês de bacia. Essa opção pode apresentar maior viabilidade dentre as redes sociais disponíveis na atualidade tendo em vista as funcionalidades implantadas nas versões mais recentes (como por exemplo a vídeo chamada), o grande número de pessoas que utilizam essa rede social no Brasil e sua facilidade de acesso por *smartfones*.

Análise Comparativa das Soluções

Na análise comparativa cada critério apresentado no Quadro 2 foi observado em todos os sistemas selecionados e receberam um nível de avaliação de acordo com o grau de satisfação do usuário que variava numa escala de 5 níveis de avaliação ordenados (excelente, ótimo, muito bom, bom e razoável). Os resultados foram sintetizados no Quadro 3 (Apêndice 1). Interpretando os resultados é possível identificar que 04 sistemas se destacam por receberem o maior número de avaliações de alto nível: SIGA WEB, IGEO, SIGA WEB Guandu e o SIGA Rio das Velhas.

Os sistemas SIGA WEB e o SIGA WEB Guandu apresentam acesso a uma grande variedade de dados espaciais incluindo diversos dados hídricos (informações físicas, hidrológicas, de qualidade, de quantidade, outorgas e infraestrutura hídrica), além da disponibilização de informações de fontes externas, tais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e a ANA. O IGEO apresenta um layout técnico diferenciado com apresentação inicial de um mapa temático e disposição de funcionalidades limitadas à navegação que permite um fácil entendimento do sistema por diferentes níveis de usuários. E o sistema SIGA Rio das Velhas se destaca por ser o único a apresentar diferentes ferramentas de geoprocessamento (*buffer*, análise espacial e consulta de tabela de atributos) disponíveis aos usuários sem necessidade de autenticação; iniciativa interessante que conquista usuários especialistas e permite a evolução de usuários pouco familiarizados com o geoprocessamento.

Além desses resultados é importante destacar que o sistema SGDE foi o único a apresentar uma função de edição de dados, permitindo desenho de pontos e polígonos, carregamento de arquivos (upload) nos formatos shapefile (ESRI, 1998) ou CSV - *comma-separated values* (texto separado por vírgulas ou tabulação) em vários sistemas de coordenadas e projeção.

No geral poucos sistemas disponibilizam serviços web de acesso direto a dados de outros bancos de dados externos (como por exemplo da ANA, IBGE, MMA, CPRM, entre outros) ou estão abertos a padrões OGC (tais como KML - *Keyhole Markup Language*, WMS - *Web Map Services*, WFS - *Web Feature Service* e WCS - *Web Coverage Service*) que facilitariam o cruzamento de informações em apoio a tomada de decisão. Dessa forma a maior parcela dos sistemas prioriza a pura apresentação de dados referentes à região geográfica em questão, negligenciando a evolução da análise do território por usuários mais familiarizados com ferramentas de geoprocessamento. Na atualidade é crescente o volume de geoinformações disponíveis e a boa utilização desses dados deve ser priorizada para garantir uma maior segurança técnica, social e jurídica nas tomadas de decisão dos Comitês de Bacia.

A análise do critério de integração com mídias sociais mostrou que apenas o sistema IGEO permite o compartilhamento do sistema com redes sociais, neste caso específico foram: *facebook, linkedin e twiter*.

Um ponto negativo em destaque é o acesso ao SIGA Rio das Velhas, cuja url de acesso foi descoberta no texto dos relatórios da construção do sistema, ou seja, não estando acessível de fato para os usuários do Comitê de Bacia. No caso do sistema SIG WEB, o link de acesso ao sistema está no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, mas em um sub menu com terminologia muito técnica e pouco inclusiva, de modo que usuários integrantes dos Comitês de Bacia teriam dificuldade para encontrar.

O resultado da análise de alguns sistemas, como o Portal SIG-RHBG, foi influenciado pela indisponibilidade de acesso público ao sistema. Tal sistema não permite uma maior exploração da solução e inviabiliza o acesso às informações da bacia hidrográfica. Em casos de desenvolvimento de sistemas hierarquizados em diferentes níveis de acesso, a disponibilização de uma visualização pública do sistema é uma boa opção para disseminação de informações. Ou totalmente aberto, ou acessível a partir do preenchimento de um cadastro de usuários, o perfil público garante o uso do sistema por

todos os interessados com controle de restrições de acesso a dados sigilosos ou funcionalidades específicas.

Com o intuito de garantir a participação e entendimento de diferentes níveis de usuários, do especialista ao leigo, com uma boa experiência de visualização e permitindo uma maior exploração de dados, a análise dos sistemas possibilitou identificar as diretrizes de implementação dos critérios funcionais e não funcionais para o desenvolvimento de um SIGWEB que atenda a gestão hídrica. O Quadro 4 apresenta o resumo das diretrizes definidas por critério avaliado.

Quadro 04. Diretrizes definidas por critério de análise.

Crítérios	Diretrizes
Forma de acesso	O ícone de direcionamento para o sistema deve estar destacado na página inicial do Comitê ou Órgão de Gestão Hídrica, de preferência com logomarca de identidade, e não deve direcionar o usuário por muitos cliques para apresentar o visualizador de mapas.
Layout	A entrada do sistema deve ser leve, simples, direta e intuitiva para reconhecimento do limite geográfico trabalhado no sistema. Deve ter uma boa disposição de ferramentas de forma a não atrapalhar a visão do mapa. Não deve ser puramente um sistema técnico, deve ser interativo conduzindo o usuário a obter suas respostas.
Quantidade	O sistema deve ter muitas informações disponibilizadas. Características físicas, dados de qualidade e quantidade dos recursos hídricos, infraestrutura hídrica implantada/projetada, informações pluviométricas, além de acesso a bancos de dados externos como opção para cruzamento de dados.
Qualidade	Devem ser disponibilizadas as informações sobre os dados a partir do cadastro de metadados segundo padrão INDE (CEMG-CONCAR, 2009).
Formato	Devem ser disponibilizados mapas temáticos, dinâmicos e em formato de impressão, além da visualização dos arquivos digitais georreferenciados.
Ferramentas básicas de navegação	O sistema deve possuir um conjunto de ferramentas básicas de navegação (zoom in, zoom out, visualização em quadro, extensão total, visualização anterior e posterior) além e permitir navegação pelo mouse.
Autenticação de usuários	Deve ser utilizada em casos de sistemas com módulos internos de gerenciamento, mas todas as funcionalidades de análise, consulta e geoprocessamento devem estar disponíveis na versão aberta/pública.
Acesso multiplataforma	O sistema deve ser responsivo para facilitar o uso em multiplataforma (<i>desktops, notebooks, smartphones, tablets</i>). A responsividade (capacidade de adaptação automática em diferentes dispositivos) é uma característica que agrada os usuários por facilitar o acesso independentemente da plataforma usada.
Consulta / entrada de coordenadas	O sistema deve ter função de plotagem de ponto e consulta de coordenada extraída do mapa a partir de menu detalhado e em diferentes sistemas de coordenadas e de projeção.
Edição de dados	Deve ser permitido o desenho de pontos, linhas e polígonos com exportação de mapas temáticos com layout de impressão pré-formatado.
Funções de geoprocessamento	Devem ser implementadas funções de geoprocessamento, tais como: geração de buffer, análise espacial e consulta por atributos.
Funções extras implementadas	Devem ser implementadas funcionalidades extras, tais como: Apontamento, opções de medição, opções de desenho, captura de tela, impressão de layout formatado, mudança de mapa base, compartilhamento de consulta, visualização de legenda, inclusão de textos, mapa de localização, seleção múltipla e adição de marcador.
Upload de arquivos	O sistema deve apresentar opção de upload de arquivos <i>shapefile</i> (ESRI, 1998).

Download de arquivos	O sistema deve apresentar opção de download de arquivos em formato <i>shapefile</i> e <i>kml</i> (<i>Keyhole Markup Language</i>).
Serviços OGC	O sistema deve apresentar opções de conexões a bancos de dados externos e permitir a inclusão de camadas de dados com padrões OGC (padrões do <i>Open Geospatial Consortium</i> para intercâmbio de dados geoespaciais).
Integração com mídias sociais	Caso o órgão/instituição possua conta/perfil em redes sociais, o sistema deve estar integrado e permitindo compartilhamento de informações.

Alguns pontos identificados na análise merecem destaque, pois servem de orientação para implementação das diretrizes:

- Muitas soluções SIGWEB podem estar subutilizadas por estarem muito escondidas dificultando o acesso;
- O baixo percentual de sistemas que apresentava os metadados seguindo o modelo oficial definidos para o Brasil (apenas um dos selecionados) reforça uma dificuldade de aderir ao padrão ou sinaliza um descrédito no formato do Perfil MGB (CEMG-CONCAR, 2009);
- O uso de ferramentas de navegação seguindo o padrão de localização e apresentação do Google é uma boa opção para facilitar o uso do sistema por usuários leigos por se tratar de um modelo amplamente aceito;
- A inclusão de ferramentas de geoprocessamento e a função de *upload* de arquivos incentiva o uso do sistema pelos usuários especialistas;
- A implementação de funcionalidades extras anula a necessidade de uso de outros *softwares* de geoprocessamento fidelizando os usuários do sistema.
- A utilização do *Facebook* como rede social para comunicação interna e externa dos comitês de bacia pode ser considerada a opção mais viável para atingir um maior número de participantes ativos na gestão da bacia, maior público para divulgação de ações e facilitar a troca de informações entre os integrantes dos comitês de bacia sem grandes aportes de recursos.
- O desenvolvimento de soluções multiplataformas, que sejam acessíveis a partir de diferentes formatos de tela (*desktop*, *notebooks*, *tablets* ou *smartfones*), facilita a democratização do acesso e a utilização do sistema por diferentes perfis de usuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns fatores dificultam a atuação dos Comitês de bacia na gestão hídrica, entre eles, a pouca informação sobre os instrumentos de participação popular, a fraca disseminação dos canais de comunicação disponíveis, a dificuldade de entendimento da sobreposição

espacial de competências entre diferentes comitês de bacia, a necessidade de deslocamentos para participação de reuniões (para muitos demorado e de alto custo), o não reconhecimento da divisão espacial da bacia hidrográfica e a ausência de processos educacionais e pedagógicos que empoderem os diversos atores envolvidos na gestão.

Conforme previsto no PNRH, o SIRH deverá reunir os dados hidrológicos, hidrogeológicos, de qualidade da água, cadastros de usos e usuários, dados dos meios físico, biótico, socioeconômico da bacia hidrográfica, informações de uso do solo, infraestrutura instalada e fontes de poluição pontuais e difusas. Essa diversidade de dados e informações torna o desenvolvimento dos SIRH complexo e dispendioso.

A pesquisa possibilitou constatar o fraco percentual de bacias hidrográficas com comitês ativos e o baixo o número de soluções em SIG desenvolvidas para apoiar as ações dos comitês no Brasil. O maior número de sistemas desenvolvidos ou mantidos por Agências de Bacia destaca a importância do apoio técnico dessas instituições para contratação e estruturação de soluções tecnológicas aplicadas à gestão.

No total foram analisados 12 sistemas acessíveis pela *internet* implantados em diferentes abrangências de gestão (nível de bacias interestaduais, de limite estadual e de comitê de bacia estadual).

A classificação por grau de satisfação do usuário em critérios funcionais e não funcionais da análise comparativa permitiu obter uma macrovisão da construção de um SIGWEB para gestão hídrica. Quatro sistemas se destacaram dentre os selecionados e são recomendados como referência: SIGA WEB, IGEO, SIGA WEB Guandu e SIGA Rio das Velhas.

Com base na interpretação do quadro síntese da análise comparativa (Apêndice 1) foi possível identificar as melhores práticas adotadas e definir as diretrizes para desenvolvimento de sistemas similares que atendam às necessidades da heterogeneidade de usuários integrantes dos comitês de bacia.

Considerando que o levantamento de requisitos trata do processo de descobrir, analisar, documentar e verificar condições necessárias para um sistema satisfazer seu objetivo, as diretrizes definidas no artigo podem ser usadas como requisitos de usuários e servem de base para a descrição detalhada dos requisitos de sistema que fazem parte do contrato de desenvolvimento de novos SIGWEB. Os requisitos levantados também podem ser aplicados no direcionamento de implementação de SIRH nos Estados diminuindo o tempo e o custo de construção de novos sistemas.

Os resultados alcançados com o estudo demonstram a importância do conhecimento das necessidades dos usuários para desenvolvimento de um SIGWEB e destacam que a efetiva integração de informações de maneira simples e acessível é subsídio para uma boa governança das águas de uma bacia hidrográfica, garantindo transparência, segurança técnica e jurídica nas tomadas de decisão dos comitês de bacia.

Por fim, para o uso das diretrizes apresentadas no desenvolvimento de um novo sistema, recomenda-se a realização de uma pesquisa direcionada à confirmação dos requisitos necessários em cada bacia hidrográfica, por meio de entrevistas ou oficinas com uma amostra dos usuários finais do novo sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). HidroWeb: Arquivos Digitais. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <[http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb .asp?Toctem=4100](http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Toctem=4100)> . Acesso em: 01 jan. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Comitês de Bacia Hidrográficas. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br>>. Acesso em: 01 Out. 2017.

ALCANTARA, L A; VALDEVINO, D. S; SÁ, L. A. C. M. Análise de programas computacionais livres para disponibilização de mapas na Internet. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. Anais XIV SBSR. Natal: INPE, 2009. p. 4937-4942.

BORN, R. H. Seguridade hídrica, comitês de bacia hidrográfica e cidadania. Revista CEJ, Brasília, n. 12, p. 63-70, set./dez. 2000. Disponível em: <<http://www.cjf.jus.br/ojs2/index.php/revcej/article/viewFile/361/509>>. Acesso em: 01 Out. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Sistemas de Informação na Gestão de Águas: Conhecer para decidir. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: volume 8. Brasília: ANA, 2016. 122p. ISBN 978-85-89629-98-0.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). O Comitê de Bacia Hidrográfica: prática e procedimento. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: volume 2. Brasília: ANA, 2011. 81p. ISBN 978-85-89629-77-5.

BRASIL. Visualizador da INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em 10 nov. 2017.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Atlas de saneamento. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 151p. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/images/pdf/mapas/mappag99.pdf>>. Acesso em 01 jan.2018.

BRASIL. Lei 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. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 09 jan. 1997.

CEMG-CONCAR. Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil – Perfil MGB. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Comissão Nacional de Cartografia – Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais. Nov. 2009.

COWEN, D. J. GIS Versus CAD Versus DBMS: What are the Differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54:1551-1554.1988.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso em: 20 dez. 2017.

DA PENHA, L. T.; CÂNDIDO, L.; FILHO, M. B. B. e BRAGA, R. A. P. Sistema de Informação Web para a Gestão de Bacias Hidrográficas: O Caso do Rio Natuba-PE. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 4., Recife, 2012. Anais IV SIMGEO. Recife: UFPE, 2012.

ELDRANDALY, K. A.; NAGUIB, S. M.; HASSAN, M. M. Evaluation of Critical Success Factors for GIS Implementation Using Analytic Hierarchy Process. International Journal of Computing Academic Research – IJCAR. Volume 4, Nº 3, Junho 2015. pp.132-143. ISSN 2305-9184.

ESRI. ESRI Shapefile Technical Description. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, EUA, 1998. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Acesso em 04 Jul. 2017.

FLORES, R. K.; MISOCZKY, M. C. Participação no gerenciamento de bacia hidrográfica: o caso do Comitê Lago Guaíba. RAP – RIO DE JANEIRO 42 (1):109-131, JAN./FEV. 2008.

FRANKE, F. D.; BIAS, E. S. O Uso, o Compartilhamento e a Disseminação da Geoinformação na Administração Pública Brasileira: Uma Análise dos Recentes Avanços. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, n. 68/3, p. 547-567, mar./abr. 2016.

GOMES, C. S. Comitês de bacias hidrográficas de rios do médio São Francisco: possibilidades e desafios de gestão do uso da água. 2008. 97 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2008.

JACOBI, P. R. Comitês de bacia hidrográfica: o que está em jogo na gestão compartilhada e participativa. In: DOWBOR, L. & TAGNIN, R. A. (org.). Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade. São Paulo: SENAC São Paulo, 2005. p. 81-88.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P. Comitês de bacias hidrográficas no Brasil: desafios de fortalecimento da gestão compartilhada e participativa. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Paraná, n. 11-12, p. 41-49, jan./dez. 2005.

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; DULAC, V. F.; CRUZ, R. C. Gerenciamento de recursos hídricos: desafios e potencialidades do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo. *Soc. nat., Uberlândia*, v. 28, n. 1, p. 83-93, Apr. 2016.

KETTELHUT, J. T. S.; AMORE, L.; LEEUWESTEIN, J. M. A Experiência Brasileira de Implementação de Comitês de Bacias Hidrográficas. *Anais do Simpósio Internacional Sobre Gestão de Recursos Hídricos. Gramado, RS*, de 5 a 8 de outubro de 1998.

MACEACHREN, A. M.; KRAAK, M. J. Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, nº 28, p. 3-12. 2001.

MEIRELES, F.S. *Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas – Gvcia. 28ª edição.* São Paulo: FGV-EAESP, 2017.

SANTANA, S. A.; MOURA, A. C. M.; HUNGARI, R. O.; MOURA, M. M.; CAMPELLO, M. S. Modelagem de comunicação em WebGis para apoio à gestão da prospecção e extração de rochas ornamentais – Convênio Brasil & Itália. In: Pina, P.; Saraiva, J. e Bandeira, L. (Ed.). *Formação Avançada em Rochas Ornamentais e Geoprocessamento. Itália: Universidade de Bologna*, 2009. 224p. ISBN: 978-989-95079-7-5.

SIEBER, R. Public Participation and Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework. *Annals of the American Association of Geographers*, 96(3), 2006. pp. 491-507.

SIEBER, R. E. Rewiring for a GIS/2. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 39 (1), 2004. pp. 25-39.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software. Tradução: Selma Shin Shimizu Melnikoff, Reginaldo Arakaki, Edilson de Andrade Barbosa.* 8. ed. São Paulo: Person Addison-Wesley, 2007.

THAYER, R.; DORFMAN, M.. *System and Software Requirements Engineering-Second Edition.* Los Alamitos: IEEE Computer Society Press Tutorial, 2000. 528p.

VALASKI, J. *Derivação de requisitos funcionais a partir de descrições de domínio.* 2017. 186f. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2017.

VALASKI, J.; STANCKE, W.; REINEHR S.; MALUCELLI, A. Retrospective and Trends in Requirements Engineering through the WER. In: *Workshop em Engenharia de Requisitos (WER), Montevideo*, 2013a.

VALASKI, J.; STANCKE, W.; REINEHR S.; MALUCELLI, A. WER Overview: Retrospective, Trends and Relevance. *Clei Electronic Journal*, v.10, n.3, paper 3, 2013b.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.* Paris, UNESCO.

APÊNDICE 1

Quadro 03. Resultado da análise comparativa dos SIGWEB selecionados.

Sistemas Critérios	SIGA WEB	SIG GESTÃO	IGEO	CBH-PS WEB	SIGA WEB Guandu	Portal SIG- RHBG	SIG LAGOS SÃO JOÃO	SIGA RIO DAS VELHAS	SIG WEB	SIGAESA- WEB	SGDE	GEOEM
	Forma de acesso	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM
Layout	BOM	EXCELENTE	ÓTIMO	BOM	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	ÓTIMO	EXCELENTE	BOM	BOM
Quantidade de dados	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM
Qualidade de dados	BOM	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	BOM
Formato	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Ferramentas básicas de navegação	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	BOM	BOM	EXCELENTE
Autenticação de usuários	BOM	EXCELENTE	BOM	BOM	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	BOM
Acesso multiplataforma	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Consulta / entrada de coordenadas	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	BOM	EXCELENTE
Edição de dados	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Funções de geoprocessamento	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM
Funções extras	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Upload de arquivos	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Download de arquivos	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Serviços OGC	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Integração com mídias sociais	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

LEGENDA

EXCELENTE	ÓTIMO	MUITO BOM	BOM	RAZOÁVEL
-----------	-------	-----------	-----	----------

5.2 Estrutura de banco de dados espacial para a gestão hídrica

Resumo

Um dos requisitos essenciais para promover uma gestão de recursos hídricos eficiente é ter o conhecimento da dinâmica do território, ou seja, saber as necessidades dos diversos usuários, a capacidade de oferta e a velocidade de renovação das fontes naturais. Apenas com base nessas informações cruciais pode ser feita a proposição de marcos de regulação e a definição da capacidade de suporte (ou retirada) de cada bacia hidrográfica com segurança técnica. Considerando o elevado custo de construção de bases cartográficas em meio digital e a necessidade de envolvimento de mão de obra especializada na fiscalização de contratos de elaboração dos instrumentos de gestão previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos, o artigo apresenta uma proposta de modelo conceitual que pode ser aplicado para construção de bases cartográficas para subsidiar a gestão de bacias hidrográficas.

Palavras-Chave: modelo OMT-g; comitê de bacia hidrográfica - COBH; plano de bacia.

Abstract

One of the essential requirements to promote an efficient water resources management is to have the knowledge of the dynamics of the territory, that is, to know the needs of the diverse users, the capacity of supply and the speed of renewal of the natural sources. Only on the basis of this crucial information can the proposal be made for regulatory frameworks and the definition of support capacity (or withdrawal) of each river basin with technical safety. Considering the high cost of building cartographic databases in a digital environment and the need to involve specialized labor in the supervision of contracts for the elaboration of the management instruments foreseen in the National Water Resources Policy, the article presents a conceptual model proposal that can be applied to the construction of cartographic bases to support the management of hydrographic basins.

Keywords: OMT-g model; basin committee; basin plan.

1 Introdução

Os avanços tecnológicos e computacionais ocorridos nas últimas décadas têm facilitado a aquisição, a integração e a disponibilização de dados sobre o território e impulsionado o desenvolvimento de soluções para suporte à tomada de decisão associadas a bases de dados espaciais. Considerando apenas aspectos da cartografia digital, o uso de bases de dados unificadas reduziria o custo de desenvolvimento de aplicações e resolveria os problemas decorrentes do uso de bases distintas por diferentes usuários, mas o domínio das técnicas de geração de base cartográfica com qualidade ainda não é universal.

É comum o desconhecimento de novas geotecnologias pelas equipes responsáveis pela cartografia nos mais diversos órgãos e instituições. A falta de conhecimento técnico dos envolvidos na fiscalização de contratos de serviços cartográficos e de geoprocessamento pode acarretar diversos problemas nas bases cartográficas, podemos citar: erros de representação por excesso ou insuficiência de informações, problemas de projeção cartográfica, desatualização por uso de fontes de dados não adequadas, erros de topologia, problemas de semiologia gráfica ou até mesmo falha de interpretação de relacionamentos espaciais.

Assim como nas demais pastas de serviços públicos, a gestão hídrica também sofre as consequências pela ausência de dados espaciais de fácil acesso e com a qualidade requerida para diversos estudos técnicos. Segundo Franke e Bias (2016), o uso sistemático da geoinformação pela administração pública com vistas a subsidiar as ações do Estado ainda se encontra em um estágio muito incipiente no Brasil e a inexistência de dados de referência em escalas diversificadas contribui para a manutenção dessa realidade.

Em Pernambuco, no processo de organização espacial de informações para a gestão do território, a desatualização dos poucos dados espaciais que se encontram disponíveis é notória. Como principal saída para atendimento dessa demanda, as técnicas de geoprocessamento correspondem ao conjunto fundamental de procedimentos para aquisição, manipulação, armazenamento, combinação, análise, recuperação e representação dos elementos, fatos e fenômenos geográficos.

Partindo da hipótese que a disponibilização de uma base única para todas as bacias hidrográficas pode facilitar a construção de instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997) evitando redundâncias, concentrando esforços e minimizando o dispêndio de recursos; o artigo apresenta

uma proposta de modelo conceitual de uma base cartográfica para sistemas de informação geográfica de suporte a gestão hídrica.

