

## Entendendo a Complexidade dos Requisitos Necessários para Subsidiar a Implementação de SIGWEB para Comitês de Bacias Hidrográficas a partir da Avaliação de Sistemas Existentes no Brasil

*Understanding the Complexity of the Systems Needed to Support the Implementation of SIGWEB in River Basin Committees through the Evaluation of Existing Systems in Brazil*

Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira , Rodrigo Mikosz Gonçalves   
& Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral 

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE, Brasil

E-mails: [ligia.alcantara@ufpe.br](mailto:ligia.alcantara@ufpe.br); [rodrigo.mikosz@ufpe.br](mailto:rodrigo.mikosz@ufpe.br); [jcabral.ufpe@gmail.com](mailto:jcabral.ufpe@gmail.com)

**Autor Correspondente:** Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira; [ligia.alcantara@ufpe.br](mailto:ligia.alcantara@ufpe.br)

### Resumo

No Brasil, é inexpressivo o número de SIGWEBs desenvolvidos para apoiar os Comitês de Bacia Hidrográficas. Nesta pesquisa, em um limite de 485 possíveis sistemas apenas 14 atenderam aos critérios de instrumento para gestão de recursos hídricos. Uma vez selecionados, foi aplicado um ranking de avaliações para identificação dos pontos fortes e fracos para cada variável selecionada. As variáveis foram divididas em não-funcionais e funcionais, de acordo com os seguintes itens avaliados: página WEB, dados disponibilizados, funcionalidades e serviços disponíveis. Como resultado foi elaborada uma síntese dos requisitos necessários para subsidiar a implementação de SIGWEBs para comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil, onde os sistemas SIGA WEB, SIGA SÃO FRANCISCO, SIGA WEB Guandu e GEOSGA se destacaram de forma positiva. A pesquisa conclui que a implementação de um SIGWEB para os Comitês de Bacia Hidrográficas, quando bem desenvolvido, universaliza a visualização integrada dos conflitos e potencialidades existentes no território da bacia hidrográfica de maneira acessível e transparente para todos os cidadãos interessados, facilitando a tomada de decisões.

**Palavras-chave:** Gestão hídrica; Análise comparativa; Requisitos de sistemas

### Abstract

In Brazil, the number of SIGWEBs developed to support the Hydrographic Basin Committees is not significant. In this research, within a limit of 485 possible systems, only 14 met the criteria for water resources management instrument. Once selected, a ranking of assessments was applied to identify the strengths and weaknesses of each selected variable. The variables were divided into non-functional and functional, according to the following evaluated items: WEB page, data available, features and services available. As a result, a synthesis of the necessary requirements was elaborated to support the implementation of SIGWEBs for Hydrographic Basin committees in Brazil, where the SIGA WEB, SIGA SÃO FRANCISCO, SIGA WEB Guandu and GEOSGA systems stood out positively. The research concludes that the SIGWEB implementation for Hydrographic Basin Committees when is well developed universalizes the integrated view of the conflicts and potentialities existing in the territory of the hydrographic basin in an accessible and transparent way for all interested citizens, facilitating decision-making.

**Keywords:** Water resources management; Comparative analysis; Systems requirements

## 1 Introdução

O desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para o apoio à gestão nos Comitês de Bacia Hidrográficas (CBHs) é fundamental para dar subsídios à tomada de decisões (Brasil & ANA 2016; De Deus et al. 2016; Maciel 2018; Simões 2013). De forma geral um SIG possibilita aos usuários identificar, integrar, analisar, apresentar e organizar informações relevantes aumentando a eficiência dos trabalhos aos quais se aplica (Chang 2013; Eldrandaly, Naguib & Hassan 2015; Longley et al. 2010).

Estando acessível em plataforma WEB, o sistema universaliza seu alcance a diferentes grupos de usuários, fornecendo acessos multiplataformas e multiusuários, com diferentes níveis de complexidade onde cada consulta de informações geográficas depende da capacidade técnica do sistema computacional (Aye et al. 2016; Gorelick et al. 2017).

A implementação de um SIGWEB para os Comitês de Bacia Hidrográficas deve considerar de forma geral os aspectos de 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 sendo características necessárias à um sistema, que garantem que os usuários possam atingir seus objetivos (MacEachren & Kraak 2001; Thayer & Dorfman 2000).

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 (Gorelick et al. 2017). A gestão de recursos hídricos no Brasil é complexa (Barth et al. 1987; Porto & Tucci 2009; Tucci, Hespanol & Cordeiro Netto 2000) e engloba um conjunto de órgãos e instituições governamentais e não-governamentais, onde cada um assume responsabilidades e funções seguindo a legislação vigente em cada nível de governo (Brasil & ANA 2012).