2 Fundamentação Teórica

Também conhecidas por bases cartográficas ou bases geoespaciais, as bases de dados espaciais agregam conjuntos de dados de múltiplas fontes e com características variadas, identificados por seu posicionamento na superfície da Terra, com garantia de segurança e integridade dos dados envolvidos. Tais conjuntos são descritos, na sua dimensão espacial, em relação a um sistema geodésico de referência e, na sua dimensão descritiva, através de representações gráficas feitas em relação a um determinado sistema cartográfico de referência (BRASIL, 2010).

A estruturação de uma base cartográfica inicia-se pela definição dos dados espaciais que serão representados nos documentos cartográficos com separação dos dados gráficos e descritivos e tem como primeiro produto o modelo de dados conceitual.

No Brasil, as normas que regulamentam a produção e distribuição de dados espaciais digitais estão a cargo da Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, mas a adoção da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, instituída pelo Decreto Lei nº 6.666/2008, é que possibilita a homogeneização dos dados a partir de critérios técnicos que garantem a coerência da informação geográfica pela padronização, permitindo maior interoperabilidade, atualização e reutilização dos dados espaciais produzidos.

A INDE busca ordenar a geração, armazenamento, acesso, compartilhamento, divulgação e uso dos dados geoespaciais para permitir que diferentes aplicações computacionais desenvolvidas para uma mesma área de estudo possam utilizar a mesma base cartográfica de maneira integrada, mas sua adesão depende de mudanças na cultura de compartilhamento e disseminação de dados e informações, tanto nas esferas locais e regionais, como na nacional.

Para Mengatto Junior et al. (2015), a disseminação da internet elevou a demanda por uso dos dados espaciais. Antes, cada órgão, instituição ou empresa produzia sua própria base de dados para solucionar suas próprias necessidades, específica para a aplicação pretendida. Essa cultura tornou a confecção da base cartográfica a etapa mais crítica, longa e onerosa do desenvolvimento de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica - SIG.

A modelagem conceitual pode ser realizada a partir da abstração da realidade para atendimento de uma demanda temática específica, identificando as técnicas mais adequadas para levantamento de dados em campo de acordo com a precisão esperada e os recursos financeiros disponíveis, ou a partir do levantamento de necessidades dos usuários finais da base cartográfica.

De uma maneira geral a estruturação de uma base cartográfica pode ser realizada a partir de levantamentos cartográficos da área de interesse ou da compilação de bases de dados existentes analógicas (provenientes da cartografia convencional) ou digitais, mas para atendimento de uma demanda específica, como a gestão hídrica, requer conhecimentos multidisciplinares para garantir a completude de informações necessárias à temática em questão.

Ilescheck et al. (2016) destacaram a necessidade de conhecimento de conceitos, de normas e de especificações inerentes aos dados e às aplicações a que se destinam para realização da integração de dados espaciais oriundos de diversas fontes, tais como bases cartográficas de referência, bases temáticas, softwares, sistemas operacionais e bancos de dados distintos.

Por envolver as etapas de modelagem, coleta, conversão, armazenamento em banco de dados, manipulação e uso de dados espaciais, para garantir que os dados que constituirão uma base cartográfica digital possam ter acurácia e qualidade alguns cuidados precisam ser tomados durante o todo o processo de construção da base cartográfica. Segundo Alcântara (2011), é necessário a realização de etapas de revisão dos documentos cartográficos existentes, correção dos erros dos dados adquiridos e organização dos dados em um sistema gerenciador do banco de dados reforçando a importância do conhecimento técnico aprofundado para realização do trabalho.

3 Metodologia

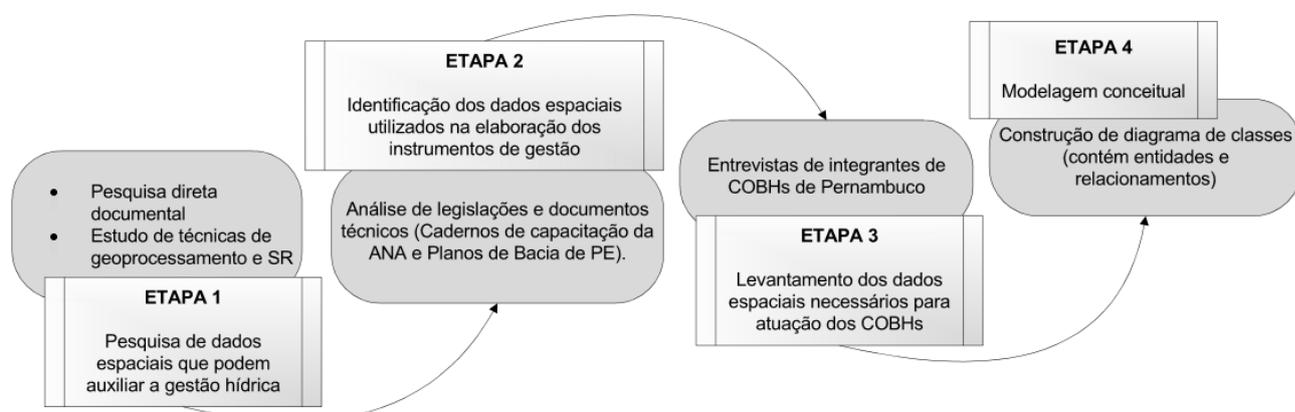
3.1 Procedimentos Metodológicos

Tendo em vista a complexidade envolvida no processo de modelagem conceitual de dados espaciais para gestão hídrica, foi desenvolvida uma metodologia buscando atender as demandas provenientes dos diferentes entes da gestão multinível prevista no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (BRASIL, 1997) e no Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Pernambuco – SIGRH-PE (PERNAMBUCO, 2005).

Em linhas gerais, o roteiro metodológico foi sistematizado em quatro etapas assim descritas (Figura 1):

- Etapa 1 - Pesquisa de dados espaciais que podem auxiliar a gestão hídrica: Realização de pesquisa direta documental de artigos científicos e estudo de técnicas do geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas à aquisição de dados para gestão hídrica.
- Etapa 2 - Identificação dos dados espaciais utilizados na elaboração dos instrumentos de gestão: Realização de análise de documentos técnicos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas - ANA que detalham a construção dos instrumentos de gestão e estudo das legislações federais e estaduais que definem os instrumentos de gestão hídrica.
- Etapa 3 - Levantamento dos dados espaciais necessários para atuação dos comitês de bacia: Aplicação de questionários em entrevistas com membros de COBHs de Pernambuco.
- Etapa 4 - Construção do modelo conceitual: Baseado nas primitivas da abstração de dados (classificação, generalização, agregação, associação) para extrair da realidade visualizada os dados espaciais que a representarão. O produto final da etapa é um esquema de dados com definição de formatos, relacionamentos e atributos, que não define o processo de implementação sendo, portanto, independente do software adotado para construção da base cartográfica.

Figura 1. Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.



3.2 Materiais

Para análise documental da etapa 1 foram utilizados artigos científicos selecionados a partir de pesquisas de publicações dos últimos cinco anos em periódicos e eventos de destaque na temática de aplicações de geotecnologias, tais como o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR (<http://www.dsr.inpe.br/biblioteca/>).

Para a etapa 2 foram consultados os planos de bacia existentes em Pernambuco e analisadas publicações da Série Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos. Publicada pela ANA como forma de conhecimento e divulgação dos instrumentos da gestão hídrica para fortalecimento e consolidação da PNRH, ela apresenta detalhes da construção desses instrumentos onde é possível identificar as similaridades do processo de construção dos mesmos.

Para a realização das entrevistas na etapa 3 foi criado um formulário eletrônico no *Google Forms*, ferramenta gratuita do Google®. E por fim, a construção do diagrama de classes referente à modelagem conceitual na etapa 4 foi realizada utilizando o programa computacional Microsoft® Office Visio® com a extensão OMT-G disponibilizada no endereço <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~clodoveu/DocuWiki/doku.php?id=omtg>>.

4. Resultados e Discussão

4.1 Pesquisa de dados espaciais que podem auxiliar a gestão hídrica

Seguindo as diretrizes gerais de ação para implementação da PNRH (BRASIL, 1997), temos que a gestão de uma bacia hidrográfica deve ser: sistemática, não dissociando dos aspectos de qualidade de quantidade de água disponível; adequada às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais locais; integrada à gestão ambiental, dos sistemas estuarinos e zonas costeiras; e articulada com a gestão do uso do solo e com os planejamentos regional, estadual, nacional e dos setores usuários demandantes. Para tanto, o entendimento do balanço hídrico da bacia hidrográfica é necessário. A quantificação do recurso disponível com base na análise de fluxo dos componentes do ciclo hidrológico (evaporação, precipitação, infiltração, percolação e escoamento) garante maior eficácia no planejamento de ações para atendimento das múltiplas demandas.

Técnicas como a identificação dos usos da água e do solo, identificação da cadeia produtiva instalada na bacia, mapeamento das vulnerabilidades dos

ecossistemas e da biodiversidade existentes, análises de modelos digitais de elevação e terreno e cálculo de áreas de influência de pontos amostrais são apenas alguns exemplos que podem ser aplicadas com o uso de variáveis biofísicas e/ou híbridas provenientes de técnicas de Sensoriamento Remoto - SR que apoiam a tomada de decisão na gestão hídrica.

Sendo assim, para pesquisar os dados espaciais que podem auxiliar a gestão hídrica, os conteúdos e objetivos dos instrumentos de gestão previstos na PNRH foram correlacionados com variáveis biofísicas (relacionadas diretamente às informações biológicas e/ou físicas coletadas dos alvos) e híbridas (criadas pela análise sistemática de mais de uma variável biofísica) passíveis de serem coletadas ou modeladas por Sensoriamento Remoto. O Quadro 1 apresenta o resultado da análise e com a seleção das variáveis envolvidas no processo de gestão e identificáveis por SR.

Quadro 1. Seleção de variáveis biofísicas e híbridas por instrumento de gestão previsto no PNRH. Fonte: Autores.

INSTRUMENTOS PNRH	CONTEÚDO / OBJETIVOS	VARIÁVEIS BIOFÍSICAS E/OU HÍBRIDAS ENVOLVIDAS NO PROCESSO E IDENTIFICÁVEIS POR SR
Planos de Recursos Hídricos	diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; evapotranspiração; umidade do solo; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria.
	análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo.
	balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); evapotranspiração; uso do solo; área; morfometria.
	metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; evapotranspiração; umidade do solo; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
	medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo; área; morfometria.
	prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo; área; morfometria.
	diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo.
	propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo.

Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água	assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; evapotranspiração; umidade do solo; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
	diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos	derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo; área; morfometria.
	extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo; área; morfometria.
	lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
	aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo; área; morfometria.
	outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; evapotranspiração; umidade do solo; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
Cobrança pelo uso de recursos hídricos	nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo; área; morfometria.
	nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; evapotranspiração; umidade do solo; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.
	atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); uso do solo.
	fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.	controle de posicionamento (x, y e z); nível topográfico/batimétrico (z); temperatura da superfície; evapotranspiração; umidade do solo; uso do solo; turbidez; cor; matéria orgânica dissolvida; óleos; pigmentos clofilados; concentração de detritos; sedimentos em suspensão; área; morfometria; estresse, estrutura e altura do dossel da vegetação; biomassa; índice de área foliar.

No Brasil, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento fundamenta a PNRH e é através dessa perspectiva territorial que indicadores de gestão se tornam perceptíveis a ponto de servir de base para acompanhamento das políticas públicas. Considerando que o espaço geográfico da bacia é o território onde

ocorrem todos os recursos naturais, ações e atividades que devem ser observados na gestão hídrica, as variáveis biofísicas e/ou híbridas do Quadro 1 foram selecionadas como dados espaciais que podem auxiliar subsidiando a construção/manutenção dos referidos instrumentos de implementação da PNRH previstos na Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997).

Sabendo que o uso das técnicas de geoprocessamento e de Sensoriamento Remoto, integradas aos Sistemas de Informação Geográfica, têm permitido a análise de fenômenos cada vez mais complexos, antes inalcançáveis pela análise cartográfica tradicional, buscou-se complementar a pesquisa de dados espaciais desta etapa identificando metodologias a serem aplicadas para obtenção das variáveis selecionadas. Pesquisando publicações científicas recentes foi possível analisar detalhadamente os procedimentos, técnicas e metodologias que vem sendo aplicados para aquisição de dados de SR relacionados a gestão de recursos hídricos. Foi realizada uma filtragem dos resultados obtidos considerando a gestão em um contexto simulado para uma bacia hidrográfica com limitação de recursos, disponibilidade de mão de obra pouco especializada e carência de equipamentos e softwares, que identificou as metodologias passíveis de implementação para obtenção das variáveis selecionadas (Quadro 1) considerando o contexto de gestão exposto. Os procedimentos e técnicas sugeridos para implementação estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2. Seleção de técnicas para cálculo/inferência de variáveis biofísicas e/ou híbridas a partir de dados de Sensoriamento Remoto. Fonte: Autores.

VARIÁVEIS BIOFÍSICAS E/OU HÍBRIDAS	SISTEMA SENSOR (exemplos)	TÉCNICA	REFERÊNCIA DESTACADA
controle de posicionamento (x, y e z)	GNSS	Uso de dados GNSS como referência para controle geodésico de outros produtos de SR.	Cervi et al. (2013)
nível topográfico/batimétrico (z)	GNSS, Aerofotogrametria, SRTM, IFSAR (Radar Interferométrico de Abertura Sintética), SONAR, LIDAR	Geração de MDE a partir da execução de processos automatizados.	Ferreira et al. (2012)
temperatura da superfície	infravermelho termal	Conversão matemática dos valores de níveis de cinza da banda do infravermelho termal de imagens de SR em radiância espectral, e conversão da radiância em temperatura.	Pires e Ferreira Jr (2015)
evapotranspiração	Landsat/ SRTM	Aplicação de algoritmo matemático para cálculo de fluxo de calor latente com posterior conversão em evapotranspiração real.	Dantas et al. (2015)

umidade do solo	sensores multiespectrais tais como: ASTER, NOAA, SPOT Vegetation e MODIS	Modelagem a partir da análise multitemporal de imagens multiespectrais.	Maffra e Centeno (2016)
uso do solo	Aerofotogrametria, SRTM, sensores multiespectrais	Classificação semiautomática com uso de segmentação.	Alves e Conceição (2015)
turbidez	sensores multiespectrais	Inferência de variáveis com base em respostas espectrais.	Lopes et al. (2014)
cor/transparência	sensores multiespectrais	Inferência de variáveis com base em respostas espectrais.	Lopes et al. (2014)
matéria orgânica dissolvida	sensores multiespectrais	Aplicação de classificação supervisionada para detecção e análise de reflectância espectral para inferências qualitativas.	Locatelli et al. (2013)
óleos	SAR (Radar de Abertura Sintética), sensores multiespectrais e hiperespectrais	Aplicação de classificação supervisionada para detecção e análise de reflectância espectral para inferências qualitativas.	Locatelli et al. (2013)
pigmentos clofilados	sensores multiespectrais	Modelos empíricos que associam dados de espectralradiômetros ou imagens de satélites, com medidas de concentração de clorofila por meio de modelos estatísticos.	Silva et al. (2017)
concentração de detritos	sensores multiespectrais	Inferência de variáveis com base em respostas espectrais.	Lopes et al. (2014)
sedimentos em suspensão	sensores multiespectrais	Inferência de variáveis com base em respostas espectrais.	Lopes et al. (2014)
área	Aerofotogrametria, SRTM, LIDAR, sensores multiespectrais	Extração de limites com o uso de ferramentas automáticas de análise de modelos digitais de elevação.	Nicolete et al. (2015)
morfometria	Aerofotogrametria, SRTM, LIDAR, sensores multiespectrais	Extração de limites com o uso de ferramentas automáticas de análise de modelos digitais de elevação.	Nicolete et al. (2015)
estresse hídrico	sensores multiespectrais	Cálculo de indicador de estresse hidrológico por meio da combinação dos parâmetros razão de uso dos recursos hídricos e vulnerabilidade às mudanças climáticas	Silva et al. (2011)
estrutura e altura do dossel da vegetação	sensores multiespectrais	Cálculo de Índices de vegetação e uso de classificação de imagens multiespectrais.	Abreu e Coutinho (2014)
biomassa	Aerofotogrametria, LIDAR, RADARSAT, IFSAR	Classificação não supervisionada da topografia.	Celes et al. (2013)
índice de área foliar	ceptômetro, sensores multiespectrais	estimativa com base na radiação PAR (radiação fotossintética ativa) transmitida através do dossel e da radiação incidente acima do dossel	Alvares et al. (2015)

A análise das referências apresentadas no Quadro 2 demonstra que com o apoio das geotecnologias, informações sobre escoamento superficial, evapotranspiração, distribuição espacial das chuvas, cobertura florestal e análise de vegetação para recomposição de áreas de proteção permanente podem ser geradas com precisão e agilidade de modo a subsidiarem tomadas de decisão no planejamento de ações referentes à gestão hídrica do território.

4.2 Identificação dos dados espaciais utilizados na elaboração dos instrumentos de gestão

Democratizando a gestão, a PNRH compartilha o poder de decisão com diversos atores e aponta a necessidade de uma política integrada entre os corpos d'água e as terras que os circundam, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade integradora. A Lei 9.433/1997 também apresenta os instrumentos que devem ser usados para viabilizar a implantação da política, são eles: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a compensação aos municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos - SIRH.

Em Pernambuco, a Lei Estadual nº 12.984/05 (PERNAMBUCO, 2005) considera como instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos todos os previstos pela Política Nacional, com exceção da compensação a municípios, e acrescenta ainda os seguintes instrumentos: a fiscalização do uso de recursos hídricos e o monitoramento dos recursos hídricos. A Figura 2 apresenta a inter-relação entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos definidos na legislação do Estado.

Figura 2. Relacionamento entre os instrumentos da PERH -PE. Fonte: Autores.



Como apresentado em BRASIL (2016), os dados que integram os Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos, nacional, estaduais e das bacias hidrográficas devem subsidiar a construção e aplicação dos demais instrumentos de gestão, que por sua vez devem alimentar os SIRHs com seus dados e informações oriundos de seus processos de implementação. Essa troca de informações constitui uma teia

contínua de retroalimentação, fundamental ao processo de tomada de decisão, sobretudo pelos órgãos integrantes do SINGREH, e à boa gestão dos recursos hídricos.

Esse repasse de dados e informações deixa claro que as construções dos diferentes instrumentos de gestão possuem processos em comum que se bem planejados podem ser unificados reduzindo custos de aquisição, tempo de produção, esforços de análise e necessidade de mobilização dos atores envolvidos.

A outorga dos direitos de uso, cobrança, fiscalização e o monitoramento dos recursos hídricos são instrumentos essencialmente informativos que podem ser representados espacialmente por localizações pontuais de ocorrência associadas a informações descritivas específicas de cada instrumento, ou seja, não precisam essencialmente ser trabalhados em sistemas de informação geográfica, podendo ser implementados sob a forma de cadastros em bancos de dados descritivos para posterior integração à uma base cartográfica. Dessa forma, para esses instrumentos são identificados como dados espaciais: a localização dos pontos de captação a serem outorgados e cobrados, a localização dos pontos de denúncia a serem fiscalizados e a localização dos pontos de coleta de dados para monitoramento dos cursos d'água, todos associados a dados alfanuméricos que descrevem e caracterizam as ações.

Os planos de bacia e o enquadramento de corpos d'água são instrumentos que possuem um caráter de planejamento da gestão. Enquanto o plano de bacia estabelece metas e soluções de curto, médio e longo prazos para os problemas da bacia relacionados à água, o enquadramento representa o estabelecimento da meta de qualidade da água a ser alcançada, ou mantida, em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos pretendidos, segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

Entretanto, ambos devem ser elaborados levando em conta os interesses sociais, econômicos, políticos e ambientais, que devem ser negociados e compromissados nos comitês de bacia e nos conselhos de recursos hídricos (BRASIL, 2012).

O relatório Governança dos Recursos Hídricos no Brasil (OECD, 2015) aponta a existência de muitos planos de recursos hídricos, em geral mal coordenados e de fraca efetividade na prática, devido à falta de capacidade tanto de implementação quanto de financiamento. Outra dificuldade inerente à elaboração desse instrumento

é a existência de um longo intervalo entre a preparação/aprovação do termo de referência e o efetivo início da etapa de diagnóstico da bacia hidrográfica, que pode implicar diretamente na descontinuidade da participação e na falta de “fôlego” dos atores envolvidos no processo durante a reta final do documento.

Diante do exposto, analisando informações disponibilizadas no site da ANA e da APAC, participando do processo de elaboração do enquadramento dos cursos de água da Bacia do Rio Ipojuca-PE, e estudando os planos hidroambientais dos Rios Capibaribe e Ipojuca, e demais planos existentes na área da Bacia do rio Capibaribe (SILVA e SILVA, 2014) foram identificados os dados espaciais utilizados na elaboração dos instrumentos de gestão. O Quadro 3 sintetiza os resultados apresentando os planos de informação, com representação geométrica na base cartográfica, organizados por classes de informações e o Quadro 4 apresenta os dados descritivos a serem incorporados a base de dados espaciais com representação temática, organizados por classes de indicadores.

Quadro 3. Planos de Informação relativos aos dados espaciais utilizados na elaboração dos instrumentos de gestão. Fonte: Autores.

Classes de Informação	Planos de Informação	Representação Geométrica
Limites	Limite estadual	Polígono
	Limite da bacia hidrográfica	
	Mesorregiões	
	Municípios	
Meio Físico	Classificação de uso do solo	Raster
	Temperatura	
	Umidade Relativa	
	Evapotranspiração	
	Precipitação	Polígono
	Geologia	
	Estações pluviométricas	Ponto
	Recursos minerais	Polígono
	Províncias Minerais	
	Hipsometria	Raster
	Declividade	
	Solos	Polígono
Aptidão agrícola		
Meio Biótico	Biomassas	Polígono
	Cobertura vegetal e Biodiversidade	
	Nascentes	Ponto
	Rios	Linhas
Áreas reguladas por legislação específica	Unidades de Conservação (UC)	Ponto/ Polígono
	Terras Indígenas	

	Quilombolas	
	Áreas de preservação permanente (APP)	Polígono
	Áreas prioritárias para conservação	
Aspectos gerenciais	Unidades de Análise	
Aspectos hídricos quantitativos	Estações Fluviométricas	Ponto
	Seções de controle do balanço hídrico	
	Reservatórios	Polígono
	Aquíferos	
	Poços	Ponto
Estado da rede de abastecimento de água		
Aspectos hídricos qualitativos	Fontes poluidoras	Ponto
	Destino dos resíduos sólidos	
	Pontos de monitoramento	
Áreas vulneráveis	Ocorrência de eventos de seca	Polígono
	Ocorrência de eventos de inundação	

Quadro 4. Planos de Informação relativos aos dados espaciais utilizados na elaboração dos instrumentos de gestão. Fonte: Autores.

Classes de indicadores	Dados descritivos com representação gráfica
Populacionais	População residente, Densidade demográfica, Estrutura etária, Taxas de urbanização, de crescimento da população, de envelhecimento, de dependência, de fecundidade total, de mortalidade infantil e de esperança de vida ao nascer.
Econômicos	PIB, PIB per capita, Taxa de crescimento do PIB, Composição da contribuição ao PIB, População ocupada no mercado formal e informal, salário médio mensal, Empregados e estabelecimentos por setor de atividade econômica, Estrutura produtiva, principais atividades produtivas, área cultivada e Participação do PIB municipal no PIB Estadual.
Sociais	Índice de desenvolvimento humano, Pobreza, Índice de desigualdade social, Renda per capita.
Saúde pública	Índice de vulnerabilidade, índices dos recursos e serviços de saúde, indicadores de doenças de veiculação hídrica, fontes de abastecimento de água, tipo de esgotamento sanitário,
Educação	Taxas de escolarização e de analfabetismo, grau de escolaridade completa, índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB)
Hídricos	Disponibilidade a fio de água, vazões de regularização, vazões de transferência, volume dos reservatórios, caracterização das demandas de retirada dos reservatórios, Relação demanda x disponibilidade, estimativa de carga poluente para DBO, N e P (origem e total de carga anual), parâmetros de monitoramento da qualidade (índice de estado trófico, OD, DBO, coliformes termotolerantes).

4.3 Levantamento dos dados espaciais necessários para atuação dos comitês de bacia

Os mecanismos cada vez mais ágeis e de uso simplificado da internet tem possibilitado à sociedade distribuir, receber, armazenar e manipular um maior número de dados remotamente e tem aumentado a demanda por essas informações nos mais diversos setores da sociedade, principalmente por órgãos gestores federais, estaduais e municipais, instituições de pesquisa, organizações não governamentais, além de conselhos e comitês (DA PENHA et al., 2012).

De acordo com Jerônimo Sales et al. (2013), a função legal deste colegiado é articular a política de recursos hídricos com a política ambiental, socioeconômica e de uso do solo, entre outras, visando à utilização dos recursos naturais da bacia hidrográfica de forma sustentável, além de trazer para o debate os movimentos sociais com poder de decisão.

Sendo assim, com o objetivo de entender o nível de conhecimento dos representantes integrantes de COBHs no Estado, levantar características do uso e compartilhamento de informações e identificar dados espaciais de interesse para a gestão hídrica foi realizada uma pesquisa baseada em entrevistas realizadas nos meses de abril e maio de 2018. Para direcionar as entrevistas foi formulado um questionário utilizando o aplicativo gratuito *Google Forms* disponível na plataforma Google na internet.

Para possibilitar o conhecimento da amostra e levantar as necessidades dos usuários integrantes de comitês de bacia em termos de comunicação e conhecimento do território da bacia hidrográfica, o questionário foi formulado com 17 perguntas em três blocos, sendo 16 de múltipla escolha e apenas uma questão aberta.

O primeiro bloco contempla questões relativas a identificação de características dos entrevistados para traçar um perfil socioeconômico dos membros dos comitês. O segundo apresenta perguntas relativas a perspectiva pessoal quanto à comunicação e à sua participação no comitê para identificar experiências relativas ao processo de participação. E o terceiro bloco contém questões que abordam o conhecimento acerca de características da bacia hidrográfica com o objetivo de analisar a capacidade dos membros dos comitês quanto à experiência, conhecimento e qualidades individuais.

O Estado de Pernambuco possui 07 comitês de bacia hidrográfica ativos em seu território: Metropolitano Norte, Metropolitano Sul, Pajeú, Una, Ipojuca, Goiana e Capibaribe. De acordo com a Lei Estadual nº 14.028/2010, eles são compostos por

no mínimo 20% e no máximo a 40% de membros representantes dos poderes executivos da União, do Estado e dos municípios, 40% de representantes usuários das águas da bacia e, no mínimo 20% e no máximo a 40%, de representantes da sociedade civil.

Consultando o site da APAC verificamos que juntos os comitês pernambucanos somam 215 assentos nos parlamentos, mas atualmente apenas no Comitê do Rio Ipojuca a totalidade dos espaços está ocupada, nos demais existe ao menos um assento vago. Diante dessa informação e considerando prazo para finalização da pesquisa, tempo e custo de descolamento para realização das entrevistas e dificuldade de contato com todos os membros eleitos, a amostra para realização das entrevistas incluiu todos os membros titulares integrantes das diretorias dos COBHs pernambucanos e todos os membros integrantes do COBH Capibaribe, escolhido por ser o parlamento mais atuante e sua bacia apresentar uma peculiar diversidade de oferta hídrica no território, apresentar características econômicas distintas ao longo do seu trajeto e englobar a capital do estado. Foi elaborada uma amostra com 59 membros e em menos de 10% dos casos não foi possível a realização da entrevista. A Tabela 1 apresenta a distribuição da amostra e características dos comitês de bacias hidrográficas.

Tabela 1. Comitês de Bacia estudados.

Comitê	Ano de criação	Área (km ²)	% de PE	Total de municípios	Nº de assentos	Nº de membros	Amostra
Capibaribe	2007	7.454,88	7,58	42	45	38	41
Goiana	2004	2.847,53	2,90	26	30	28	3
Ipojuca	2002	3.435,34	3,49	25	30	30	3
Metropolitano Norte	2015	1.364,39	1,39	13	30	25	3
Metropolitano Sul	2012	159,73	0,16	9	30	28	3
Pajeú	2000	16.685,63	16,97	27	25	21	3
Una	2002	6.740,31	6,37	42	25	24	3

Prioritariamente as entrevistas foram realizadas com os membros titulares dos assentos nos comitês, mas para não deduzir a diretoria do COBH Capibaribe do número total da amostra, nesse caso, foram consultados os membros titulares e suplentes. Além desses, houveram poucos casos de substituição de membros

titulares por suplentes, 06 no total, substituídos somente quando o membro titular estava indisponível ou recusava a entrevista.

Apresentando o resultado sintetizado por bloco de perguntas, no Bloco 1 de Identificação foram apresentadas as seguintes perguntas:

- Você é membro de qual comitê de bacia?
- É representante de qual segmento?
- Qual sua faixa etária?
- Qual seu nível de escolaridade?

Do total de entrevistados 69,8% (37 membros) pertencem ao COBH Capibaribe, os demais comitês tiveram baixo percentual por inclusão apenas das diretorias dos mesmos. A distribuição da amostra por segmento ultrapassou um pouco a configuração prevista em lei para os comitês pernambucanos com 49,1% (26) de representantes do poder público, 26,4% (14) de instituições civis e 24,5% (13) de representantes de usuários da água.

Os membros dos comitês de bacia estudados têm média alta de idade, já que 32,1% (17) dos entrevistados têm idade maior que 60anos, 37,8% (20) estão na faixa de 45 a 59 anos, 11,3% (6) estão na faixa de 35-45 anos, 17% (9) estão na faixa de 25-35 anos e apenas 1 entrevistado declarou ter menos que 25 anos.

Quanto ao nível de escolaridade 35,8%(19) declararam ter concluído alguma pós-graduação, 47,2 (25) possuem nível superior completo, 9,4% (5) têm ensino médio completo, 5,7%(3) possuem fundamental completo e apenas1 (1,9%) estava com nível superior incompleto.

No Bloco 2 para traçar o perfil dos entrevistados foram realizadas as seguintes perguntas:

- Qual equipamento preferencialmente você usa para acessar a internet?
- Qual rede social você preferencialmente utiliza?
- Qual sua principal forma de comunicação com os demais membros do Comitê?
- Identifica alguma dificuldade para se reunir com o comitê?
- Existe algum apoio para participar ativamente das reuniões do Comitê?

A preferência de equipamentos para acessar a internet ficou equilibrada, 39,6% (21) escolheram o telefone móvel (celular), 37,7% (20) escolheram o computador, 9,4% (5) escolheram o notebook, 11,3% (6) declararam que dependendo do uso

escolhem o celular ou o computador e apenas 1 declarou que não dispõe de nenhum equipamento para acesso à internet no momento.

Conforme esperado devido à grande mobilização de comitês em páginas do Facebook, esta foi a rede social de maior preferência por 60,4% (32) dos entrevistados, em segundo lugar está o Instagram com 13,2% (7) de preferência, mas um expressivo número de 22,6%(12) declaram que não utilizam redes sociais.

A maioria dos membros integrantes de comitê, 60,4% (32), destacam o correio eletrônico (email) como principal forma de comunicação com os demais membros do comitê, 26,4% (14) utilizam principalmente o *whatsapp*, 9,4% (5) usam chamada telefônica a partir de telefone pessoal e 1 entrevistado destacou que se comunica apenas a partir de chamada telefônica a partir de telefone de contato (orelhão, órgão público).

Quando questionados se identificam dificuldade para participar de reuniões do comitê todas as opções colocadas tiveram ao menos 5 votos, com maior percentual de escolha, as dificuldades de custo para deslocamento, tempo para deslocamento e a dificuldade para se afastar em função de outros compromissos pessoais tiveram praticamente o mesmo número de citações pelos entrevistados; 26, 25 e 27, respectivamente. Do número total, apenas 18,9% (10) declararam que não possuem nenhuma dificuldade nesta questão.

Sobre o apoio à participação, o número mais expressivo foi relativo à disponibilidade de veículo da APAC com 47,2%(25). Também foram citados, com fraca representatividade, outros fatores: positivamente, disponibilidade de diária, vale-refeição, reembolso/fornecimento de combustível, taxi e carona; e negativamente foram citados, a falta de apoio da APAC, o baixo valor da diária repassada, quando disponível, e a falta de apoio dos municípios.

Por fim, no Bloco 3 foram apresentadas as seguintes questões sobre o conhecimento da bacia na perspectiva do entrevistado:

- Você conhece o território (limite espacial) da Bacia Hidrográfica?
- Você sabe quais os municípios integrantes da Bacia Hidrográfica?
- Conhece as características de solo e potencial agrícola da Bacia? Em que nível?
- Conhece as características da vegetação (mata ciliar, biodiversidade, matas preservadas) da Bacia? Em que nível?

- Quais os riscos e pontos de poluição existentes na Bacia?
- Você acompanha os dados de qualidade/quantidade de água disponível na Bacia?
- Que informações auxiliariam nas reuniões do COBH?
- Quais os principais problemas a serem tratados pelo Comitê de Bacia?

Na primeira questão, os resultados são positivos com 30,2%(16) dos entrevistados declarando que conhecem totalmente o limite espacial da bacia hidrográfica que representam e 35,8%(19) que conhecem parcialmente este limite, mas 32,1%(17) informaram que não conhecem e 1 escolheu a opção talvez.

Para conhecimento da realidade da bacia é importante saber que municípios ela engloba, nesta questão 43,4%(23) declararam que sim, conhecem; 30,2%(16) afirmaram que não conhecem e 26,4%(14) disseram que talvez conheçam.

As duas perguntas na sequência foram feitas com o intuito de avaliar o nível de conhecimento em áreas temáticas de grande envolvimento com a gestão hídrica. A primeira mostrou que quase a totalidade dos entrevistados 83,1%(44) afirmam não ter muito conhecimento em relação às características de solo e potencial agrícola sobre a área total da bacia, mas em nível local e regional (município) esse percentual cai (47,2% e 56,6%, respectivamente) e aumentando o número dos que declaram ter algum conhecimento ou conhecimento detalhado da temática em nível local e regional. Na questão sobre as características da vegetação os resultados são bem semelhantes, mas o número absoluto dos entrevistados que declaram que não sabem muita informação é um pouco menor que no quesito anterior. O resultado mostra que aumenta o número de entrevistados que afirmaram ter algum conhecimento ou conhecimento detalhado da vegetação na área da bacia, principalmente nos níveis local e regional.

Com relação às riscos e pontos de poluição existentes, todas as opções colocadas foram marcadas como problemas existentes nas bacias hidrográficas: Despejo de esgoto das casas com 96,2% (51); Despejo/acúmulo de lixo com 98,1%(52); Existência de cocheiras de criação de animais (pocilgas) com 58,5%(31); Empreendimentos industriais com 71,7%(38) e Erosões 32,1%(17). Outros problemas também foram citados: matadouros, usinas, lavanderias/curtumes, extração de areia/mineração, uso de agrotóxicos, ocupação irregular das margens, contenções do leito do rio, falta de efetividade da política de resíduos sólidos, desmatamento de

vegetação de APP/mata ciliar, empreendimentos clandestinos, desmatamento para pasto, criatórios de camarões e queimadas de canaviais.

Quando questionados se acompanham os dados de qualidade e quantidade de águas nas bacias 7,5%(4) escolheram a opção “Não, não sinto necessidade de acompanhar”; 22,6%(12) afirmaram que não, mas que saberiam onde conseguir a informação se precisassem; 78,26%(18) escolheram a opção “Não, não sei onde obter essas informações”; e 35,8%(19) responderam que sim, mas desse número, apenas 5 entrevistados afirmaram que acompanham nas reuniões do comitê, os demais apresentaram diferentes fontes de informação, entre elas APAC, Compesa e imprensa.

Sobre as informações que auxiliariam nas reuniões do comitê, as opções colocadas também foram expressivamente reconhecidas como necessárias para apoiar discussões dos COBHs: localização de empreendimentos com 94,3%(50), localização de áreas de plantio 90,6%(48) e localização de reservatórios 92,5%(49). Além destas também as seguintes informações também foram citadas como necessárias: dados de abastecimento público (compesa, eta); monitoramento da vazão ecológica; localização das escolas; localização dos empreendimentos que possuem licença ambiental; autorizações de mineração, pontos de análise da água, assentamentos, locais de assoreamento, contaminações, localização das áreas urbanas, unidades de conservação, dados de vegetação, localização das fontes poluidoras (despejos de efluentes) e pontos de captação, , área perene/intermitente do rio, qualidade da água, cacimbas e captações (superficiais e subterrâneas), cadastro de usuários, locais de criação de peixes em tanques rede, usinas, nascentes, localização das áreas vulneráveis e áreas de recuperação, ações dos municípios a favor do rio, ocupações irregulares, localização de contenções, monitoramento frequente dos pontos de poluição, monitoramento pluviométrico, fluviométrico e nível de barragens, dados de qualidade e quantidade (volume de água nos rios); comunicação mais efetiva e informativa (considerando que são poucas reuniões anuais) e a disponibilização de um sistema de informações geográfica como o SIG CABURÉ.

A última pergunta da entrevista, no formato de questão aberta, possibilitou uma conversa não direcionada com os entrevistados. Agrupando as respostas por similaridade temos que os entrevistados apontam como principais problemas a serem tratados pelos comitês: a necessidade de aquisição e/ou acesso aos dados citados

na questão anterior; a participação na implementação dos instrumentos de gestão (seja na elaboração ou na aprovação dos mesmos); a participação ativa no controle da poluição/degradação ambiental; a busca de solução para conflitos locais rotineiros; a falta de integração entre os membros que proporcione uma visão da bacia de forma integrada tirando o foco das demandas de interesses particulares; a falta de comunicação entre os membros do comitê; a expansão de parcerias com os municípios e a falta de mobilização social com ações de educação ambiental e divulgação dos comitês.

Os resultados apresentados foram baseados na percepção dos membros e refletem a realidade geral do conjunto de comitês de Pernambuco, sendo que as características específicas podem variar nos comitês que tiveram menor número de entrevistados na amostra. Em alguns casos por exemplo, as diferenças podem ser evidenciadas apenas pela diferente composição dos comitês. É importante notar, também, que a amostra não é representativa para o universo de comitês de bacia no Brasil.

4.4 Construção do modelo conceitual

A partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores foi realizada a modelagem conceitual de uma base cartográfica para gestão de uma bacia hidrográfica. Para representação do diagrama de classes foi escolhido o modelo de dados OMT-G (*Geographic Object Modeling Technique* – Técnica de Modelagem de Objeto Espacial), adotado pela CONCAR para padronizar as estruturas de dados geoespaciais vetoriais oficiais de referência na ET- EDGV 3.0 (BRASIL, 2017).

No Microsoft® Office Visio® as formas (elementos gráficos do modelo) são programadas para funcionar de maneiras bastante específicas, de acordo com o método de modelagem escolhido. Para a representação de objetos espaciais, foi utilizada uma extensão do OMT-G para o VISIO. Ferramenta bastante simples que garante a representação de todos os elementos passíveis de serem inseridos no modelo e de seus relacionamentos de associação, agregação, cardinalidade e generalização.

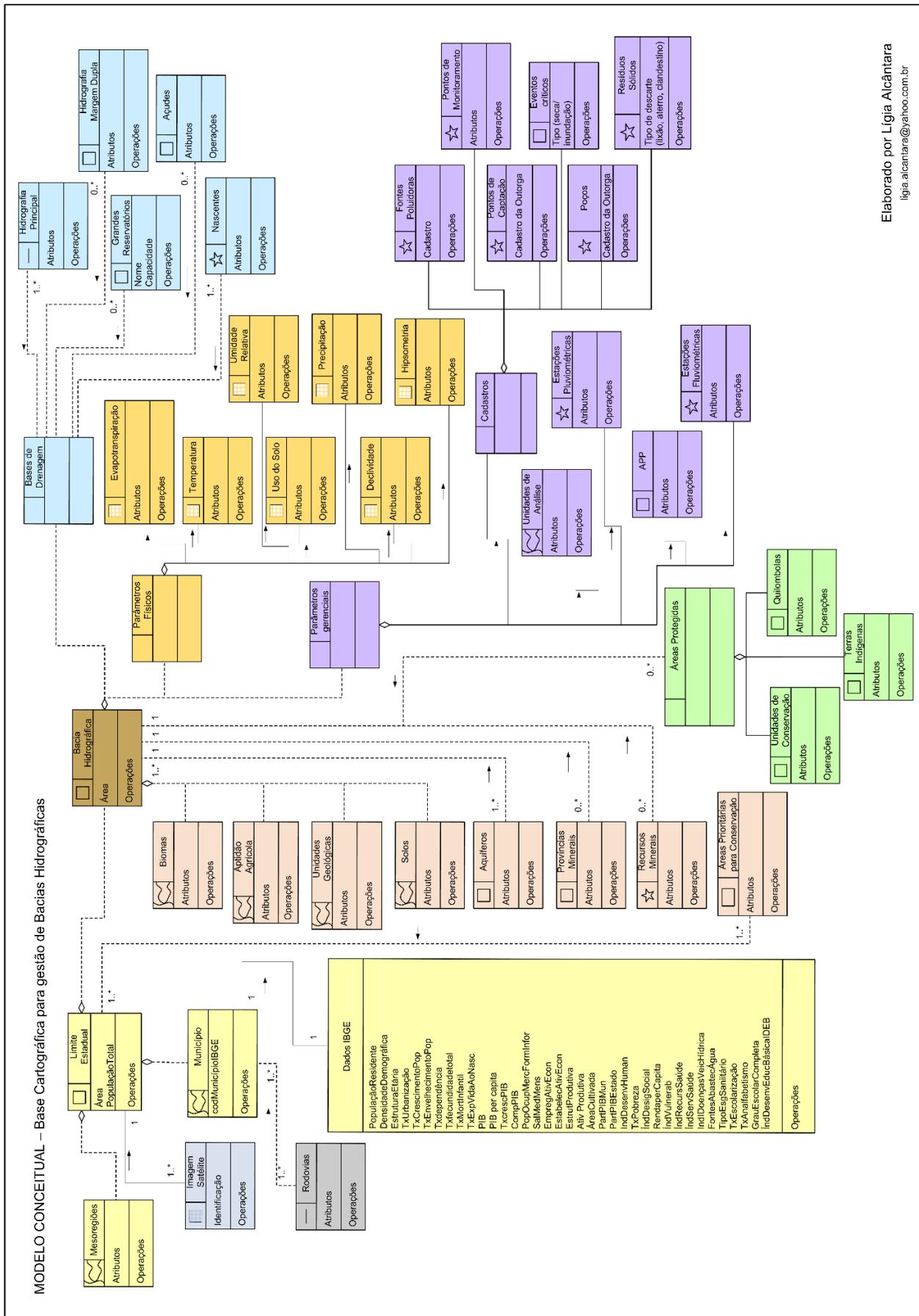
O modelo OMT-G alia conceitos de orientação a objetos e fornece primitivas para modelar a geometria e a topologia dos dados espaciais descrevendo a estrutura e o conteúdo de uma base cartográfica. Para isso é baseado em três conceitos principais: classes, relacionamentos e restrições de integridade espacial. Sendo assim, para elaboração do modelo, os dados espaciais selecionados nas etapas

anteriores foram identificados como classes distintas do tipo convencional (classes não espaciais que armazenam atributos que descrevem as propriedades, comportamentos, relacionamentos e semântica) ou georreferenciadas (classes de objetos que possuem representação espacial).

As classes ditas como georreferenciadas posteriormente foram identificadas quanto ao tipo de representação espacial a ser adotado. As classes de representação contínua no espaço (geo-campos) foram subdivididas em isolinhas, subdivisão planar, tesselação, amostragem e malha triangular. Já as classes de representação discreta foram subdivididas em geo-objetos com geometria do tipo ponto, linha ou polígono e geo-objetos com geometria e topologia do tipo linha unidirecional, linha bidirecional ou nó de rede.

Por fim todas as classes definidas foram adicionadas ao diagrama acrescentando as restrições de integridade e os relacionamentos espaciais para fechamento do modelo conceitual. A figura 3 apresenta o produto resultante da etapa de modelagem.

Figura 3. Diagrama de classe gerado no Microsoft® Office Visio®. Fonte: Autores.



Todos os elementos do modelo têm significado na estrutura da base cartográfica proposta e destacam além da representação geométrica de cada dado isolado, as relações de cardinalidade, associação e agregação existentes entre eles. A cardinalidade representa o número de instâncias de uma classe que pode estar associada a uma instância de outra classe. As associações simples entre as classes podem ser usadas para agregar classes em temas e são representadas graficamente com linhas contínuas, enquanto que as associações com relacionamentos espaciais são representadas no modelo por linhas pontilhadas.

A agregação é uma forma especial de associação entre elementos, onde se considera que um é montado a partir de outros. No diagrama gerado a agregação foi utilizada para denotar a relação de especialização onde a partir de determinada classe mais genérica (superclasse) é formada por classes mais específicas (subclasses).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na pesquisa de dados espaciais que podem auxiliar a gestão hídrica buscou-se apresentar resultados em um contexto simulado para uma bacia hidrográfica com limitação de recursos, disponibilidade de mão de obra pouco especializada e carência de equipamentos e softwares, mas diante dos artigos analisados é possível identificar que a coleta e processamento de alguns dados ainda depende de uso de tecnologias de custo elevado, como por exemplo levantamento aerofotogramétrico ou LIDAR, e até mesmo a aplicação de algumas técnicas apresentadas necessita de profissionais experientes em processamento de dados de SR ou aplicação de análises estatísticas. Dessa forma, para uma gestão que se encaixe no contexto simulado devem ser identificadas as variáveis de maior impacto para implantação dos instrumentos de gestão.

O estudo da concepção dos instrumentos previstos na PNRH e a análise dos efetivamente implantados em Pernambuco possibilitou a identificação dos planos de informação, e dados descritivos associados, necessários para construção de novos planos de bacia e proposições de enquadramentos de corpos d'água.

A realização das entrevistas possibilitou o entendimento das diferentes visões dos atores envolvidos na gestão hídrica e mostrou que, na perspectiva dos membros integrantes de comitês, a disponibilização de informações sobre a bacia hidrográfica pode promover o nivelamento de conhecimentos, facilitar o entendimento de

demandas e conflitos e proporcionar segurança e eficácia na tomada de decisão dos comitês de bacia.

Em Pernambuco, considerando que bases de dados já existentes como a do Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco – SIG Caburé e produtos como o Projeto Pernambuco Tridimensional (PE 3D) (CIRILO et al., 2014) estão disponíveis, a estruturação de uma base cartográfica para a gestão hídrica pode ser realizada carregando o modelo conceitual gerado neste trabalho em um banco de dados espacial e incorporando os dados espaciais existentes previstos no modelo. Essa base cartográfica pode ser utilizada como diagnóstico prévio para a implementação dos instrumentos de gestão hídrica para todas as bacias hidrográficas de Pernambuco.

Referências Bibliográficas

Abreu K.M.P., Coutinho L.M. (2014). Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. *VÉRTICES*, v.16, n.1, p. 173-198.

Alcântara, La; Sistema de Geoinformação como suporte à gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos na Região Metropolitana de Recife. 2011. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2011.

Alvares C.A., Mattos E.M., Campos O.C., Marrichi A.H.C., Stape J.L. (2015). Uso de sensoriamento remoto na estimativa do índice de área foliar em *Eucalyptus*. In *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. João Pessoa. pp. 6429-6436.

Alves A.C., Conceição P.E.A. (2015). Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens TM-Landsat-5 e ADS-80 para o município de Manaus/AM. In *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. João Pessoa. pp. 5881-5888.

Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Sistemas de Informação na gestão de águas: conhecer para decidir. *Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: volume 8*. Brasília: ANA, 2016. 122p. ISBN 978-85-89629-98-0.

Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento dos corpos de água. *Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: volume 5*. Brasília: ANA, 2012. 100p.

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Plano de Ação para implantação da INDE: Infraestrutura nacional de dados espaciais. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), 2010. 203p.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

Brasil. Lei 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. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 09 jan. 1997.

Celes C.H.S., Shimabukuro Y.E., Campos M.A.A., Higuchi N. (2013). Estimativa de biomassa em uma floresta tropical no município de Maués – AM, Brasil. In Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu. pp. 2827-2834.

Cervi W.R., Gomes L.N., Ribeiro F.L., Nardini R.C. (2013). Avaliação da declividade oriunda de dados SRTM utilizando GNSS RTK como referência. In Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu. pp.0764-0770.

Cirilo, J.A.; Alves, F.H.B.; Silva, L.A.C. & Campos, J.H.A.L. 2014. Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. Revista Brasileira de Geografia Física, vol.07, nº 04: 755-763.

Dantas M.J.F., Arraes F.D.D., Santos, J.D., Zimback, C.L.R. (2015). Sensoriamento Remoto na determinação da evapotranspiração na Bacia do Riacho Jardim/CE. Energ. Agric. vol. 30, n.4, p.383-394.

Ferreira, G.F. (2014). Controle de qualidade em Cartografia aplicado a modelos digitais de superfícies oriundos de sensores orbitais segundo PEC-PCD e com emprego de simulação. Dissertação de Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 121p.

Ferreira I.O., Rodrigues D.D., Santos, A.P. (2012). Levantamento batimétrico automatizado aplicado à gestão de recursos hídricos. Estudo de caso: Represamento do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG. In Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife. pp. 001 – 008.

Franke, F.D. & Bias, E.S. 2016. O uso o compartilhamento e a disseminação da Geoinformação na administração pública brasileira: uma análise dos recentes avanços. Revista Brasileira de Cartografia, nº68/3: 547-566.

Iescheck, A. L.; Paolazzi, C.; Sluter, C. R. & Camboim, S. P. 2016. Estruturação e publicação de dados geoespaciais em consonância com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e com os Padrões de Interoperabilidade do Governo Eletrônico (e-PING). Revista Brasileira de Cartografia, nº 68/7: 1425-1439.

Jerônimo Sales, C.A.; Souza Filho, F.A.; Silva, U.P.A.; Barros, L.R. & Pereira, A.K.P. Descentralização, autonomia e reconhecimento dos comitês como instâncias de poder na gestão dos recursos hídricos no Estado do Ceará. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH. Bento Gonçalves-RS. pp.1509-1516. ISSN 2318-0358.

Locatelli P.E., Lammoglia T., Souza Filho C.R. (2013). Avaliação de métodos para detecção e qualificação de exsudações oceânicas de hidrocarbonetos com base em sensoriamento remoto no espectro refletido. In Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu. pp.1509-1516.

Lopes F.B., Barbosa C.C.F., Novo E.M.L.M., Andrade E.M., Chaves L.C.G. (2014). Modelagem da qualidade das águas a partir de sensoriamento remoto hiperespectral. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.18, p.S13–S19.

Maffra C.Q.T., Centeno, J.A.S. (2016). Estimativa da umidade do solo por meio de sensoriamento remoto e suas possíveis aplicações no estudo de deslizamentos de terra. Revista Brasileira de Cartografia Nº 68/9, 1709-1719.

Mengatto Junior, E. A.; Anaruma Filho, F.; Santos, J.L.; Silva, J.S.V.; Possan, L.H.J. Qualidade de metadados na elaboração de banco de dados em ambiente SIG para disponibilização via web. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

Nicolete D.A.P., Carvalho T.M., Polonio V.D., Leda V.C., Zimback C.L.R. (2015). Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu – SP. In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. João Pessoa. pp. 3988-3994.

OECD (2015), Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, OECD Publishing, Paris. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>>. Acesso em: 01 Jan. 2018.

Pereira, R.; Guimarães Jr., J.A. & Silva Jr., G.C. 2002. Avaliação do Impacto da Captação de Água na Lagoa do Bomfim, RN - Brasil. Revista Águas Subterrâneas, 16 (1): 61 - 68.

Pernambuco. Lei. nº 12.984/2005, de 30 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial [do Governo do Estado de Pernambuco], Recife, PE. Disponível em:<legis.alepe.pe.gov.br/?lo129842005>. Acesso em: 29 set. 2017.

Pires E.G., Ferreira Jr L.G. (2015). Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. João Pessoa. pp. 7421-7428.

Silva E. J., Coelho F., Silva W.P. (2017). Sensoriamento remoto no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. Cadernos UniFOA, n. 33, p. 121-130.

Silva, A. P.; Silva, C. M. Planejamento ambiental para bacias hidrográficas: convergências e desafios na Bacia do Rio Capibaribe, em Pernambuco-Brasil. Revista HOLOS, Ano 30, v.1. p.20-40. 2014.

Silva E.R.A.C., Silva C.A.V., Laurentino M.L.S., Santana N.M.G., Oliveira P.F.P., Silva H.A., Galvíncio J.D. (2011). Mapeamento do estresse hídrico na vegetação a partir da utilização do NDWI: comparação com a adaptação da metodologia australiana MWSP aplicada ao médio trecho da Bacia Hidrográfica do Ipojuca-PE. In Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Curitiba. pp. 5177-5184.

5.3 Desenvolvimento de portal web para apoiar a governança em Comitês de Bacia Hidrográfica pernambucanos

RESUMO

O nivelamento de conhecimento entre os atores envolvidos é uma das necessidades visualizadas na gestão hídrica participativa, pois garante o entendimento igualitário das problemáticas envolvidas em temáticas apresentadas em plenário para tomadas de decisão. Além deste, outros fatores, como a necessidade de realização de longos deslocamentos para participar das reuniões e a ausência de programas governamentais de mobilização para conscientização da sociedade e de chamamento para participação direta nos parlamentos criados, dificultam a manutenção da atuação dos comitês de bacia ativos em Pernambuco. O artigo aborda a estruturação do Sistema de Informações de Recursos Hídricos - SIRH do Estado como ferramenta voltada para o atendimento das demandas de informação, comunicação e mobilização social e apresenta o desenvolvimento de um protótipo para a Bacia do Rio Capibaribe. Buscando garantia de fácil implantação, baixo custo de manutenção, fácil replicação para as demais bacias hidrográficas e baixa complexidade técnica de desenvolvimento, foi construído um portal web que integra softwares e aplicativos disponibilizados gratuitamente na internet para disponibilizar as informações e dados espaciais necessários à gestão.

Palavras-chave: Portal web; sistema de informações; gestão hídrica.

INTRODUÇÃO

O modelo descentralizado e participativo de gestão dos recursos hídricos no Brasil estabelece a necessidade de atuação integrada dos diferentes níveis de governo e permite a participação dos usuários das águas e de entidades da sociedade civil como representantes da população. A efetividade desse modelo depende de vários fatores, dentre eles a mobilização social e a conciliação de interesses.

Integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH e do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Pernambuco – SIGRH/PE, os Comitês de Bacia Hidrográfica – CBHs são organismos colegiados, consultivos e deliberativos, que atuam em nível regional como parlamentos com a principal função de estabelecer acordos entre os múltiplos usos da água de uma bacia hidrográfica permitindo a construção coletiva de decisões, a conciliação dos diferentes interesses, e buscando a preservação dos recursos disponíveis.

Existem diversas pesquisas que analisam dificuldades de criação, manutenção e atuação dos comitês de bacia (Kemerich et al, 2016; Kemerich et al, 2014; Girão e Da Rocha, 2013; Castro e Ferreirinha, 2012; Motter e Foletto, 2010; Jacobi, 2005). Em Pernambuco, de acordo com resultados obtidos em pesquisas antecessoras, esses organismos apresentam dificuldades de atuação devido à baixa participação popular (envolvimento das comunidades), à necessidade de deslocamento, por vezes em grandes distâncias, para participação em reuniões e às diferentes formações ou níveis de formação dos membros integrantes.

Criada em 2010 pela Lei estadual nº14.028, a Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC é responsável pela articulação e mobilização para criação dos comitês de bacia em Pernambuco, mas, das 29 unidades de planejamento hídrico previstas no Plano Estadual de Recursos Hídricos- PERH (PERNAMBUCO, 1998), apenas 7 tiveram comitês de bacia formados até 2017: Metropolitano Sul, Metropolitano Norte, Capibaribe, Goiana, Ipojuca, Una e Pajeú.

A Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH (PERNAMBUCO, 2005) estabelece o Sistema de Informações de Recursos Hídricos – SIRH como instrumento público de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e difusão de informações

sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão, subsidiando os organismos integrantes do SIGRH/PE.

A evolução tecnológica e o aumento da consciência da informação geográfica influenciaram a maneira com a qual utilizamos os dados e informações na gestão hídrica. A busca por eficiência, com eficácia na aplicação de recursos e atendimento equitativo das demandas atualmente pode ser apoiada com a construção de sistemas computacionais exploratórios baseados em soluções de Sistema de Informações Geográficas - SIG.

Tecnicamente um SIG pode ser implementado como o SIRH de um Estado ou bacia hidrográfica, mas o instrumento de gestão pode também não ser um SIG. Na essência, o conceito de SIRH pode ser aplicado a diferentes soluções tecnológicas como bancos de dados, sistemas de apoio a decisão e sistemas corporativos desenvolvidos para demandas específicas.

Iniciativas governamentais já desenvolveram ferramentas computacionais para o SIRH de Pernambuco, como por exemplo a apresentada em Torres Filho et al (1997), mas possivelmente devido à falta de pessoal qualificado nos quadros técnicos para manutenção evolutiva das soluções, à dependência de soluções proprietárias ou baseadas em softwares proprietários e à ausência de políticas integradas de geoprocessamento e Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC, nem todas estão em pleno funcionamento.

Com base no estudo dos comitês de bacia de Pernambuco e em pesquisas sobre a utilização de SIG na gestão hídrica participativa, o artigo apresenta o desenvolvimento de uma solução computacional para apoiar a atuação dos parlamentos divulgando ações, fornecendo informações geoespaciais, fomentando a participação popular e facilitando a comunicação entre os membros integrantes. Visando a replicação para estruturas de gestão com carência de recursos disponíveis, o objetivo foi atendido com a criação de um portal web composto de websites, SIGWEB e a incorporação aplicativos disponíveis na internet, utilizando softwares livres.

Governança dos recursos hídricos

Para um comitê ter uma abrangência democrática na determinação dos caminhos e conjunto de regras para a gestão de uma bacia hidrográfica, é preciso

existir representatividade participativa em sua composição, tal como definido na legislação vigente. A pluralidade de características sociais, econômicas e culturais dos membros integrantes é a base da formação dos CBH, mas ao mesmo tempo que possibilita a cooperação e construção de alianças, o colegiado também enfrenta dificuldades inerentes às diferentes opiniões, conhecimentos e interesses dos membros que os compõem.

A governança das águas pode ser vista como a maneira pela qual o poder é exercido na administração dos recursos disponíveis para o atendimento das demandas dos usos múltiplos das águas, tais como o abastecimento urbano, a irrigação agrícola, o uso industrial, a geração de energia elétrica, a criação de animais e a manutenção da vida dos ecossistemas.

Loe & Patterson (2018) relacionam o termo com a forma como a sociedade se organiza para tomar decisões e agir em relação à água. Com relação aos CBHs, a boa governança está intimamente ligada à capacidade de cumprimento de suas funções.

Segundo o relatório Governança dos Recursos Hídricos no Brasil (OECD, 2015), a governança multinível é particularmente crítica em uma federação descentralizada, onde a gestão dos recursos hídricos está sob responsabilidade dos 27 estados e do Distrito Federal, e enraizada em uma história de democracia participativa, com base em mais de 200 comitês de bacias hidrográficas.

Apresentando resultados que se encaixam na realidade dos CBHs de Pernambuco, Kemerich et al (2016) destacam que os problemas de governança hídrica do comitê analisado estão relacionados à falta de recursos financeiros, à baixa participação dos membros nas reuniões e principalmente à dificuldade de motivar a participação da sociedade e de alguns usuários para as questões de interesse coletivo. Para Saraswat et al (2017) entender o atual sistema de abastecimento de água e avaliar os impactos futuros dos fatores externos associados é o primeiro passo para alcançar a governança sustentável das águas.

Este artigo se baseia em resultados de publicações anteriores que analisaram a dificuldade de governança plena das águas e identificaram como principais lacunas existentes na atuação dos comitês de bacia pernambucanos: a ausência ou dificuldade de acesso à geoinformações, a deficiência de comunicação relacionada

às dificuldades de participação nas reuniões e a necessidade de mobilização social para participação no comitê e para disseminação de ações de educação ambiental.

Área de Estudo

Diante das especificidades ambientais da região nordeste e da situação de criticidade hídrica do estado de Pernambuco; por apresentar uma peculiar diversidade de oferta hídrica no seu território, englobar a capital do estado, apresentar características econômicas distintas ao longo do seu trajeto e possuir o parlamento mais atuante de Pernambuco, a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe foi escolhida como área de estudo para o desenvolvimento do protótipo de SIGWEB no portal.

De acordo com a APAC, a bacia apresenta uma área de 7.454,88 km² (7,58% da área do estado), estando compreendida entre as coordenadas geográficas 07° 41' 20" e 08° 19' 30" de Latitude Sul, e 34° 51' 00" e 36° 41' 58" de longitude oeste (PERNAMBUCO, 2010).

Figura 01: Localização da Bacia Hidrográfica do Capibaribe no Estado de PE.



Com uma extensão aproximada de 240km desde sua nascente, entre Poção e Jataúba, à sua foz, no Recife, o Rio Capibaribe corta 42 municípios, dos quais 15 estão totalmente inseridos na Bacia e 26 possuem sua sede na mesma. Sua abrangência regional (Agreste, Mata e Litoral) engloba um ambiente complexo no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além dos socioeconômicos, que exigem um modelo de gestão hídrica e ambiental que atenda às suas peculiaridades sub-regionais e locais.

Dados da pesquisa demográfica do IBGE de 2010 mostram que a soma da população total dos municípios da bacia (3.453.466 habitantes) corresponde a uma concentração de mais de 39% do total de habitantes do Estado, sendo 1.537.704 habitantes, residentes apenas da capital Recife.

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe possui 75% de seu território situado dentro do polígono das secas e por isso apresenta um regime fluvial intermitente no seu alto e médio curso, estando perene somente a partir do município de Limoeiro, em seu baixo curso. Apesar dessa realidade, a bacia possui 13 reservatórios com capacidade superior a 1 milhão de metros cúbicos que abastecem vários municípios de Pernambuco.

Em virtude da grande concentração populacional e as principais zonas de desenvolvimento socioeconômico que integram seu território, a bacia do Capibaribe exerce um papel vital para o Estado de Pernambuco, mas apesar de sua importância enfrenta uma série de problemas decorrentes do seu processo de desenvolvimento, do uso e ocupação do solo e, principalmente, das formas de gestão de seus recursos hídricos (SILVA e SILVA, 2014).

Um estudo recente de Silva et al (2016), com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2014 e do Censo Demográfico do IBGE de 2010, destaca que quanto aos municípios com população ligada à rede geral de água, os resultados apresentados são favoráveis. Apenas 14,3% dos municípios apresentam percentual abaixo de 40% de cobertura no abastecimento. Os municípios que apresentaram o menor percentual de abastecimento: Casinhas (11%), Jataúba (16%) e Santa Maria do Cambucá (6%) se assemelham por possuir uma população menor que 20.000 habitantes.

Apesar disso, a realidade com relação ao percentual da população ligada à rede geral de esgoto ainda se encontra longe do ideal. Apenas 7 dos 42 municípios estão ligados a rede geral de esgoto, o que corresponde a 83,3% dos municípios sem coleta de esgoto. Os maiores percentuais são encontrados nos municípios de Recife e Caruaru, com respectivamente 39% e 43% de atendimento da sua população, entretanto, não são motivo de comemoração já que o Brasil sendo signatário dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas, todos os municípios do país tinham a meta de, até o ano de 2015, atingir a redução pela

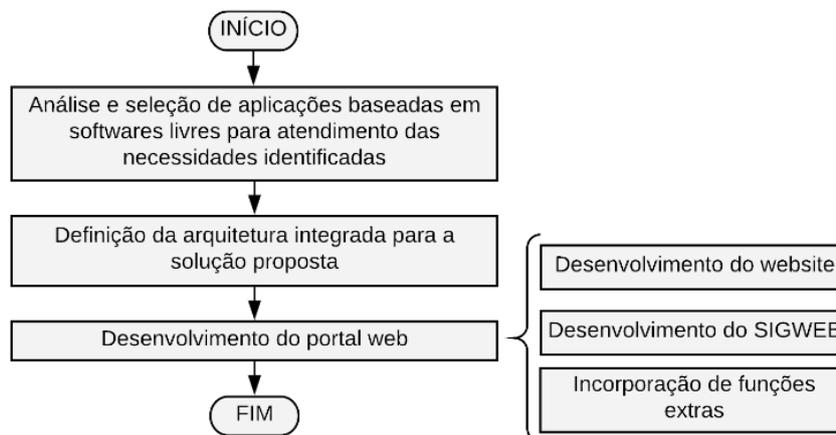
metade da proporção de pessoas sem acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. Os outros 35 municípios da Bacia do Capibaribe não têm sequer acesso a esse serviço e utilizam de fossas, possuem ligações clandestinas na rede pluvial ou lançam seus esgotos diretamente em corpos d'água.

O Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Capibaribe – COBH Capibaribe, criado em fevereiro de 2007, é constituído por 45 membros titulares (40% de governos, 40% de usuários da água e 20% da sociedade civil organizada, incluindo universidades), mas atualmente conta com apenas 38 assentos ocupados. A análise de atas de reuniões do comitê mostra uma vasta realização de atividades de conscientização e educação ambiental, mas destacam dificuldades técnicas para sua atuação, tais como: carência de funcionalidades automáticas para realizar processos críticos e prioritários, baixo compartilhamento de experiências de sucesso e troca de conhecimentos com outros COBHs e desconexão entre planejamento hídrico e de outros setores (Energia, Agropecuária, Indústria, crescimento das Cidades, etc.).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do artigo é resultado de observações, reflexões, pesquisas, estudos e revisão bibliográfica das temáticas envolvidas. Visando atender à demanda do estudo com uma solução de rápido desenvolvimento, fácil uso, baixo dispêndio de recursos e de alta qualidade visual e técnica, buscou-se trabalhar com a integração de aplicações já desenvolvidas e disponibilizadas na web. A figura 2 apresenta as etapas do trabalho.

Figura 02: Fluxograma metodológico.



Inicialmente foi realizada a análise e seleção de aplicações e softwares disponíveis na web relacionados às lacunas identificadas na atuação dos comitês de bacia, quando possível, as soluções baseadas em softwares livres foram priorizadas. Para atendimento das necessidades identificadas de Geoinformação, foram pesquisadas soluções SIGWEB; quanto à comunicação, foram estudadas as soluções de videoconferência e transmissão em tempo real e, para apoiar a mobilização social, foram analisadas as redes sociais mais difundidas.

Em sequência, considerando os requisitos levantados anteriormente para apoiar a gestão hídrica e com base nas ferramentas selecionadas, foi definida a arquitetura da solução proposta envolvendo sua organização, estrutura geral, além da alocação das funcionalidades previstas nos diferentes componentes.

A etapa final inicialmente correspondia apenas ao desenvolvimento de uma aplicação para visualização e análise de dados espaciais utilizando ferramentas disponíveis gratuitamente para garantir praticidade no acesso às informações geoespaciais das bacias hidrográficas. Porém, para oferecer conhecimento da origem do sistema e dos assuntos abordados na aplicação, permitir a associação do sistema às demais ferramentas web selecionadas e proporcionar uma experiência interativa direcionando o usuário para o acesso aos dados, foi necessário expandir a solução para o desenvolvimento de um portal *web*.

Neste trabalho os termos *página web*, *homepage*, *site*, e *portal web* são tratados de maneira distinta. O termo *página web* é abordado como um documento em linguagem HTML e outras linguagens de scripts; *homepage* corresponde à *página web*

inicial de um site; site, ou website, equivale a um conjunto de páginas web estruturadas e um portal web é apresentado como um conjunto maior de sites.

Dessa forma, a terceira etapa da metodologia foi realizada associando um conjunto de três ações bem definidas: o desenvolvimento do website para ancorar a solução proposta garantindo fácil acesso, minimizando dúvidas e facilitando a apresentação de informações prioritárias; o desenvolvimento do SIGWEB para disseminação de dados espaciais e nivelamento de conhecimento do território da bacia hidrográfica; e a incorporação de funções extras com o uso de botões, links ou outras formas de conexão para associação das ferramentas de comunicação e geovisualização no website desenvolvido.

O desenvolvimento do *website* envolveu a análise do conteúdo a ser disponibilizado, para definição da arquitetura da informação; a estruturação de como esse conteúdo estará disponível dentro das páginas, para a definição das funcionalidades do site; a criação do design da página (layout e definição de cores), para identidade visual do projeto; e a codificação final do site com a elaboração e entrada dos conteúdos de elementos textuais.

O desenvolvimento do SIGWEB envolveu a análise do conteúdo a ser disponibilizado, para definição da arquitetura da informação; a estruturação de como esse conteúdo estará disponível dentro das páginas, para a definição das funcionalidades do site; a criação do design da página (layout e definição de cores), para identidade visual do projeto; e a codificação final do site com a elaboração e entrada dos conteúdos de elementos textuais.

A incorporação de funções extras corresponde à etapa final do desenvolvimento do portal *web* com a vinculação das ferramentas, páginas e elementos; a realização de testes de funcionamento para uma básica avaliação da usabilidade do sistema, e a validação do sistema final desenvolvido.

Ao longo do desenvolvimento metodológico foram usadas as seguintes ferramentas e linguagens computacionais de natureza livre:

- QGIS 2.14;
- PostgreSQL 9.5.9 com a extensão PostGIS 2.0;
- Xampp;
- Editor de texto Notepad++;

- Editor de planilha;
- Biblioteca do JavaScript, Openlayers compatível com padrões OGC que permite edição vetorial via web;
- Linguagem de Programação PHP;
- Linguagens de Marcação (HTML5, JavaScript e CSS).
- App Google Hangouts;
- App Youtube;
- App Facebook;
- App Twitter;
- Wix site.

Quanto aos dados espaciais usados para aplicação SIGWEB, buscando incorporar à base cartográfica todos os dados modelados no diagrama de classes definido a priori na seção 5.2 da Tese, foram levantadas diversas fontes de dados dentre elas a APAC, a ANA, o IBGE e o portal de dados da INDE, além desses foi analisado o potencial de uso dos produtos do Projeto Pernambuco Tridimensional – PE3D e do Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco – SIG Caburé.

Como o foco da pesquisa não está na pesquisa de fontes de informação, a coleta de dados espaciais foi realizada considerando a possibilidade de garantia de manutenção e atualização dos dados espaciais incorporados. Sendo assim, foram adquiridos apenas dados qualificados, proveniente de fontes confiáveis que englobem a área de estudo, são eles: os dados e informações disponibilizados nos sites da ANA e da APAC, os dados espaciais utilizados na construção do Plano Hidroambiental da Bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, os dados espaciais do Atlas de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco, os dados espaciais do Projeto Pernambuco Tridimensional e os dados espaciais da base do SIG Caburé.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise e seleção de aplicações baseadas em softwares livres para atendimento das necessidades identificadas

Pesquisando em sites de comitês de bacia, comunidades e fóruns de desenvolvedores e web designs, e em artigos científicos (Casadei et al, 2012; Vani et al, 2012; Torres Filho et al, 1997; Milaré et al, 2016) foram analisadas soluções com viabilidade de implantação considerando o cenário de gerenciamento multinível dos recursos hídricos, formação plural e com grande número de integrantes dos comitês de bacia e falta de pessoal tecnicamente qualificado para manutenção da solução.