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 (CNRH), pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, por órgãos de governo relacionados a gestão hídrica, pelas agências de bacias e pelos CBHs. Nessa estrutura sistêmica os CBHs são instituições colegiadas que atuam no nível de bacia como “parlamentos das águas” contando com a participação dos usuários, da sociedade civil e de representantes das esferas municipal, estadual e federal com o objetivo de defender a supremacia dos interesses da coletividade sobre os interesses

privados (Brasil & ANA 2011a; Brasil & ANA 2011b; Kemerich et al. 2016). Para os comitês, a implantação de um SIGWEB possibilita uma ferramenta de apoio técnico através da visualização equitativa dos problemas a serem enfrentados e a compreensão da totalidade da bacia hidrográfica não apenas pelos membros integrantes. Além disso, disponibiliza seu conteúdo para todos os indivíduos interessados em contribuir com o bem-estar da sociedade, podendo ser utilizado para ações de mobilização social. A solução computacional muitas vezes pode romper as fronteiras físicas facilitando a comunicação entre os membros, integrando diferentes dados e possibilitando a realização de análises geográficas, ou seja, dando subsídios para tomada de decisão de forma rápida, participativa e segura em garantia de uma gestão eficiente (Brasil & ANA 2016).

No Brasil, é inexpressivo o número de SIGWEBs desenvolvidos para apoiar CBHs. Nesta pesquisa, em um limite máximo de 485 possíveis sistemas (considerando o número total de recortes espaciais passíveis de criação de CBHs), foram identificados apenas 14 que atendem aos critérios de instrumento para gestão de recursos hídricos. Deste total 8 seguem o recorte espacial de bacias hidrográficas, estando direcionados à aspectos locais de conflitos de uso da água dos CBHs como são os casos do Rio Paraíba do Sul, Rio Doce, Rio São Francisco, Rio Guandu, Baía da Guanabara e Rio das Velhas. Por outro lado 6 foram implantados para o recorte espacial de estados, estando vinculados à aspectos regionais das políticas estaduais de recursos hídricos. Fatores econômicos (relativos a disponibilidade financeira), administrativos (relativos a disponibilidade de pessoal especializado), técnicos (relativos à definição de aspectos funcionais) e institucionais (relativos à integração de dados oriundos de diferentes fontes) influenciam nesse baixo número e explicam a diversidade de formatos encontrados nas aplicações implantadas.

Em relação aos aspectos técnicos, o desenvolvimento de um SIGWEB para gestão pública é norteado por um Termo de Referência (TR), assim como todo objeto de qualquer natureza contratado. O TR é um documento obrigatório que deve reunir os elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado para caracterizar o objeto de contratação podendo determinar o seu sucesso ou insucesso. Ele deve ser elaborado por profissionais que possuem a expertise suficiente para desenhar o SIGWEB, ou seja apresenta uma integração de diferentes áreas do conhecimento como por exemplo as ciências cartográficas, a ciência da computação, a engenharia de *software*, entre outras. Na gestão de recursos hídricos no Brasil a formação interdisciplinar dos profissionais envolvidos ainda não é uma realidade

(Costa e Silva et al. 2017) e não existe uma orientação padronizada para a contratação de soluções tecnológicas.

A resolução nº 13/2000 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em seu artigo 3º, estabelece que os dados e informações constantes nos sistemas de informação devam ser preferencialmente georreferenciados, mas não orienta sobre a estrutura, aparência, configuração ou funcionalidades dos sistemas. Existem muitos sistemas de informações simplificados voltados para demandas particulares ou específicas de setores de acompanhamento de medidas meteorológicas de precipitação, monitoramento da qualidade/quantidade de água, outorga e cobrança.

Diversos são os trabalhos encontrados na literatura apresentando soluções específicas vinculadas a SIGWEB e bacias hidrográficas tais como: (i) Souza et al. (2013) apontando caminhos para a modelagem e apresentação de dados espaciais (ii) Bielenki, Souza e Mauad (2015) apresentando uma metodologia de uso do módulo *ArcHydro do software ArcGIS®* para automação da estimativa de disponibilidade de água na Bacia do Rio Doce – MG; (iii) Aye et al. (2016) apresentando um protótipo de um SIGWEB para análises de inundações e deslizamentos de terra; (iv) Patil e Gosain (2013), Bellezza et al. (2014) e Casadei, Pierloni & Bellezza (2018) focando nos aspectos técnicos dos dados e métodos computacionais implementados em um SIGWEB para a gestão hídrica, entre outros exemplos. Porém, não foram encontrados trabalhos que buscam entender as dificuldades práticas e os requisitos básicos para implementação de um SIGWEB de forma eficaz e padronizada às necessidades mínimas dos CBHs. Jacobi (2005) e Jacobi e Fracalanza (2005) destacam a dificuldade do envolvimento da sociedade com os membros técnicos de um comitê de bacias, muitas vezes podendo ser causado pela falta de acesso à informação. O que pode resultar em conflitos pela existência de compreensões diferentes a respeito das mesmas realidades. Por isso a implementação de um SIGWEB deve ao mínimo considerar características básicas que facilitem a integração social nos processos de gestão (Burgs & Reis 2017; Sieber 2004).