Buscando minimizar o custo de desenvolvimento e manutenção, facilitar tecnicamente a implantação e garantir a usabilidade do sistema final a ser desenvolvido, optou-se pela integração de diferentes ferramentas e com isso foram selecionados os aplicativos Google Hangout, Youtube live, Open Layers e Wix Site para o desenvolvimento do sistema. Essa opção, além de garantir uma facilidade de replicação para diferentes bacias hidrográficas, com o uso de ferramentas amplamente difundidas, facilita a aceitação e implementação da solução final nos comitês. O quadro 1 apresenta as características e justificativas de seleção de cada aplicativo.

Quadro 01: Apresentação das plataformas, softwares e aplicativos (App) gratuitos selecionados como objetos de construção da solução proposta.

NOME	FUNÇÃO PRINCIPAL	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Wix Site	Criação do Portal Web	Plataforma online de criação e edição de sites baseados em Flash, que permite aos usuários criar sites em HTML5 e sites Mobile.	<ul style="list-style-type: none"> • Gratuito e em português; • Facilidade de construção com designs interativos; • Dispõe de versão mobile; • Oferece mais de 250 aplicativos para integrar ao site, dentre eles Youtube, Facebook e Instagram; • Hospedagem gratuita; • Fornece suporte com central de ajuda online, fórum e vídeos tutoriais.
QGIS	Edição, processamento, compatibilização e preparação dos dados espaciais.	SIG - Sistema de Informação Geográfica, com características semelhantes ao ArcGis e ao GvSig.	<ul style="list-style-type: none"> • Software gratuito (livre) com código-fonte aberto; • Grande disponibilidade de apoio com tutoriais, fóruns e comunidades para suporte de uso; • Software leve, compatível com diferentes sistemas operacionais, com diversidade de funções disponíveis em plug-ins.
Open Layers	Exibir dados espaciais em páginas web.	É uma biblioteca de software open source que fornece API para construir aplicações geográficas para web baseadas em JavaScripts no lado do cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Forma mais prática para trazer usuários iniciantes em SIG para o universo dos mapas; • Semelhante ao Google Maps e ao Bing Maps. • É um dos front-ends (primeira camada de páginas web) mais utilizados para apresentação de dados espaciais. • Suporta vários padrões OGC e outros padrões abertos.

Google Hangout	Videoconferência para realização de reuniões à distância	Plataforma de mensagens instantâneas (bate-papo) e chat de vídeo (videochamada) desenvolvida pelo Google.	<ul style="list-style-type: none"> • Abre e executa com mais velocidade que o Skype, da Microsoft. • Permite até 150 pessoas em grupos de conversas e até 25 pessoas em videochamadas. • Permite compartilhamento de tela em videoconferências. • Compatível com Android, iOS, Dispositivos Chrome para reuniões, Safari®, Internet Explorer® e Google Chrome (com plug-ins).
Youtube live	Transmissão ao vivo de reuniões e eventos para divulgação digital.	Ferramenta do Google que permite realizar eventos ao vivo (livestreaming) e transmiti-los em tempo real aos assinantes de um determinado canal na rede social Youtube.	<ul style="list-style-type: none"> • Apresenta funcionalidades diferenciadas das demais plataformas disponíveis (Facebook Live, Instagram Live), que proporcionam maior interatividade com o público; • Permite transmitir quanto tempo quiser; • Disponibiliza maior número de informações métricas para avaliar o desempenho de seu vídeo; • Possibilita realizar agendamento da transmissão.
Facebook	Mobilização da sociedade, divulgação de ações, sensibilização.	Ferramenta de extrema relevância para construir e nutrir um bom relacionamento com seu público alvo.	<ul style="list-style-type: none"> • É a rede social mais popular atualmente. • Possui maior popularidade com o público maduro; • Grande acesso por plataformas mobile; • Pesquisas apontam que seu uso garante maior alcance de público.
Instagram	Mobilização da sociedade, divulgação de ações, sensibilização.	Ferramenta de extrema relevância para construir e nutrir um bom relacionamento com seu público alvo.	<ul style="list-style-type: none"> • É a rede social que mais cresce atualmente. • Possui maior popularidade com o público mais jovem; • Plataforma essencialmente visual; • Pesquisas apontam que seu uso garante maior envolvimento do público.
Twitter	Mobilização da sociedade, divulgação de ações, sensibilização.	Serviço de microblogging usado para apresentação de comentários relevantes direcionados com hashtags sobre diferentes temáticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Publicações com objetividade (compartilhamento de textos e links de até 140 caracteres); • Importante de ferramenta de distribuição de informações rápidas e notícias; • Principal ferramenta de pauta para a imprensa por apresentar tendências e assuntos mais comentados em nível nacional e mundial.

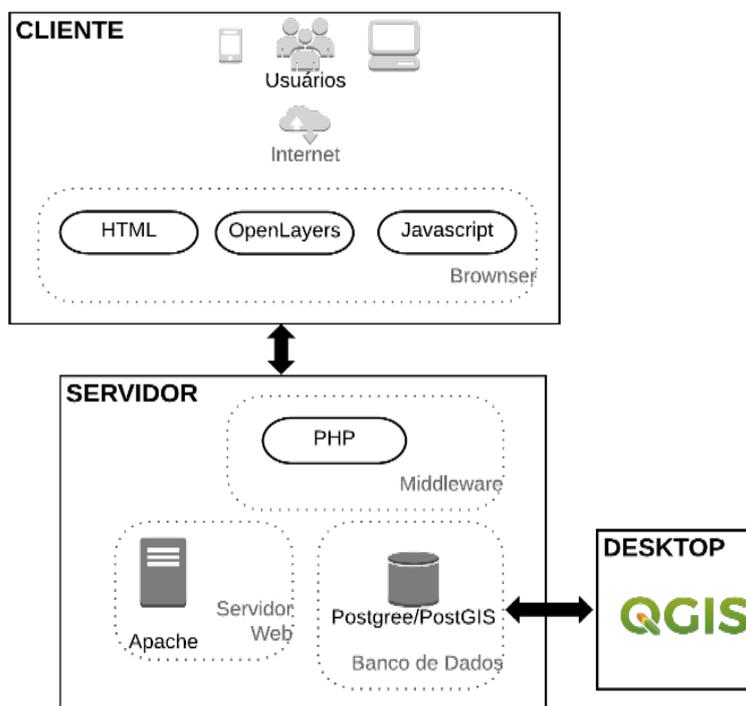
Definição da arquitetura integrada para a solução proposta

Arquiteturas em múltiplas camadas separando componentes cliente, servidores de aplicações, servidores Web e outras aplicações associadas têm sido empregadas para sistemas estruturados na internet por facilitar a alocação da funcionalidade aos componentes e oferecer suporte à flexibilidade e portabilidade das camadas isoladamente, facilitando a manutenção das soluções computacionais desenvolvidas para a internet.

Um sistema de informação possui vários elementos inter-relacionados de entrada, processo e saída de dados e informações. Dependendo do objetivo, da forma e da segurança de acesso e a arquitetura desses sistemas pode variar. Para o desenvolvimento deste trabalho foi considerada a arquitetura mínima de funcionamento que garantisse acesso pela internet com baixo custo associado e garantia de facilidade técnica para manutenção evolutiva da solução.

Inicialmente, considerando a necessidade de independência dos hardwares disponíveis para os usuários do sistema e aplicando o padrão de arquitetura mais adequado a aplicativos da web, foi utilizada a arquitetura cliente-servidor para estruturação dos SIGWEBs associados, que possui alta aplicabilidade em soluções que exijam que as máquinas cliente tenham uma capacidade mínima de computação ou soluções que não tenham nenhum controle sobre a configuração das máquinas cliente. Requisitos como desempenho, segurança e a tolerância a falhas também foram considerados para essa definição. Na arquitetura apresentada, a máquina cliente necessita apenas de um navegador padrão da web, pois todas as solicitações realizadas na página do navegador cliente são executadas no servidor da aplicação (Figura 3).

Figura 03: Arquitetura computacional do sistema proposto.



Analisando a arquitetura do sistema, temos que a camada de interface ou cliente corresponde à consulta do navegador web (browser) pelos usuários, a partir de computadores ou smartphones conectados à internet. Atuando no navegador temos a linguagem HTML de desenvolvimento das páginas web, a API Openlayers e a biblioteca Javascript utilizadas para visualização e consulta de mapas interativos requisitados através do browser (Firefox, Internet Explorer, etc).

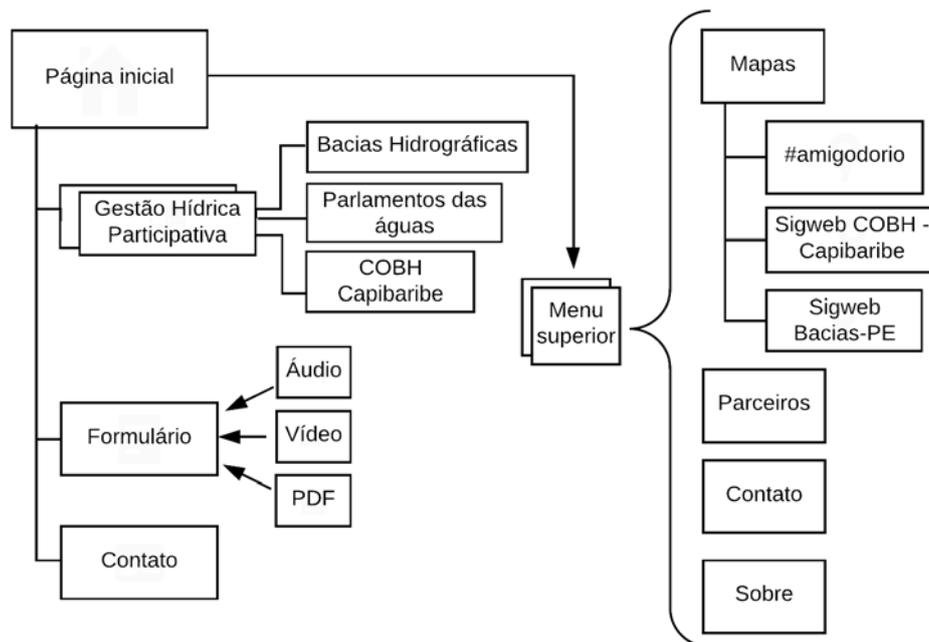
A camada de aplicação, ou camada servidor, foi projetada para utilizar a linguagem PHP (Hypertext Preprocessor) para criação de sites WEB dinâmicos, o servidor web Apache como responsável por disponibilizar páginas e todos os recursos que podem ser acessados pelo usuário cliente (tais como envio de e-mails, mensagens) e o banco de dados para armazenar e fornecer os dados espaciais a serem visualizados.

Em nível desktop, temos o software de sistema de informações geográficas a ser utilizado para edição, integração e estruturação da base cartográfica a ser disponibilizada no sistema. O Qgis foi escolhido por ser o software livre com código-fonte aberto mais difundido nas comunidades de geoprocessamento além de possuir vasta rede de desenvolvedores e voluntários que disponibilizam tutoriais, fóruns e comunidades para suporte de uso.

Sabendo que planejar uma aplicação computacional para um grupo específico de pessoas é uma tarefa complexa que depende diretamente da opinião desse grupo para ser aceita e efetivamente útil, foi estruturada uma arquitetura de apresentação dos dados e informações no portal web com base no entendimento das necessidades dos usuários de comitês de bacia anteriormente avaliados.

Para entender o público alvo da solução, foram analisados os requisitos anteriormente levantados identificando as informações e os serviços que eles desejam encontrar no sistema, ou seja, o conteúdo a ser apresentado no portal web. Com base nesse conteúdo, nas pesquisas de sites web de comitês de bacia e nas boas práticas de desenvolvimento de páginas web amplamente difundidas na internet, foi possível definir como esse conteúdo será colocado dentro das páginas com a geração do mapa do website (Figura 04) para estruturar a arquitetura da informação.

Figura 04: Arquitetura da informação.



Além de apresentar o modo e o local de disponibilização das informações e serviços do portal web, esse mapa pode ajudar a aumentar o tráfego no site fazendo o conteúdo aparecer em pesquisas relevantes, para tanto, é necessário enviar o mapa do site aos principais motores de busca na internet.

Desenvolvimento do portal web

Segundo conceito apresentado em Dias (2001), um portal web provê ao usuário, cliente da aplicação computacional, uma única interface à imensa rede de servidores de informações que compõem a internet com função de atrair o público da internet e servindo de mídia adicional para o marketing da temática abordada.

Relacionando à organização da gestão multinível e participativa dos recursos hídricos, o uso de portais na internet concentra esforços de desenvolvimento e serve como porta de entrada para acesso às várias fontes de informação da temática abordada.

Nesse sentido o desenvolvimento do sistema de informações levou em consideração que, quanto maior o número de visitantes do portal, maior a probabilidade do estabelecimento de comunidades virtuais que potencialmente acompanharão e participarão da gestão hídrica nos comitês de bacia.

A necessidade de considerar o tráfego na proposição de soluções que buscam a mobilização social é simples, sem tráfego na internet o público alvo não saberá que seu endereço web existe. Através da taxa de conversão é possível descobrir se as ações promovidas no portal estão trazendo o retorno esperado, identificar os pontos fracos da estratégia e apontar para os aspectos que devem receber ajustes e correção. Existem ferramentas que podem aumentar suas taxas de conversão de leads e cliente melhorando o desempenho de uma campanha online.

O tráfego orgânico diz respeito a resultados positivos obtidos devido a bons posicionamentos em mecanismos de buscas. O público mais ativo, que busca informações em buscas na internet geralmente acessam os primeiros resultados da busca. E o tráfego social diz respeito ao fluxo de uso das redes sociais para expansão de visibilidade. O sucesso das aplicações atualmente pode ser definido pelo número de compartilhamentos em uma rede social, dessa forma, a integração de aplicações das redes sociais no portal e a publicação das ações do portal permite uma troca muito sadia e benéfica para a divulgação de um portal web. Seja Facebook, Instagram, Youtube, no mundo todo mais de 3,2 bilhões de pessoas usam as redes sociais.

Dessa forma, todo o desenvolvimento do portal seguiu as três etapas previstas na metodologia e considerou vários itens, desde a usabilidade, baixo custo de manutenção, e facilidade de acesso aos dados, até a necessidade de atingir um grande grupo de pessoas para divulgação das ações dos comitês de bacia e mobilização de novos agentes para participação na gestão hídrica fomentando a criação de novos parlamentos. O portal desenvolvido está publicado na internet e acessível a partir do endereço: <https://ligiaalcantara.wixsite.com/comitespe>.

- Desenvolvimento do website

Existem muitos recursos de software disponíveis para desenvolvimento de web sites, desde os softwares geradores de HTML, JavaScript, CSS (Cascading Style Sheets), até os que apresentam servidores de scripts de páginas dinâmicas, tais como o Adobe Flash ou plataformas de criação tais como Webnode e WordPress. Considerando a facilidade de desenvolvimento e conseqüentemente de manutenção do portal de dados por atores da gestão hídrica pouco familiarizados com as técnicas de webdesign, a implementação da arquitetura definida foi realizada no Wix site.

O Wix.com é um plataforma online que permite a criação de sites baseados em Flash de forma gratuita a partir da criação de uma conta de usuário. Na versão gratuita os sites também são isentos dos custos de hospedagem e domínio, possuem versão mobile associada e são otimizados para os motores de busca na internet (Google, Yahoo, etc). Deste modo, é possível que qualquer pessoa faça um site com facilidade, sem a necessidade de usar programas computacionais específicos como o Adobe Flash, sem a limitação do Webnode e sem a dificuldade técnica do WordPress. Existem planos pagos com características diferenciais para quem precise de domínio próprio, banda ilimitada, ou outras opções.

O sistema de criação de sites em Flash do Wix se mostrou totalmente estável e sofisticado. Após criar uma conta e realização do login, para iniciar o processo de criação do site foi escolhido no painel de controle um template (modelo de layout das páginas e as combinações de cores) com cores e temas que se adequassem ao foco da gestão hídrica. A partir daí foram criadas e editadas as páginas web incluindo elementos e adicionando animações, textos, imagens, botões de navegação, músicas, slideshow, vídeos, entre tantas outras opções disponíveis. Em caso de dúvidas a ajuda disponibilizada atendeu de maneira efetiva como suporte de desenvolvimento.

Os resultados obtidos com o Wix (Figura 5) possuem visual (layout de apresentação) com qualidade profissional tanto em computadores quanto em smartphones, e o conteúdo foi cuidadosamente selecionado para atender as demandas de informação expostas nos processos de levantamento de requisitos. Para otimização de buscas do site foram editados o título, a descrição e as palavras-chave do site final.

Seguindo a arquitetura de informação definida anteriormente foram criadas 11 páginas web estruturadas e hierarquizadas em uma árvore. O Quadro 2 apresenta a estrutura interna de organização das páginas com a respectiva descrição de conteúdo.

Figura 05: Homepage do portal web em computadores e smartfones desenvolvida na plataforma Wix.



Quadro 02: Árvore de páginas desenvolvidas para o portal web.

PÁGINA	DESCRIÇÃO
• Home	Homepage do portalweb.
○ Cadastro #amigodorio	Página de visualização do formulário web de cadastro de ações da campanha ativa.
○ Bacias hidrográficas	Página de descrição das bacias hidrográficas de Pernambuco a partir da divisão em unidades de planejamento hídrico e acesso às informações necessárias ao planejamento e gestão das águas disponibilizadas pelos órgãos estadual e federal.
○ Parlamentos SIGRH/PE	Página de descrição dos tipos de parlamentos existentes no Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Pernambuco.
○ COBH Capibaribe	Página de apresentação da Bacia do Capibaribe disponibilizando as ferramentas de apoio à gestão existentes e as implementadas neste trabalho e informações específicas do Comitê (atas de reuniões, documentos, notícias).
• Mapas	Página de agregação das soluções de mapas incluídas no portal web.
○ Mapa #amigodorio	Visualização em mapas das ações cadastradas pelo formulário web da campanha ou publicadas nas redes sociais com a hashtag da campanha ativa.
○ SIGWEB_BaciasPE	Visualização em mapas dos dados espaciais referentes aos recursos hídricos do Estado de Pernambuco.
○ SIGWEB_Capibaribe	Visualização em mapas dos dados espaciais referentes ao limite geográfico da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe.

• Parceiros	Página web de agradecimento aos parceiros que contribuíram para o trabalho.
♦ Contato (ancorado na homepage)	Apresentação de endereço postal, endereço eletrônico, telefone e formulário para envio de email, como formas de contato com a equipe desenvolvedora do projeto.
• Sobre	Apresentação dos autores e do Projeto de Pesquisa que deu origem ao portal web.

A página Home é o principal acesso para as demais, contendo um menu suspenso e quatro campos de informações, o campo inicial contém uma animação de impacto sobre a gestão de recursos hídricos, no segundo campo são introduzidos os temas especificamente abordados no portal e apresentados os botões de acesso às suas respectivas páginas e mapas, o terceiro campo apresenta uma campanha de marketing voltada para a mobilização social com acesso ao seu respectivo mapa e por fim foi colocado o campo de Contato. No menu suspenso da homepage estão os links para as páginas Mapas, Parceiros e Sobre, além da ancora para as informações e formulário de contato.

A plataforma utilizada disponibiliza diversos recursos de edição que foram aplicados para inclusão de textos, imagens (Figura 6), botões, quadros, formulário de contato e caixas de informação sobressalentes como uso de lightboxes (Figura 7). Além desses, também foram utilizados recursos avançados para incorporação de ferramentas e objetos externos, tais como a inclusão de ancoras de vinculação (links para outras partes de uma página), a inclusão de códigos HTML (embed iframe), a inclusão de outros sites (embed a site) e a associação de links para acesso externo a outros sites.

Figura 06: Página web contendo mapa estático informativo.



Figura 07: Página web contendo mapa estático interativo ao clique.



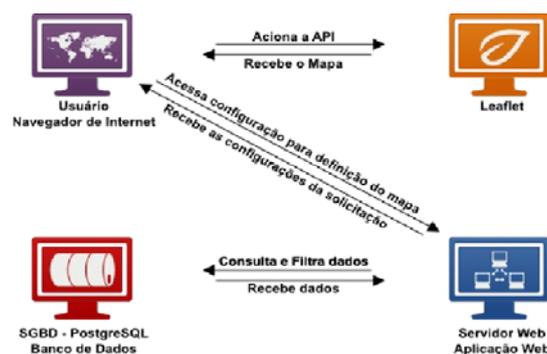
• Desenvolvimento do SIGWEB

Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG auxiliam a análise e compreensão de diversos fenômenos envolvendo uma grande quantidade de dados e informações georreferenciadas relacionadas a aspectos hidrológicos, de geologia, ambientais, sociais, econômicos e políticos, quando disponíveis na internet, são conhecidos por SIGWEB.

O sucesso de um sigweb para suporte à tomada de decisão é influenciado diretamente pela sua qualidade de acesso, variedade de dados espaciais disponíveis e funcionalidades implementadas. Todos esses fatores dependem do atendimento das necessidades dos usuários. O resultado do processo de levantamento de requisitos pode levar a um sistema que satisfaz as necessidades dos usuários ou a um sistema inútil, que não atende a sua função principal.

Na gestão hídrica participativa a dificuldade para obtenção de atendimento de todas as demandas identificadas junto aos atores é algo notório, já que os envolvidos têm diferentes experiências, conhecimentos e entendimentos do espaço territorial da bacia hidrográfica. No entanto, a partir de análises das necessidades apresentadas, estudos do perfil dos atores envolvidos e pesquisas de soluções desenvolvidas em órgãos de gestão hídrica e comitês de bacia de outros estados brasileiros, a arquitetura desenvolvida na proposta inicial da metodologia foi adequada para inclusão de diferentes interfaces. A solução SIG final envolve o Qgis como software de acesso local do banco de dados para edição, manipulação e atualização da base cartográfica armazenada no banco de dados PostgreSQL/PostGIS a partir do qual são publicados os serviços de mapas específicos para cada subsistema de visualização na internet utilizando a biblioteca Openlayers. A Figura 8 apresenta a arquitetura final do protótipo de sigweb desenvolvido.

Figura 8 – Funcionamento do SIGweb.



Essa proposta é baseada na necessidade de entendimento dos espaços territoriais próprios de cada comitê de bacia, ou seja, cada parlamento precisa visualizar seus dados e suas demandas de maneira individual, mas o esforço técnico e financeiro de construção e manutenção de uma base cartográfica pode ser único para todas as bacias do Estado. Dessa forma, cada comitê poderá ter seu SIGWEB independente, com os dados que mais necessitem destacados na visualização.

O protótipo desenvolvido para a Bacia do Rio Capibaribe apresenta apenas três interfaces implementadas como subsistemas de visualização: a interface do SIGWEB Bacias, para visualização dos dados gerais da gestão hídrica do Estado; a interface do SIGWEB Capibaribe como solução para visualização dos dados identificados como necessários para apoiar os Comitês de Bacia e a interface da campanha criada para mobilização social intitulada Campanha #amigodoRio, para visualização de dados cadastrados por meio do formulário disponibilizado no próprio portal web ou publicados em redes sociais utilizando o texto #amigodoRio como uma hashtag (composição de palavras chave bastante eficaz na indexação de conteúdo na internet).

Primeiramente foi construído o banco de dados usando o gerenciador de banco de dados PostgreSQL/PostGIS a partir do modelo conceitual de dados espaciais OMT-G anteriormente definido. Seguindo as especificações da INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) previstas na ET-EDGV, foram criadas 11 classes de elementos no banco.

- Integração de outras funcionalidades

A utilização da plataforma Wix facilitou o desenvolvimento de páginas web associadas a diversas ferramentas buscando preencher as lacunas existentes na atuação dos comitês de bacia do Estado. Para atender as necessidades identificadas garantindo facilidade de acesso e de utilização, as ferramentas gratuitas selecionadas foram incorporadas de diferentes maneiras na solução.

As redes sociais foram utilizadas como meio de divulgação e sensibilização em larga escala para facilitar o envolvimento de pessoas que possam ser interessadas em participar da gestão hídrica. Não tem como convidar pessoas para participar sem que elas saibam em que vão participar, assim como também não existe maneira de tornar um público fiel sem reafirmar a importância da continuidade de sua participação. Nesse sentido, considerando que a escolha de uma rede social depende da afinidade do público com a plataforma, buscou-se incorporar diferentes redes sociais que se completam no ponto de vista do portal web proposto.

O Facebook é a rede social mais difundida em todo o mundo, e mais utilizada nos comitês de bacia brasileiros, sendo assim, na página web de cada comitê foi prevista a incorporação de ícone para link direto à página inicial (fanpage) do referido

comitê no Facebook. O uso desta rede social ainda tem maior efetividade de comunicação por permitir conhecer quem é seu público alvo a partir de informações de localidade, gênero, faixa etária, interesses, preferências, etc. dos usuários vinculados. No protótipo foi incluído o link para a página COBH Capibaribe mantida pelo comitê nesta rede social.

Com essência em divulgação visual, o Instagram permite a publicação de fotos e vídeos de maneira simples e fácil. A certeza de crescimento dessa forma de comunicação, identificada em pesquisas com o estudo Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology 2016–2021 da Empresa Cisco Systems, realizado em 2017, que aponta que 80% do tráfego na internet se dará por meio de vídeos até 2020, demonstra a importância de diversificar a forma de disseminação de informações para mobilização social. De forma similar ao Facebook, mas com um público mais jovem, o Instagram possibilita agregar seguidores, divulgar ações, publicar imagens e montar uma rede de amigos dos comitês de bacia. No protótipo foi incorporado como link de acesso à conta da APAC no portal web já que o Cobh Capibaribe não possui conta ativa.

O Twitter também foi incorporado, mas por se tratar de um aplicativo específico de disseminação de opiniões curtas, apenas os resultados consultados para a hashtag #amigosdorio são apresentados na solução web da campanha criada para mobilização social. Por se tratar de uma ferramenta que permite identificação de tendências, hierarquização de tópicos relevantes e principalmente georreferenciamento de publicações, a apresentação dos resultados consultados a partir da hashtag podem mostrar a localização de ações realizadas para preservação e conservação dos rios incentivada na campanha.

Outra forma de publicação cada vez mais difundida para treinamentos, congressos e simpósios que pode ser aplicada para aumentar o envolvimento de interessados é a transmissão ao vivo. Para tanto, recursos tecnológicos avançados poderiam ser necessários, mas para atender esta necessidade sem grande dificuldade técnica sugere-se a utilização do Youtube Live, canal de compartilhamento de vídeos em tempo real do Youtube. Essa aplicação não precisa estar diretamente incorporada ao portal web, a transmissão pode ser acessada diretamente do canal ativo, pode ser incluída na linha do tempo do Facebook, ou também incorporada na

página web de um comitê, sendo necessário incluir a visualização do vídeo no dia agendado para realização de um evento, no caso dos comitês de bacia, os dias de realização de reuniões abertas ao público. O aplicativo permite, além da transmissão em tempo real, o agendamento da realização de um evento ao vivo, a interação por mensagem dos participantes assinantes do canal durante a transmissão, a análise de tráfego da transmissão sob diferentes métricas e a realização de webinars (curtas apresentações agendadas) temáticos para capacitação de membros e realização de divulgações voltadas à conscientização e educação ambiental.

Por fim, após pesquisas e teste de soluções para realização de reuniões à distância, foi escolhido o aplicativo Google Hangouts para atender a esse objetivo. Com o propósito de facilitar a participação à distância de integrantes dos comitês de bacia, o Hangouts funciona de maneira similar ao Skype, com o diferencial de permitir a participação de um maior número de usuários em uma videoconferência. Tem por requisitos a necessidade de utilização de uma conta do Google, um computador ou smartphone com uma câmera e um microfone e uma conexão com a Internet.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A complexidade da estrutura necessária para atender diferentes usuários, com diferentes entendimentos do espaço e distintas experiências e conhecimentos individuais, inviabiliza a implantação do modelo padrão de SIG Corporativo que possui alta complexidade técnica de uso, necessita de profissionais habilitados para manutenção e envolve altos níveis de investimento para desenvolvimento. O modelo proposto para apoiar a gestão hídrica na atuação dos comitês de bacia hidrográfico foi estruturado para garantia de uso em multiplataformas, a partir de múltiplos acessos, associando múltiplos portais de dados e incorporando multisoluções.

Considerando a certeza da escassez de recursos para os comitês executarem/implementarem suas ações, principalmente aqueles que não possuem cobrança pelo uso das águas instituída, buscou-se desenvolver uma solução de baixo custo utilizando softwares livres e aplicativos gratuitos.

O portal web desenvolvido contempla a implementação de um servidor de dados conforme padrões estabelecidos pela INDE, a acessibilidade aos geoserviços por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs) desktop, a acessibilidade

através de aplicação web, e a facilidade visualização dos dados espaciais de forma dinâmica e interativa.

Sob o ponto de vista da atitude governamental, a implantação da solução apresentada é simples, requer pouco dispêndio de recursos, apenas para a edição e geração de novos serviços de mapas, e facilita a construção de novos sistemas, por garantir a replicação nas demais bacias hidrográficas. Para a sociedade, a proposta atende os anseios de integração de informações e se configura como um repositório de dados relativos a gestão hídrica estadual possibilitando a divulgação de ações, o acesso aos documentos oficiais, e a participação de todos os interessados. Considerando o posicionamento da atitude empresarial, para benefício da gestão hídrica participativa, o portal permite a divulgação de ações de educação ambiental desenvolvidas pelas empresas, garante acesso aos dados

Três demandas específicas foram atendidas com a solução apresentada: a ausência ou dificuldade de acesso à geoinformações, a deficiência de comunicação relacionada às dificuldades de participação nas reuniões e a necessidade de mobilização social para participação no comitê e para disseminação de ações de educação ambiental. O trabalho ainda discutiu os problemas de confiabilidade da base de dados e mostrou caminhos para enfrentar as dificuldades de acesso aos dados.

Assim como colocado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OECD, vale destacar que o engajamento das partes interessadas e a mobilização social generalizada não devem excluir os sólidos conhecimentos técnicos e o exercício da autoridade pública na busca pela governança das águas.

Com o intuito de incentivar a participação da Sociedade e estimular a realização de ações em todas as bacias hidrográficas, sugere-se a criação de programas de premiação e reconhecimento de melhores iniciativas desenvolvidas. Podem implantados em frequência anual com cerimônia de entrega nas comemorações como o dia da água ou do rio.

Para expansão da solução apresentada recomenda-se buscar a integração de geoserviços de diferentes fontes e integrar um catálogo de metadados para consulta e disponibilização, via serviço, dos dados espaciais da base cartográfica.

REFERÊNCIAS

Casadei, S.; Bellezza, M.; Casagrande, L.; Pierleoni, A. A WEB-GIS platform for water resource management The information and communication technologies for environmental sustainability. *Advanced Research in Scientific Areas*. 2012.

Castro, C.M.; Ferreirinha, M.M. A Problemática Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Desafios para a Gestão dos Recursos Hídricos. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 35, n. 2. 2012. p.71-77. e-ISSN 1982-3908.

Dias, C.A. Portal corporativo: conceitos e características. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 30, n. 1, p. 50-60, jan./abr. 2001.

Girão, I.P.; Da Rocha, S.R. Comunicação, empoderamento e gestão participativa no Comitê da Bacia do Salgado. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 34, n. 1 e 2, p. 113-119, dez. 2013.

Jacobi, P. R. Comitês de bacia hidrográfica: o que está em jogo na gestão compartilhada e participativa. In: DOWBOR, L. & TAGNIN, R. A. (org.). *Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade*. São Paulo: SENAC São Paulo, 2005. p. 81-88.

Kemerich, P.D.C.; Ritter, L.G.; Dulac, V.F.; Cruz, R.C. Gerenciamento de recursos hídricos: desafios e potencialidades do comitê de bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo. *Soc. & Nat.*, Uberlândia, 28 (1): 83-94, jan/abr/2016.

Kemerich, P.D.C.; Ritter, L.G.; Dulac, V.F. Gerenciamento de comitês de bacia: desafios e potencialidades. *Revista Monografias Ambientais - REMOA Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM*, Santa Maria v. 13, n. 5 (2014): Edição Especial LPMA/UFSM, p. 3737-3743. e-ISSN 2236 1308.

Loë, R.C.; Patterson, J.J. Boundary Judgments in Water Governance: Diagnosing Internal and External Factors that Matter in a Complex World. *Water Resour Manage* (2018) 32:565–581.

Milaré, G.; Da Silva, N.M.; Paranhos Filho, A.C. Cenário do Uso de Software Livre em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 39, nº 3, p 111-115, 2016. e-ISSN 1982-3908.

Motter, A.F.C.; Foletto, E.M. Um olhar sobre a gestão dos recursos hídricos: o caso do comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica dos Rios Santa Rosa, Santo Cristo e Turvo – Noroeste do Rio Grande do Sul. *Perspectiva*, Erechim, v.34, n.126, p. 143-155, junho/2010.

OECD (2015), *Governança dos Recursos Hídricos no Brasil*, OECD Publishing, Paris. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>>. Acesso em: 01 out. 2016.

PERNAMBUCO. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I. 52- diagnóstico hidroambiental volume 01/03, Projetos Técnicos. Recife, 2010. 319 p.

PERNAMBUCO. Lei. nº 12.984/2005, de 30 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial [do Governo do Estado de Pernambuco], Recife, PE.

PERNAMBUCO. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE. Governo do Estado de Pernambuco. Documento Síntese. 1998. 223 p.

Saraswat, C.; Mishra, B.K.; Kumar, P. Integrated urban water management scenario modeling for sustainable water governance in Kathmandu Valley, Nepal. *Sustain Sci* (2017) 12:1037–1053.

Silva, R.P.; Farias, C.R.O.; Cavalcanti, E.R. Tecendo a Rede de sustentabilidade hídrica: participação social e Educação comunitária. Cap. 9. In: BRAGA, R.A.P. et al. *Águas de Areias*. Recife: Ed. Clã, 2016. 336p. ISBN: 978-85-61428-23-5.

Silva, A. P.; Silva, C. M. Planejamento ambiental para bacias hidrográficas: convergências e desafios na Bacia do Rio Capibaribe, em Pernambuco-Brasil. *Revista HOLOS*, Ano 30, v.1. p.20-40. 2014.

Torres Filho, C. O.; Da Cunha, F. A. G. C.; Cirilo, J. A.; Agra, M. C. M.; Sampaio Junior, R.A. Sistema de informações de recursos hídricos do Estado de Pernambuco: subsistema de informações ao usuário. *RBRH: Revista B*

Vani, B.C.; Shimabukuro, M.H.; Tsuchya, I. Tree-SIGW: Um estudo de caso para a concepção de um sig-web pela integração de softwares livres e uso de padrões abertos. In: Simpósio Brasileiro de Geomática. Anais do III SBG, Presidente Prudente - SP, 25-27 de julho de 2012. v.1. p. 078-083. ISSN 1981-6251.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou a análise dos comitês de bacia de Pernambuco identificando o contexto para inserção de geotecnologias da informação e desenvolvendo metodologias de levantamento de requisitos para desenvolvimento de proposta de solução tecnológica que preencha as lacunas da atuação desses organismos.

Os estudos e pesquisas realizados permitiram analisar as necessidades dos diferentes atores envolvidos na gestão de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica com base na identificação das características do uso e compartilhamento da informação espacial.

Com a metodologia proposta foi possível atingir o objetivo geral da pesquisa de analisar a realidade de atuação dos comitês de bacia de Pernambuco quanto à comunicação e o acesso às geoinformação, os três produtos gerados formam o protótipo computacional construído para a Bacia do Rio Capibaribe.

A modelagem dos dados foi realizada primeiramente no nível lógico com base na metodologia de modelo entidade-relacionamento OMT-G, em especial para os dados espaciais necessários ao sistema.

Em se tratando da base cartográfica, o banco de dados espacial criado no PostgreSQL/PostGIS foi alimentado com os dados da ANA, APAC, além dos dados espaciais utilizados na construção do Plano Hidroambiental da Bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, os dados espaciais do Atlas de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco e os dados espaciais do Projeto Pernambuco Tridimensional.

Para finalizar a construção do protótipo, foi definida uma arquitetura simplificada, baseada nas análises de demandas realizadas, no modelo lógico construído, na infraestrutura e recursos existentes e na deficiência de pessoal qualificado para implementação da solução.

A estrutura final do protótipo construído como portal web levou em conta a necessidade do atendimento de alguns princípios básicos, tais como: a amigabilidade e flexibilidade do sistema, para permitir o incremento, atualização ou exclusão de informações; a interoperabilidade, para permitir que o sistema seja íntegro e visualize dados já existentes em outros bancos de dados ou sistemas, de forma a associar e

tornar disponível dados de diferentes bases cartográficas sobre a área de interesse; a possibilidade de manutenção e atualização dos dados, de maneira simples através da importação dos ou de forma automatizada a partir do uso de geoserviços; a acessibilidade, pela disponibilização da solução na internet sem controle de usuários; e o dispêndio de recursos, pelo desenvolvimento sem uso de soluções proprietárias e sem custo de hospedagem.

A visão do espaço em ambiente SIG permitiu o desenvolvimento de um conjunto de soluções integradas para atendimento das demandas identificadas, permitindo a incorporação da inteligência geográfica em diferentes pontos de vista com compartilhamento de informações, e otimizando a tomada de decisão sobre o território.

Os resultados apresentados mostram que, partindo do princípio que tudo acontece em algum lugar, e buscando respostas para as questões O que?/Onde?/Como?/Quando?, é possível subsidiar de maneira mais assertiva, com segurança técnica, o desenvolvimento dos programas do governo. O governo de Pernambuco tem identificado essa necessidade e vem desenvolvendo iniciativas pontuais na busca de conhecer para governar, alguns exemplos de iniciativas nesse sentido são as publicações de atlas temáticos (atlas da saúde, atlas da cultura, atlas do desenvolvimento, etc.), seria necessário investimento para disponibilização de portais de dados espaciais abertos para promover a interoperabilidade multinível entre os órgãos, instituições e secretarias estaduais e municipais.

O governo tem que reconhecer seu papel/função no contexto da inteligência geográfica, tem que deixar de ser o centro de processamento de dados para assumir a estratégia de centro de integração e disseminação/compartilhamento de dados. Considerando que a incorporação de aplicativos na gestão governamental requer mudanças de políticas de de trabalho, recomendamos analisar os desafios e impactos de implantação dessas ferramentas nos órgãos para promoção da gestão participativa.

A utilização de aplicativos também disponíveis para Android e desenvolvimento de páginas web para pequenos formatos de tela possibilitam o uso da solução em smartphones facilitando a disseminação do protótipo para todos os atores da gestão hídrica e a sociedade em geral. Além disso, a associação de ferramentas de

videoconferência e redes sociais permitem maior popularização do portal web gerado. A campanha #amigodorio se mostrou ser uma iniciativa interessante para fomentar novas ações de preservação e conservação dos recursos hídricos, mas sua efetiva contribuição depende de campanhas de marketing, as quais podem ser realizadas nos meios de comunicação oficiais do governo sem custos adicionais.

Diante do exposto, a implementação do protótipo se mostrou bastante viável comprovando a hipótese inicial de que é possível desenvolver ferramentas para apoiar a governança multinível de uma bacia hidrográfica a partir da construção um sistema de informação de recursos hídricos em plataforma web que facilite a tomada de decisão nos comitês de bacia e o envolvimento participativo dos diferentes usuários na gestão das águas.

6.1 Recomendações

A gestão de recursos hídricos na escala da bacia prevê um profundo conhecimento dos dados sobre os quais os planos de bacia são desenvolvidos. Essa consideração significa que diferentes tipos de dados e informações hidrológicas, de solo e terreno, uso e distribuição de água, obras hidráulicas existentes e restrições ambientais devem ser levadas em consideração.

Todas essas informações devem ser coletadas, validados, atualizados continuamente e, principalmente, compartilhadas entre todos os órgãos, instituições, usuários e interessados em participar ou acompanhar a gestão hídrica. A publicação ou disponibilização dessas informações para a sociedade em geral ainda é deficiente, devido principalmente à carência de profissionais com domínio tecnológico para programação integrada de aplicativos que utilizam softwares livres.

Uma recomendação inicial seria a construção de uma infraestrutura de dados da gestão hídrica estadual para estruturar a geração, contratação e padronização de dados relacionados a esta temática. Seguindo a mesma linha de desenvolvimento proposta nesta Tese podem ser utilizados softwares livres nessa construção, como por exemplo a plataforma opensource GeoNode. Desenvolvida pela OpenGeo em parceria com o banco mundial, a ferramenta oferece uma solução completa para a colaboração e transparência dos dados espaciais. A plataforma é composta pelo GeoServer, GeoNetwork, Django, GeoExt e mais uma coleção de ferramentas

opensource. Ela possibilita a visualização de dados espaciais complexos além possibilitar que pessoas com diversos níveis de conhecimento a utilizem.

Considerando a variedade e quantidade de documentos gerados por cada comitê à serem disponibilizados no portal web, sugere-se ainda o uso de web semântica (processo de análise de arquivos que promove a recuperação, processamento e mediação da informação em benefício dos usuários) para facilitar a busca e apresentação das documentações das reuniões dos comitês de bacia de interesse ao usuário.

REFERÊNCIAS

Para esclarecimentos quanto à organização do texto, cabe destacar que as referências dos artigos apresentados nos itens 5.1, 5.2 e 5.3 estão incluídas nos artigos.

ABDUL-RAHMAN, A; PILOUK, M.. **Spatial Data Modelling for 3D GIS**. ISBN 978-3-540-74166-4. Springer, 2008.

ACSELRAD, H.. Ambientalização das lutas sociais - o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100010&lng=en &nrm=iso>. Acesso em 21 Jan. 2017.

ALBU, O.B.; FLYVERBOM, M. Organizational Transparency: Conceptualizations, Conditions, and Consequences. **Business & Society**. P. 1– 30, 2016. Disponível em: <http://www.academia.edu/27392583/Albu_O.B._and_Flyverbom_M._2016._Organizational_Transparency_Conceptualizations_Conditions_and_Consequences._Business_and_Society>. Acesso em 20 dez. 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.

ALCANTARA, L.A.; VALDEVINO, D.S.; SÁ, L.A.C.M.. Análise de programas computacionais livres para disponibilização de mapas na Internet. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais XIV SBSR**. Natal: INPE, 2009. p. 4937-4942. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.23.29/doc/4937-4942.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

ALCANTARA, L.A.; **Sistema de Geoinformação como suporte à gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos na Região Metropolitana de Recife**. 2011. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2011. Disponível em: <https://www.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/geo_rechid.pdf>. Acesso em 15 jan. 2016.

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do nordeste. In: VASCONCELOS-SOBRINHO, J. **As regiões Naturais do Nordeste: o meio e a civilização**. Recife: CONDEPE, 1970. p.: 95-138

ANDRADE, P.R.G.S.. **Estudo para alocação ótima das águas de um sistema de reservatórios em série e em paralelo, para usos e objetivos múltiplos, na Bacia do Rio Capibaribe, PE**. 2006. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB, 248p. 2006.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/monitoramento/>>. Acesso em 15 nov. 2016.

ARAGÃO, H.; CAMPOS, J.. SIGWeb Builder: Uma Ferramenta Visual para Desenvolvimento de SIG Webs. UNIFACS, Salvador-BA, 2009. Disponível em: <<http://www.geoinfo.info/geoinfo2008/papers/p22.pdf>>. Acesso 09 jun. 2015.

ARAÚJO, T. B.. **Ensaio sobre o Desenvolvimento Brasileiro: heranças e urgências**. Rio de Janeiro: Revan; FASE, 2000.

ARAÚJO FILHO, P.F.; CABRAL, J.J.S.P.; SILVA, A.V.. Processo de Evaporação no Leito seco do Rio. Cap. 3. In: BRAGA, R.A.P. et al. **Águas de Areias**. Recife: Ed. Clã, 336p. 2016. ISBN:978-85-61428-23-5.

ARONOFF, S.. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: DL Publications, 249p. 1989.

AYE, Z. C.; JABOYEDOFF, M.; DERRON, M. H.; WESTEN, C. J.; HUSSIN, H. Y.; CIUREAN, R. L.; FRIGERIO, S.; PASUTO, A.. An interactive web-GIS tool for risk analysis: a case study in the Fella River basin, Italy. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 16, 85–101, 2016.

BARBOSA, D. L.. **A Exploração de um Sistema De Reservatórios: Uma Análise Otimizada dos Usos e Objetivos Múltiplos na Bacia do Rio Capibaribe-PE**. 281p. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB, 2008.

BARTH, F.T. et al.. **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**, São Paulo: Nobel: ABRH (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 1), 1987.

BARTH, F.T. Comitês de bacias hidrográficas e agências de água. In: Semana Internacional de estudos sobre gestão de recursos hídricos. 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, ABRH, 11p. 1999. (Anais virtuais).

BELLEZZA, M.; CASADEI, S.; PIERLEONI, A. Hydrological model and WEB-GIS for water resource management at a basin scale. The Role of Hydrology in Water Resources Management (Proceedings of a symposium held on the island of Capri, Italy, October 2008). **IAHS Publ.** 327, 72-79, 2009.

BIELENKER, C.J. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic Information Systems For Geoscientists: Modelling with GIS**. Pergamon, 398p. 1996.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The Unified Modeling Language user guide**. Inc. Redwood City, CA, USA: Addison Wesley Longman Publishing Co., 1999. ISBN:0-201-57168-4.

BORGES, K. A. V., DAVIS JR., C. A., LAENDER, A. H. F.. OMT-G: An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications. **Geoinformatica**, v. 5, n. 3, p. 221-260, 2001.

BORGES, K.A.V.; DAVIS JUNIOR, C.A.; LAENDER, A.H.F.. Modelagem Conceitual de Dados Geográficos. In: **Bancos de Dados Geográficos**. ED. MundoGEO. Curitiba, 2005.

BORN, R. H.. Seguridade hídrica, comitês de bacia hidrográfica e cidadania. **Revista CEJ**, Brasília, n. 12, p. 63-70, set./dez. 2000. Disponível em:<<http://www.cjf.jus.br/ojs2/index.php/revcej/article/viewFile/361/509>>. Acesso em: 01 Out. 2016.

BORSOI, Z.M.F.; TORRES, S.D.A.. Política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**. Brasília, BNDES, dez/1997. n.8. 15p. ISSN: 0104-5849. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/870>>. Acesso em 01 de ago. 2016.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M.. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDI - SI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras: USP/ABC, 1999. cap.19. p, 637-649.

BRAGA, R. A. P.; FARIAS, C. R. O. ; SILVA, S. R. ; CAVALCANTI, E. R.. **Gestão e educação socioambiental na Bacia do Capibaribe**. 1. ed. Recife: Editora Clã, 144p. 2015.

BRAGA, R. A. P.; PAIVA, A. L. R.; ARAÚJO FILHO, P. F.; CABRAL, J. J. S. P.; GUSMAO, P. T. R.; CAVALCANTI, E. R.; FARIAS, C. R.; COSTA, W. D.; SILVA, A. V.. A sustentabilidade do uso da água subterrânea frente à exploração de areias em leito seco de rios do semiárido brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 18, 2014, Belo Horizonte. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. São Paulo: ABAS, 2014. v. 1. p. 1-10. Disponível em:<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1303>>. Acesso em 10 jan. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212p.: il.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA) **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. -- Brasília: ANA, 2012. 215 p.: Il. ISBN 978-85-89629-89-8.

_____. Agência Nacional de Águas (ANA). **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é, o que faz?** Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: volume 1. Brasília: ANA, 2011a. 64p. ISBN 978-85-89629-76-8.

_____. Agência Nacional de Águas (ANA). **O Comitê de Bacia Hidrográfica: prática e procedimento**. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: volume 2. Brasília: ANA, 2011b. 81p. ISBN 978-85-89629-77-5.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano de Ação para implantação da INDE: Infraestrutura nacional de dados espaciais**. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), 2010. 203p. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em 01 de ago. 2016.

_____. Agência Nacional de Águas (ANA) **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009. 204 p.: Il. ISBN 978-85-89629-48-5.

_____. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 28 nov. 2008.

_____. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

_____. Lei 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. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 05 out. 1988.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 02 set. 1981.

_____. Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973. Cria, no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, e dá outras providências. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**, 1973. Página 160. Vol. 8. Brasília, DF, 30 out. 1973.

_____. Lei nº 541, de 15 de dezembro de 1948. Cria a Comissão do Vale do São Francisco, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 17 dez. 1948.

_____. Decreto-Lei nº 8.031, de 03 de outubro de 1945. Autoriza a organização da Companhia Hidroelétrica do São Francisco. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 09 out. 1945.

_____. Decreto-Lei nº 5.684, de 20 de julho de 1943. Autoriza a criação da Companhia Nacional de Alcalis, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 23 jul. 1943. Seção I, p. 11169.

_____. Decreto-Lei nº 4.352, de 1º de junho de 1942. Encampa as Companhias Brasileiras de Mineração e Siderurgia S.A. e Itabira de Mineração S.A. e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 03 jul. 1942. Seção I, p. 10575.

_____. Decreto-Lei nº 3.002, de 30 de janeiro de 1941. Autoriza a constituição da Companhia Siderúrgica Nacional e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 01 fev. 1941. Seção I, p. 1941.

_____. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**, 1934. Retificado em 27 jul. 1934. Brasília, DF, 10 jul. 1934.

BRITO, F. B. de. **Conflito pelo uso da água do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) – PB**. 2008. 210p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2008.

BURGS, G. REIS, A.T.L. Planejamento urbano participativo por meio da utilização de novas tecnologias: uma avaliação por especialistas. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, 2017 jan./abr., 9(1), 110-123.

BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford University Press, 1986. 315p.

CAMARA, J.B.D. Governança ambiental no Brasil: ecos do passado. **Rev. Sociol. Polit.**, Curitiba, v.21, n.46, p.125-146, Junho, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010444782013000200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 21 Jan. 2017.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São Paulo: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>>. Acesso em 10 nov. 2016.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Tendências de Evolução do Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília: Embrapa, 1998. 434p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.; FREITAS, U.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling**. Computers and Graphics, v. 15, n.6, p. 13-22, 1996.

CÂMARA, G., CASANOVA, M.A., DAVIS JUNIOR, C., VINHAS, L., QUEIROZ, G. **Banco de Dados Geográficos**, Curitiba, Editora MundoGEO, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/capitulos.html>> Acesso em 06 de out. 2016.

CASADEI, S.; PIERLEONI, A. BELLEZZA, M.. Sustainability of Water Withdrawals in the Tiber River Basin (Central Italy). **Sustainability**, 2018, 10, 485; 18p. doi:10.3390/su10020485.

CAVALCANTI, E.; BRAGA, R.A.P.; AGUIAR, W.J.. Desafios para a governança hídrica local. Cap. 11. In: BRAGA, R.A.P. et al. **Águas de Areias**. Recife: Ed. Clã, 2016. 336p. ISBN:978-85-61428-23-5.

CEMG-CONCAR. **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil – Perfil MGB**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Comissão Nacional de Cartografia – Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais. Nov. 2009.

CHANG, K.. **Introduction to Geographic Information Systems**, 7th ed., Singapore: McGraw-Hill, 2013.

CHIAVENATO, I.. Administração Geral e Pública. 2ª ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A.. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. Vol. I - O Canal Fluvial. 313 p. 1981.

COWEN, D.J.. GIS Versus CAD Versus DBMS: What are the Differences? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54:1551-1554.1988.

DA PENHA, A. L. T.; CÂNDIDO, L.; BARROS FILHO, M. B. B.; BRAGA, R. A. P. SISTEMA DE informação web para a gestão de bacias hidrográficas: o caso do rio Natuba-PE. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4, 2012, Recife. **Anais do IV SIMGEO**. Recife: UFPE, 2012. p. 001 – 007. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/044_5.pdf>. Acesso em 10 jul. 2017.

DAVIS, C.; CÂMARA, G.. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São Paulo: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acesso em 15 jan. 2016.

DAWES, S.S.; VIDIASOVA, L.; PARKHIMOVICH, O. Planning and designing open government data programs: An ecosystem approach. **Gov. Inf. Q.** 33, 15–27. 2016. doi:10.1016/j.giq.2016.01.003.

DINIZ, A.. Geoinformação para governar melhor. **Revista InfoGeo**, Ano 10, n. 53, p.38-40, 2008.

DOUROJEANNI, A.. **Management procedures for sustainable development. Serie Medio Ambiente y Desarrollo n.3**. Santiago, Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, United Nations, 1997.

ELDRANDALY, K.A.; NAGUIB, S.M.; HASSAN, M.M. **Evaluation of Critical Success Factors for GIS Implementation Using Analytic Hierarchy Process**. International Journal of Computing Academic Research – IJCAR. Volume 4, N° 3, pp.132-143. Junho 2015. ISSN 2305-9184.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S.B.. **Fundamentals of Database Systems**, 6.ed., Addison-Wesley, 2007.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006.

ESRI, C.A.; **Understanding GIS: The ARC/INFO Method**. Environmental System Research Institute, Redlands, California, EUA, 1990.

ESRI. ArcGIS 9, **What is ArcGIS 9.2?** ESRI Press: Redlands, California, EUA, 119 p. 2006.

FALKENMARK, M.. Water scarcity generates environmental stress and potential conflicts. In: James, W. e Niemczynowicz, J. (Ed.). **Water, development and the environment**. BOCA RATON: Lewis Publishers, 1992.

FARIAS, L. A. FÁVARO, D. T.. Vinte anos de química verde: Conquistas e desafios. **Quim. Nova**, Vol. 34, No. 6, 1089-1093, 2011. Recebido em 2/7/10; aceito em 7/12/10; publicado na web em 29 de mar. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v34n6/30.pdf>>. Acesso em 23 out. 2016.

FAYOL, H. **Administração industrial e geral**. São Paulo: Atlas, 138 p. 1994.

FOOTE, K.; LYNCH, M.; **Geographic Information System as an Integrating Technology: Context, Concept and Definitions**. Department of Geography, University of Colorado. Geographers's Craft Project. 2000. Disponível em: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/intro/intro_f.html>. Acesso em 28. Dez 2010.

FRANKE, F.D.; BIAS, E.S. 2016. O uso o compartilhamento e a disseminação da Geoinformação na administração pública brasileira: uma análise dos recentes avanços. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº68/3: 547-566.

FREITAS, A. J. Gestão de recursos hídricos. In: **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e administrativos e sociais**. Brasília/DF: SRH/UFV/ABRH, 2001.

GEWIN, V., Data sharing: An open mind on open data. **Nature** 529, 117–119. 2016.

GOMES, C. S. **Comitês de bacias hidrográficas de rios do médio São Francisco: possibilidades e desafios de gestão do uso da água**. 2008. 97 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2008.

GOODCHILD, M.F. et al. GIS and environmental modeling: progress and research Issues. **GIS World**, Inc., Ft Collins, CO. 504p. 1995.

GOODCHILD, M.; BRADLEY, P.; STEYAERT, I. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 488p. 1993.

HARRIS, B. Sketch Planning: Systematic Methods in Planning and Its Support. In: **Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools**. Edit. R. K. Brail e R.E. Klosterman, ESRI Press, p. 59- 80. 2001.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. São Paulo: **Estudos avançados**. 2008, v.22, n.63, 2008. P. 131-158. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a09.pdf>. Acesso em 01 out. 2016.

HUXHOLD, W. E. **An Introduction to Urban Geographic Information Systems**. Oxford University Press, Oxford, 1991.

IBGE. **Censo Demográfico 2010** – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 01 nov. 2016.

IBGE. **Contagem populacional 2007** – Atualização de estimativas da População. IBGE, 2007. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em 01 nov. 2016.

IESCHECK, A.L.; PAOLAZZI, C.; SLUTER, C.R.; CAMBOIM, S.P. Estruturação e publicação de dados geoespaciais em consonância com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e com os padrões de interoperabilidade do governo eletrônico (E-PING). **Revista Brasileira de Cartografia** (2016), No 68/7: 1425-1439.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N.; PESSOA, S.C.P.; SILVEIRA, C.O. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Recife-PE: DNPEA. Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. v. 1. 359p. (Brasil. DNPEA. Divisão de Pesquisas Pedológicas. Boletim técnico, 26; Brasil. SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia. Pedologia, 4).

KASSEN, M. A promising phenomenon of open data: A case study of the Chicago open data project. **Gov. Inf. Q.** 30, 508–513. 2013.

KELLEY, H. **Creating a Well Database and Web Mapping Application: Using Geographic Information Systems to Manage and Monitor Groundwater Resources in Sonoma County, California**. Thesis (Master of Science), Faculty of the USC Graduate School University of Southern California, December, 125p. 2016.

KRAAK, M. J.; ORMELING, F. J. **Cartography: Visualization of Spatial Data**. 3.ed. England, Addison Wesley Longman, 222 p. 1998.

LANNA, A. E. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília, DF.: IBAMA, 171p. 1995. (Coleção Meio Ambiente).

LANNA, A. E. Gestão dos Recursos Hídricos. In: TUCCI, Carlos, E. M.(org.). **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. 4ª ed. 1ª Reimpressão. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, p.727-768. 2007.

LINS, F.J.C.C. **Geoprocessamento: uma abordagem para o desenvolvimento de sistema de apoio a gestão ambiental no Alto Vale do Rio Ipojuca**. 2007. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 108 f. 2007.

LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. **Geographical Information Systems and Science**. 3rd ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

LOPES, T.S.F.; FERNEDA, E. Padrão especial de disseminação de dados (SDDS): uma introdução. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**. João Pessoa, v. 11, n. 1, p. 151-168, 2016. Disponível em: <[per iodicos.ufpb.br/index.php/ pbcib/article/download/28252/15249](http://periodicos.ufpb.br/index.php/pbcib/article/download/28252/15249)> Acesso em 20 out. 2016.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.; RHINDS, D. W. **Geographic Information Systems: Principles and Application**. New York: John Willey, 1991.

MEDEIROS, J. S. **Bancos de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologias de Apoio à Gestão do Território**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 1997. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/simeao/>>. Acesso em 15-05-09.

MELO JUNIOR, J.B.; CANDEIAS, A.L.B. SIG e sua interoperabilidade utilizando servidores de WEB. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 12., 2005. Goiânia. **Anais XII SBSR**. Goiana: INPE, p. 32273-2280. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.19.57/doc/2273.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

MINELI, M.; CHAMBERS, M.; DHIRAJ, A.. **Big data, big analytics: emerging business intelligence and analytic trends for today's businesses**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

OECD (2015), **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**, OECD Publishing, Paris. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>>. Acesso em: 01 out. 2016.

OLIVEIRA, E. F. GEOWEB: Os novos rumos da internet. **Revista InfoGeo**, Ano 10, n. 53, p.26-29, 2008.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Les organismes des nations unies et l'eau. Notes d'informations à l'intention des coordonnateurs résidents/représentants résidents, des représentants dans les pays et des directeurs de projet associés à diverses organisations**. Nova Iorque: ONU, 1982. Disponível em:<<http://unesdoc.unesco.org/images/0005/000583/058343fb.pdf>>. Acesso em 23 out. 2016.

PADOVANI, C. R.; FLORES, C. P.; SOUSA, R. A.; LIMA, L. H. Q.; SILVA, J. P. **Implantação de um WebGIS como suporte a decisão sobre eventos hidrológicos no Pantanal: programas e métodos**. Documentos / Embrapa Pantanal, 16 p. 2013.

PATIL, N.S.; GOSAIN, A. K. Geographical Information System (Gis) for water resources management. IC-RICE Conference Issue. Available @ <http://www.ijret.org> 417. **IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology** eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308. Nov-2013.

PENZIN, S.C.A.P.; DALBERTO, D.M. Proposta de perfil para o gestor de bacia hidrográfica: Um estudo de caso na Itaipu Binacional. **Pleiade**. Foz do Iguaçu, v. 2, n. 1, p. 65-92, jan./jun. 2008. Disponível em: <<http://intranet.uniamerica.br/site/revista/index.php/pleiade/article/download/47/40>>. Acesso em 10 Set. 2016.

PERNAMBUCO. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe**: Tomo I. 52- diagnóstico hidroambiental volume 01/03, Projetos Técnicos. Recife, 319 p. 2010.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Capibaribe**. Governo do Estado de Pernambuco. Recife, 2002.

_____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE.** Governo do Estado de Pernambuco. Documento Síntese. 223 p. 1998.

_____. Lei. nº 12.984/2005, de 30 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial [do Governo do Estado de Pernambuco]**, Recife, PE. Disponível em:<legis.alepe.pe.gov.br/?lo129842005>. Acesso em: 29 set. 2016.

_____. Lei. nº 11.426/1997, de 17 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [do Governo do Estado de Pernambuco]**, Recife, PE. Disponível em:<<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=1&numero=11426&complemento=0&ano=1997&tipo=TEXTORIGINAL>>. Acesso em: 29 set. 2016.

_____. Lei nº 13.690/2008, de 16 de dezembro de 2008. Dispõe sobre incentivos à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo e social no Estado de Pernambuco, e dá outras providências. **Diário Oficial [do Governo do Estado de Pernambuco]**, Recife, PE. Disponível em:<<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=1&numero=13690&complemento=0&ano=2008&tipo=&url=>>. Acesso em: 29 set. 2016.

PORTO, M.; TUCCI, C.E.M. Planos de recursos hídricos e as avaliações ambientais. Revista de Gestão de Água da América Latina. **REGA**. REGA – Vol. 6, no. 2, p. 19-32, jul./dez. 2009.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L L. Gestão de bacias hidrográficas. São Paulo: **Estudos avançados**. 2008, v.22, n.63, P. 43-60. 2008. Disponível em:<www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>. Acesso em: 01 out. 2016.

RAMIREZ, M.R.; SOUZA, J.M. Sistema Gerenciador de Banco de dados em Sistemas de Informações Geográficas. In: MEIRELLES, M.S.P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C.M. **Geomática: Modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 593p. Cap. 2, p. 57-103. 2007.

REIS, A. C. de S.; LIMA, D. de A. **Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco: recursos vegetais de Pernambuco**. Recife: CONDEPE, 56 p. il. (CONDEPE. Serie I - Agricultura, 1). 1970.

ROCHA, A.A. **Análise socioambiental da bacia do Rio Verruga e os processos de urbanização de Vitória da Conquista – BA**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 179p. 2008.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 184p. 2004.

SANTOS, S. M. **Sistema Web para Visualização de Informações Geográficas de Áreas com Suscetibilidade Climática à Desertificação**. 95 f. 2015. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Juazeiro-BA.

SANTOS JUNIOR, W. M.; COSTA, V.C. Geoinformação: disponibilização e qualidade de dados apresentados em ambiente de Sistema e Informação Geográfica na Internet (SIGWEB). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 17., João Pessoa, 2015. **Anais XVII SBSR**. João Pessoa, INPE, p. 3470-3478. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0687.pdf>. Acesso em: 01 out. 2016.

SANTOS JUNIOR, W.M.; RIBEIRO, G.P. Qualidade dos dados Geográficos disponibilizados em ambiente de sistema de informação geográfica na internet. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 4., Recife, 2012. **Anais IV SIMGEO**. Recife: UFPE, 2012.

SCHEIDEGGER, E.; CARNEIRO, T.C.J.; ARAÚJO, C.A.S. Impactos do sistema de informação geográfica na administração pública municipal. **Revista Gestão & Tecnologia**, Fundação Pedro Leopoldo, v. 13, n. 1, p. 03-21, jan./abr. 2013. e-ISSN: 2177-6652.

SETTI, A. A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília, Agência Nacional de Águas, ANA, 2001. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061212102729_Introducao_Gerenciamento.pdf>.

SHIKLOMANOV, I.A. **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**, WMO, 1997. UNDP, UNEP, FAO, UNESCO, World Bank, WHO, UNIDO, SEI, WMO. Disponível em: <<http://www.ircwash.org/sites/default/files/210-97CO-14041.pdf>>. Acesso em 01 de ago. 2016.

SILVA, R.P.; FARIAS, C.R.O.; CAVALCANTI, E.R. Tecendo a Rede de sustentabilidade hídrica: participação social e Educação comunitária. Cap. 9. In: BRAGA, R.A.P. et al. **Águas de Areias**. Recife: Ed. Clã, 336p. 2016. ISBN: 978-85-61428-23-5.

SILVA, R.L. Metadados Geoespaciais: O Coração de uma IDE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 17., João Pessoa, 2015. **Anais XVII SBSR**. João Pessoa, INPE, p. 0446-0453. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0088.pdf>. Acesso em: 01 out. 2016.

SILVA, A. P.; SILVA, C. M. Planejamento ambiental para bacias hidrográficas: convergências e desafios na Bacia do Rio Capibaribe, em Pernambuco-Brasil. **Revista HOLOS**, Ano 30, v.1. p.20-40. 2014. Disponível em: <www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1734/775>. Acesso em: 01 Out. 2016.

SILVA NETO, M. A.; SANTOS, R. O.; SATO, F.; BENETI, C. A. A.; SCHEER, S. Sistema de visualização web para previsão, monitoramento em tempo real e análise histórica de dados meteorológicos. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais do IV SIMGEO**. Recife - PE, p. 004-0010, 06-09 de mai. 2012.

SILVA, L.M. Gestão ambiental de Recursos Hídricos: Pressupostos básicos, conceitos, modelos e instrumentos. **Caminhos de Geografia**, Instituto de Geografia - UFU, v. 11, n. 36, p. 207 – 223, dez/2010. ISSN 1678-6343.

SILVA, F.A.S. **Sistemas de informação geográfica na internet aplicados ao turismo na natureza nos Açores: Projecto ZoomAzores**. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica) – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação - Universidade Nova de Lisboa – PT. Lisboa, 2008.

SILVA, MR. **Desenvolvimento de uma aplicação SIG-WEB voltada ao turismo**. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento) – Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba – CEFET- PB. João Pessoa, 2007.

SILVA, J.P.S. **Sedimentologia, batimetria, qualidade da água e vulnerabilidade do rio Capibaribe na cidade do Recife-PE**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife- PE, 2003.

SILVA, F.B.R et al. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos – Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco. (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), Embrapa Solos. Documentos; nº 35. 2001.

SOUZA JÚNIOR, C.B.; CANDEIAS, A.L.B.; CIRILO, J.A.; TAVARES JÚNIOR, J.R. Atlas eletrônico analítico como ferramenta na gestão dos recursos hídricos. **Revista de Geografia** (UFPE), v. 30, n. 3, p. 226-243, 2013.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambiente Fluvial**. Curitiba: FPA/ADEA, 183 p. 1990.

TAYLOR, F. **Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography**, V.1. Pergamom. Ottawa, Canada, 1991.

TERINK, W.; LEIJNSE, H.; EERTWEGH, G.V.D.; UIJLENHOET, R. Spatial resolutions in areal rainfall estimation and their impact on hydrological simulations of a lowland catchment. **Journal of Hydrology** 563, 319–335p. 2018.

TORRES, A. T. G. **Hidroterritórios (Novos Territórios da Água): Os instrumentos de gestão dos recursos hídricos e seus impactos nos arranjos territoriais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 121p. 2007.

TUCCI, C. E. M.; HESPANOL, I.; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão mundial da água”. RBRH: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** (ABRH), v.5, n.3, p. 31-43, Jul/Set. 2000.

TRINDADE JUNIOR, A. P. **Gestão de bacias hidrográficas: uma análise institucional do Comitê de Bacia Guandu sob a perspectiva da sustentabilidade institucional**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 140 f. 2012.

UNCED - United Nations Conference on Environment and Development). **Agenda 21**, Rio de Janeiro, 14.6.1992. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em 01 out. 2016.

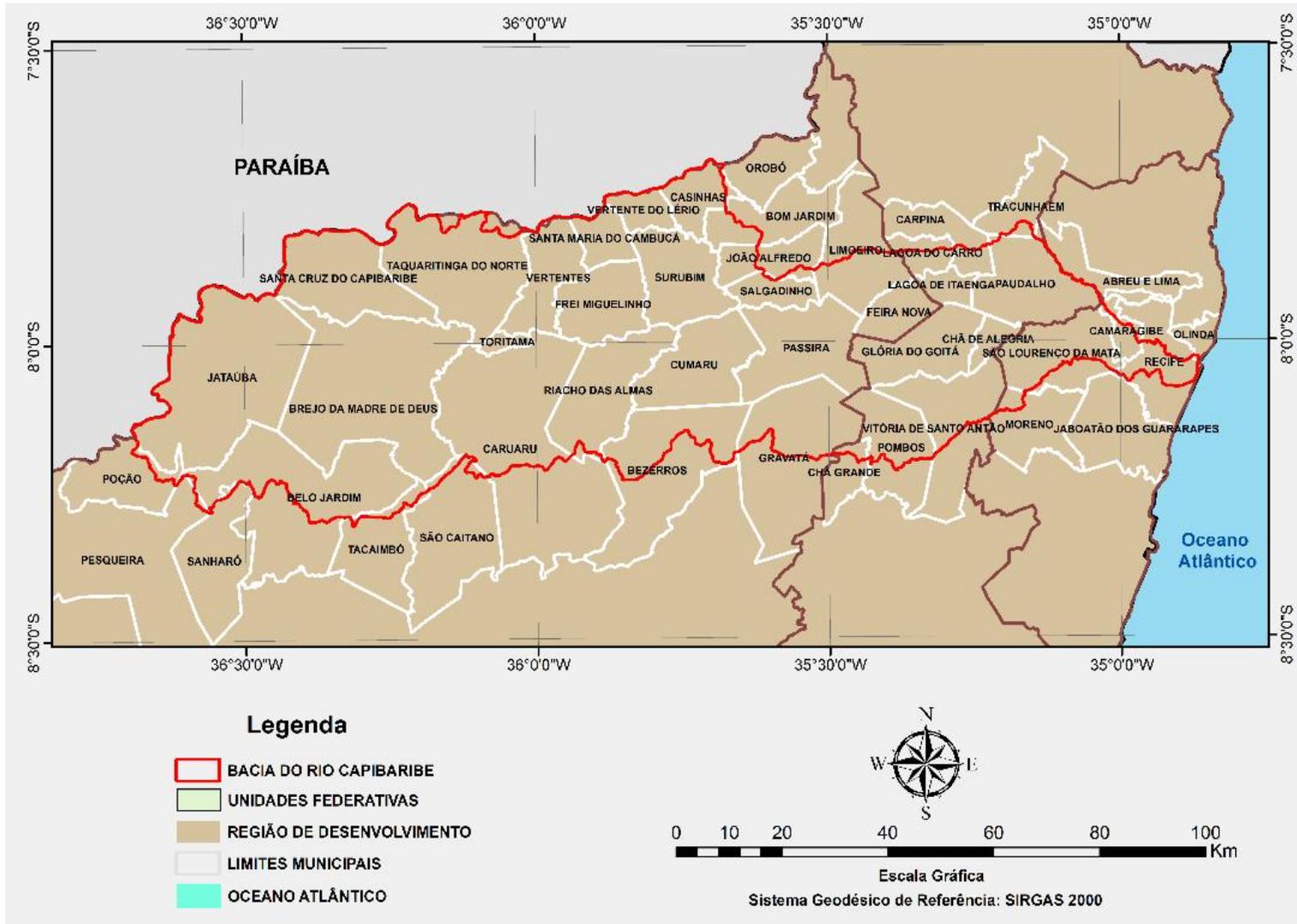
VIOLA, E. O movimento ecológico no Brasil (1974-1986): do ambientalismo à ecopolítica. In: PÁDUA, J. A. (Org.) **Ecologia & política no Brasil**. Rio de Janeiro: IUPERJ, Espaço & Tempo, p.63-110. 1987.

WANG, Y.; CHEN, A.S.; FU, G.; DJORDJEVIĆ, S.; ZHANG, C.; SAVIĆ, D.A. An integrated framework for high-resolution urban flood modelling considering multiple information sources and urban features. **Environmental Modelling and Software** 107 85–95. 2018.

WMO - World Meteorological Organization. **The Dublin Statement on water and Sustainable Development**. In: International Conference on Water and the Environment (ICWE). Dublin, Ireland, on 26-31 January 1992. Disponível em:<<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html>>. Acesso em 05 set.2016.

WWAP - World Water Assessment Programme. 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, UNESCO.

APÊNDICE A – MAPA EM A3 DA BACIA DO CAPIBARIBE



APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DAS ENTREVISTAS

Gestão Hídrica nos Comitês de Bacia de Pernambuco

<https://docs.google.com/forms/d/1uDdCARh1gENBpyTarolXMib0sA...>

Gestão Hídrica nos Comitês de Bacia de Pernambuco

Levantamento de requisitos para construção de soluções tecnológicas de apoio às atividades dos Comitês de Bacia em Pernambuco.

Responsável: Lígia Alcântara

Orientador: Prof Jaime Cabral

*Obrigatório

Identificação

1. Você é membro de qual comitê de Bacia? *

Marcar um comitê caso seja representante eleito, caso contrário marcar opção nenhum.

Marcar apenas uma oval.

- COBH Capibaribe
- COBH Ipojuca
- COBH Goiana
- COBH Pajeú
- COBH Metropolitano Norte
- COBH Metropolitano Sul
- COBH Una
- Nenhum

2. É representante de qual segmento? *

Marcar apenas uma oval.

- Usuários de água
- Instituições civis
- Poder Público

3. Qual sua faixa etária? *

Marcar apenas uma oval.

- 15-25 anos
- 25-35 anos
- 35-45 anos
- 45-59 anos
- >60 anos

4. Qual seu nível de escolaridade? **Marcar apenas uma oval.*

- fundamental incompleto
- fundamental completo
- médio incompleto
- médio completo
- superior incompleto
- superior completo
- Pós-graduação

Perfil do entrevistado**5. Qual desses equipamentos preferencialmente você usa para acessar a internet? ****Marcar apenas uma oval.*

- Telefone móvel (celular)
- Computador
- Tablet
- Notebook/netbook
- Outro: _____

6. Qual rede social você preferencialmente utiliza? **Marcar apenas uma oval.*

- Facebook
- Instagram
- Twitter
- Flickr
- Outro: _____

7. Qual sua principal forma de comunicação com os demais membros do Comitê? **Marcar apenas uma oval.*

- Chamada telefônica (telefone pessoal)
- Chamada telefônica (telefone de contato - orelhão, órgão público)
- Whatsapp
- Pessoalmente
- Correio eletrônico (email)
- Correio (carta)
- Outro: _____

8. Identifica alguma dificuldade para se reunir com o comitê? **Marque todas que se aplicam.*

- custo para deslocamento
- tempo para deslocamento
- necessidade de autorização do emprego
- dificuldade para se afastar em função de outros compromissos pessoais
- Outro: _____

9. Existe algum apoio para participar ativamente das reuniões do Comitê? **Marque todas que se aplicam.*

- Diária
- Vale-refeição
- Disponibilidade de veículo
- Liberação do chefe/empresa
- Outro: _____

Conhecimento da Bacia**10. Você conhece o território (limite espacial) da Bacia Hidrográfica? ****Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Talvez
- Parcialmente

11. Você sabe quais os municípios integrantes da Bacia Hidrográfica? **Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Talvez

12. Conhece as características de solo e potencial agrícola da Bacia? em que nível? **Marcar apenas uma oval por linha.*

	Tenho conhecimento detalhado.	Tenho algum conhecimento	Não sei muitas informações
Local	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regional(município)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Total (limite da bacia)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Conhece as características da vegetação (mata ciliar, biodiversidade, matas preservadas) da Bacia? em que nível? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Tenho conhecimento detalhado.	Tenho algum conhecimento.	Não sei muitas informações.
Local	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regional (meu município)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Total (limite da Bacia)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Quais os riscos e pontos de poluição existentes na Bacia? *

Marque todas que se aplicam.

- Despejo de esgoto das casas
- Despejo/acúmulo de lixo
- Existência de coqueiras de criação de animais (pocilgas)
- Empreendimentos industriais
- Erosões
- Outro: _____

15. Quais os principais problemas a serem tratados pelo Comitê de Bacia? *

16. Que informações auxiliariam nas reuniões do COBH? *

Marque todas que se aplicam.

- localização de empreendimentos
- localização de áreas de plantio
- localização de reservatórios
- Outro: _____

17. Você acompanha os dados de qualidade/quantidade de água disponível na Bacia? *

Marcar apenas uma oval.

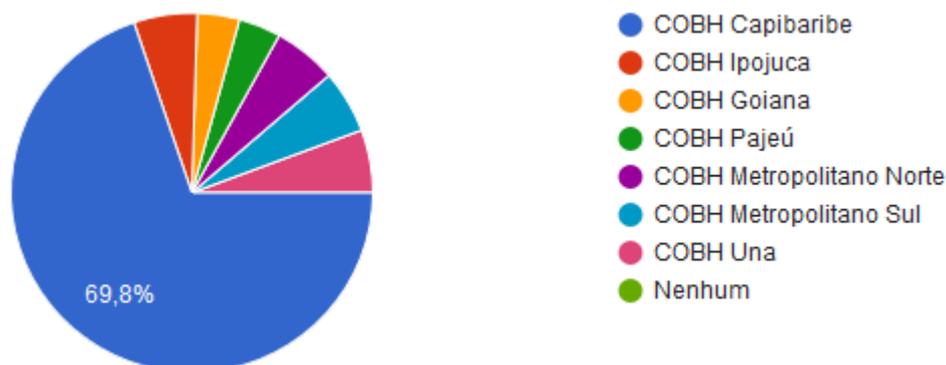
- Sim, nas reuniões do Comitê.
- Sim, no site da Apac.
- Não, não sei onde obter essas informações.
- Não, não sinto necessidade de acompanhar.
- Outro: _____

Powered by
 Google Forms

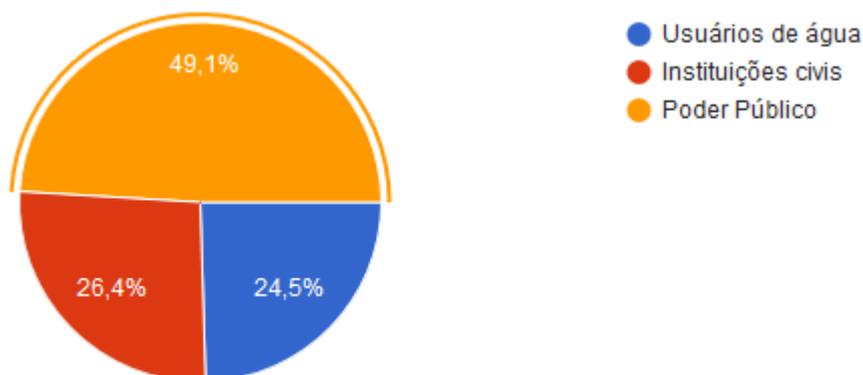
APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

BLOCO 1

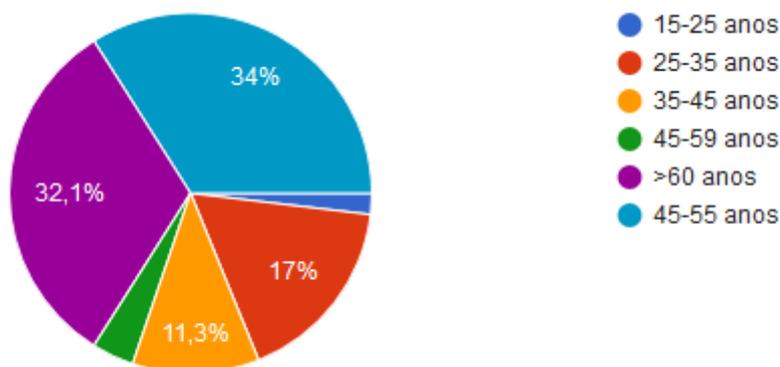
- ❖ Foram entrevistados 37 membros do COBH Capibaribe (72,5%) e 16 membros dos demais comitês pernambucanos.



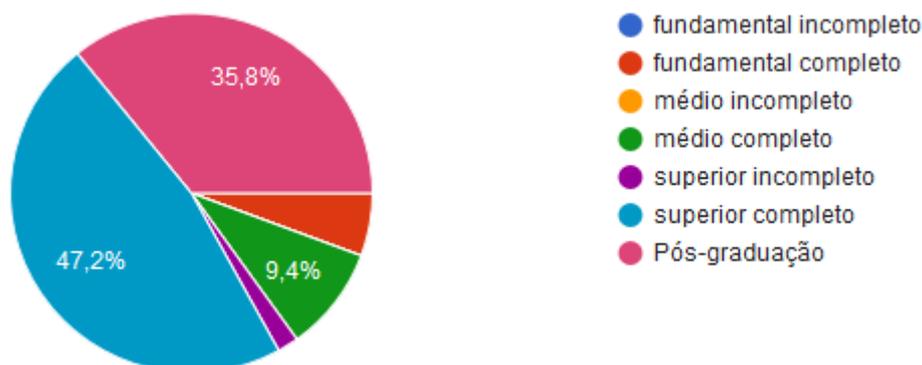
- ❖ 49,1% dos entrevistados são representantes do poder público, 26,4% instituições civis e 24,5% usuários de água.



- ❖ 32,1% possuem acima de 60 anos, 37,8% estão na faixa de 45-59 anos, 28,3% estão entre 25 e 45 anos e apenas 1 entrevistado tem abaixo de 25 anos.

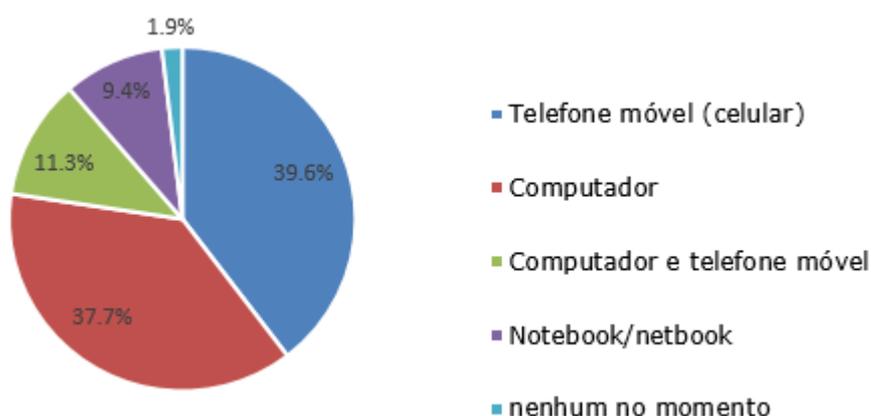


- ❖ 47,2% superior completo; 35,8% pós-graduação; 9,4% médio completo; 5,7% fundamental completo.



BLOCO 2

- ❖ 39,6% preferem usar o telefone móvel para acessar a internet; 37,7% o computador, 11,3% usam tanto o telefone móvel quanto o computador, 9,4% o notebook e 1,9% não tem acesso a internet.

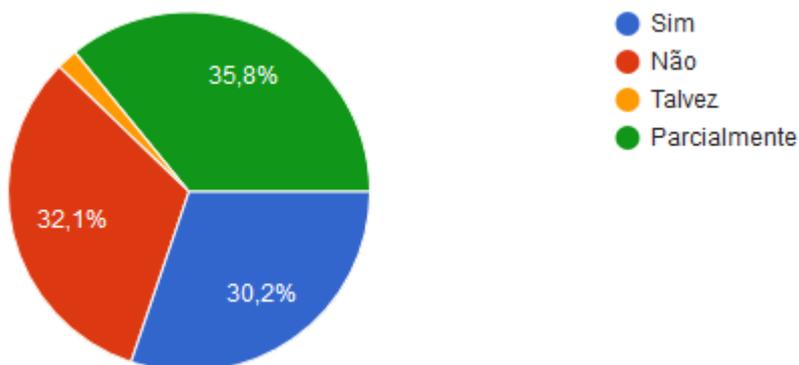


- ❖ 60,4% preferem usar o facebook como rede social, 13,2% preferem o Instagram, mas 22,6% não utilizam rede social;
- ❖ 60,4% dos membros assumem que o email é a principal forma de comunicação utilizada com os demais membros; 9,4% ligação telefônica a partir de telefone pessoal; 26,4% usam o whatsapp como principal forma de comunicação;
- ❖ 50,9% destacam como principal a dificuldade em função de afastar de compromissos pessoais; custo e tempo para deslocamento (distância), também apresentaram grande percentual de escolha (49,1% e 47,2%, respectivamente); apenas 18,9% não apresentam nenhuma dificuldade;
 - Pontos negativos: transporte não fornecido pela Apac ou Municípios (gestão pública não abraça a causa), carência de recursos dos representantes da sociedade civil e alguns usuários, descompromisso de membros.
 - Pontos positivos: realização de reuniões itinerantes, calendário previamente divulgado do ano.

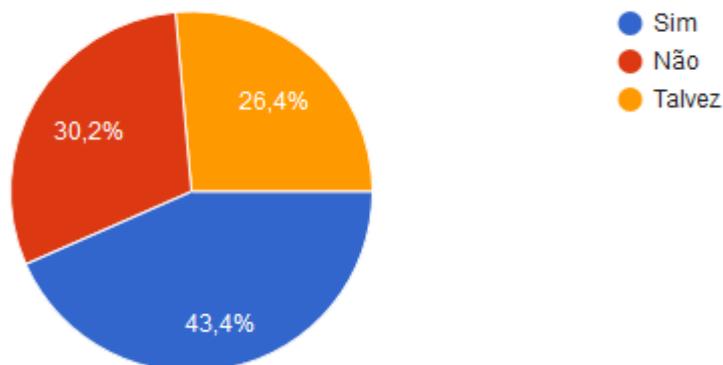
- ❖ 47,2% destacam a disponibilidade de veículo como principal apoio disponível, mas eles são representantes do poder publico

BLOCO 3

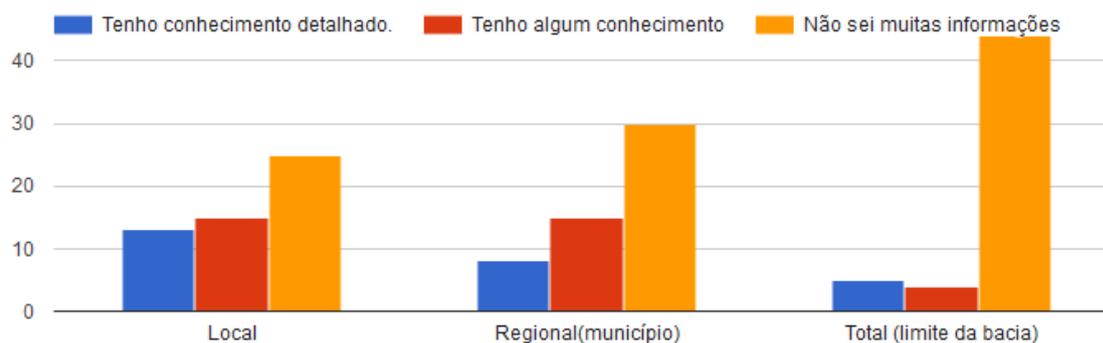
- ❖ 30,2% conhecem o limite da Bacia e 32,1% não conhecem declaradamente, 35,8% parcialmente e 1,9% talvez



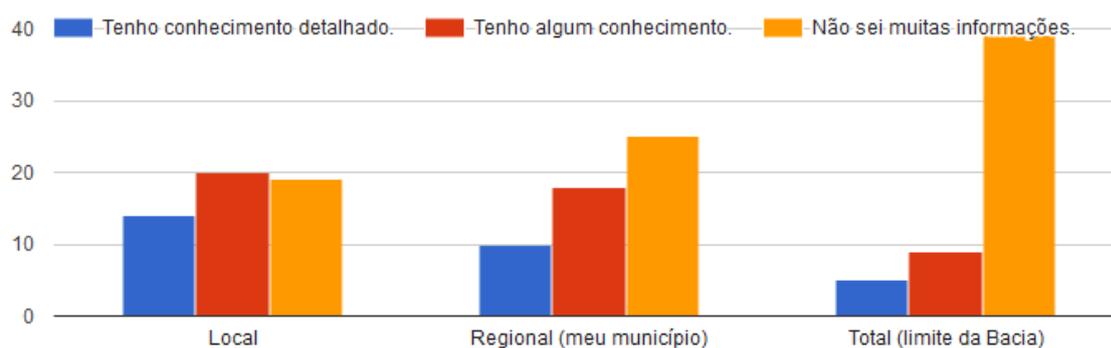
- ❖ 43,4% sabem os municípios integrantes, muitos destacam que possuem um mapa impresso para auxiliá-los, 30,2% declaram que não conhecem e 26,4% declaram que talvez conheçam, mas que não tem certeza de todos



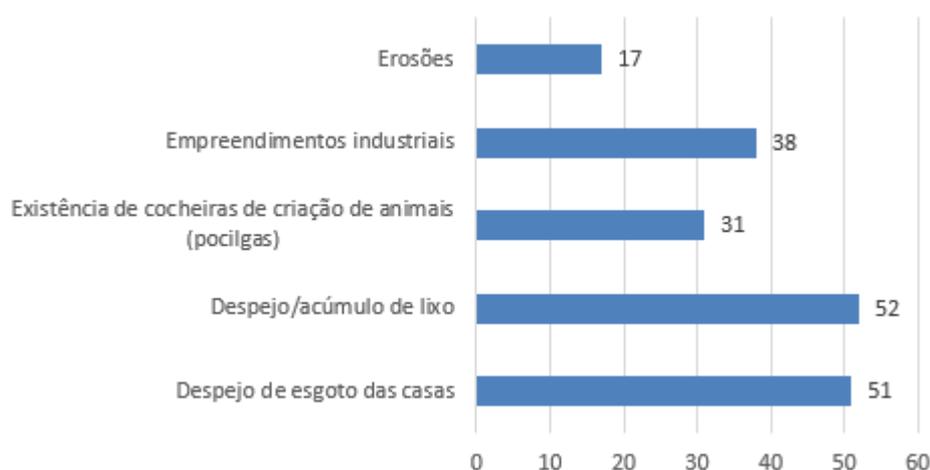
- ❖ Com relação às características de solo e potencial agrícola, analisando o gráfico dos resultados percebemos que uma parcela dos membros reconhece algum conhecimento em nível local e regional, mas na totalidade da bacia praticamente a totalidade dos entrevistados reconhece não ter muitas informações sobre o tema.



- ❖ Com relação às características de vegetação e biodiversidade, analisando o gráfico dos resultados percebemos que em nível local e regional (município), muitos membros reconhecem algum conhecimento, mas na totalidade da bacia o resultado é o mesmo da questão anterior, praticamente a totalidade dos entrevistados reconhece não ter muitas informações sobre o tema. O resultado mostra que, com relação à questão anterior, é maior o número de entrevistados que afirmaram ter algum conhecimento ou conhecimento detalhado da vegetação na área da bacia, principalmente nos níveis local e regional.

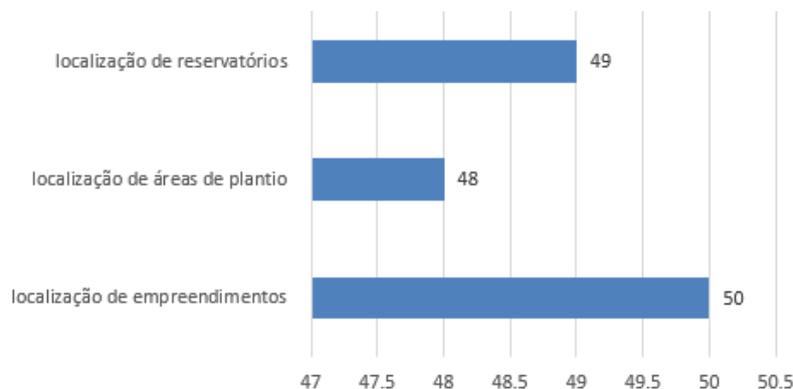


- ❖ Quais os riscos e pontos de poluição existentes na Bacia?



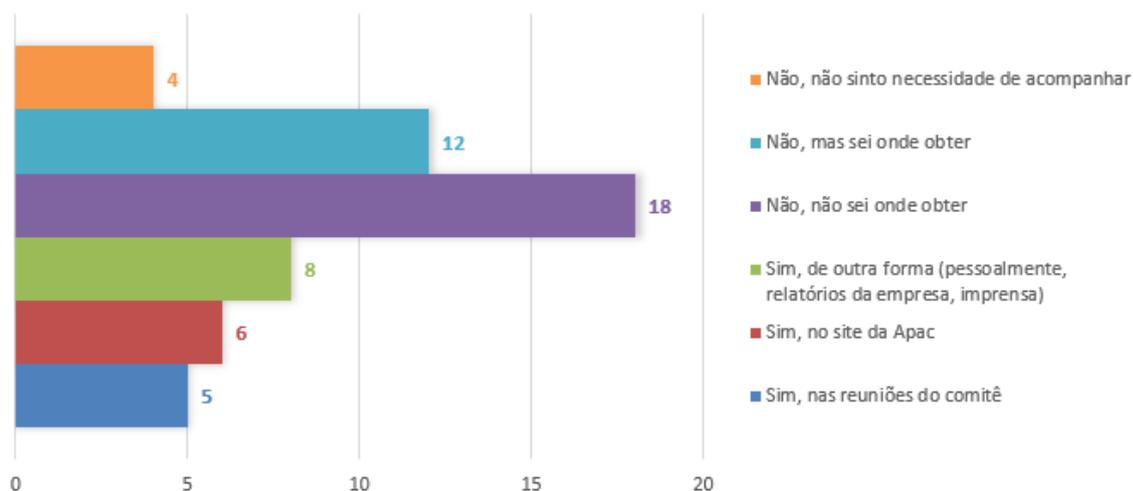
OUTROS CITADOS: ocupações irregulares, extração de areia dos leitos, irrigação e captações não outorgadas, desmatamento de mata ciliar, assoreamento, necessidade de verificar a localização espacial dos riscos e pontos de poluição, uso de agrotóxicos em culturas próximas ao rio, queimadas.

❖ Que informações auxiliariam nas reuniões do COBH?



OUTROS CITADOS: dados de abastecimento público (compesa, eta); monitoramento da vazão ecológica; localização das escolas; localização dos empreendimentos que possuem licença ambiental; autorizações de mineração, pontos de análise da água, assentamentos, locais de assoreamento, contaminações, localização das áreas urbanas, unidades de conservação, dados de vegetação, localização das fontes poluidoras (despejos de efluentes) e pontos de captação, , área perene/intermitente do rio, qualidade da água, cacimbas e captações (superficiais e subterrâneas), cadastro de usuários, locais de criação de peixes em tanques rede, usinas, nascentes, localização das áreas vulneráveis e áreas de recuperação, ações dos municípios a favor do rio, ocupações irregulares, localização de contenções, monitoramento frequente dos pontos de poluição, monitoramento pluviométrico, fluviométrico e nível de barragens, dados de qualidade e quantidade (volume de água nos rios); comunicação mais efetiva e informativa (considerando que são poucas reuniões anuais) e a disponibilização de um sistema de informações geográfica como o SIG CABURÉ.

❖ Você acompanha os dados de qualidade/quantidade de água disponível na Bacia?



APÊNDICE D – MODELO CONCEITUAL EM A3