Uma vez explanada sobre a complexidade e alguns atores envolvidos em um CBH, esta pesquisa visa identificar as lacunas entre os SIGWEBs existentes no Brasil. Para isso, faz uso do método de observação comparativa para analisar sistemas existentes onde os objetivos são: (i) identificar e selecionar um conjunto amostral de SIGWEBs disponíveis na *internet* que são

desenvolvidos para apoiar especificamente a gestão hídrica no Brasil; (ii) analisar os SIGWEBs selecionados segundo variáveis funcionais e não funcionais; (iii) apresentar uma síntese a partir do experimento comparativo proposto para identificar um conjunto de requisitos básicos para subsidiar a implementação de novos SIGWEB para CBH no Brasil.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Materiais

O comitê de bacia é um organismo de Estado criado por meio de Decreto do Presidente da República quando relacionado a bacias interestaduais ou, no âmbito de bacias de rios estaduais, do governador do estado (Brasil & ANA 2011a). Consultando o portal oficial da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA 2020), no endereço <http://www.cbh.gov.br>, é possível visualizar os comitês existentes no país. Acessando os endereços eletrônicos disponibilizados na descrição dos comitês de bacia cadastrados foi possível pesquisar sistemas de informação e soluções de SIGWEBs implantados para apoiar a gestão de recursos hídricos. Para confirmar as informações obtidas na ANA, foi realizada uma varredura expandindo a pesquisa a todos os *sites* e páginas de redes sociais de órgãos e entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos nos estados. A pesquisa de sistemas estaduais foi realizada a partir de consultas detalhadas às páginas oficiais dos governos de cada estado brasileiro e suas diferentes instâncias: secretarias, diretorias, coordenadorias, agências e institutos. Foram identificados SIGs desenvolvidos para atender diferentes demandas relativas à gestão do território, como por exemplo licenciamento ambiental, cadastro ambiental rural, zoneamento ecológico-econômico e infraestrutura de dados espaciais. As soluções que não tratavam especificamente da gestão hídrica não foram consideradas no estudo.

Os materiais utilizados nesta pesquisa representam uma amostra de 14 SIGWEBs identificados no Brasil que atendem aos critérios de instrumento para gestão de recursos hídricos com acesso gratuito através dos respectivos *sites* da internet. A Tabela 1 apresenta um resumo dos sistemas utilizados descrevendo: o nome, a *url* de acesso, o recorte geográfico ao qual se refere, o(s) comitê(s) abrangido(s) no recorte geográfico especificado e o órgão/instituição identificado como responsável pela construção de cada SIGWEB.

**Tabela 1** Soluções SIGWEB identificadas para análise.

Sistema	URL de acesso	Recorte geográfico	CBH de abrangência	Responsável
SIGA WEB	<a href="http://sigaceivap.org.br/map">http://sigaceivap.org.br/map</a>	Interestadual	CBH Afluentes do Rio Paraíba do Sul	Agência de Bacia - AGEVAP
SIG WEB DOCE	<a href="http://www.sigwebdoce.org.br/">http://www.sigwebdoce.org.br/</a>	Interestadual	CBH do Rio Doce	Agência de Bacia - IBIO - AGB Doce
IGEO*	<a href="https://www.igeo.org.br/map">https://www.igeo.org.br/map</a>			
SIGA SÃO FRANCISCO	<a href="https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/">https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/</a>	Interestadual	CBH do Rio São Francisco	Agência de Bacia - AGB Peixe Vivo
CBH-PS WEB	<a href="http://200.98.113.169:8081/">http://200.98.113.169:8081/</a>	Bacia Hidrográfica	BH - Comitê do Rio Paraíba do Sul - SP	Órgão de Recursos Hídricos - CRHi
SIGA WEB Guandu	<a href="http://www.sigaguandu.org.br/siga-guandu/map">http://www.sigaguandu.org.br/siga-guandu/map</a>	Bacia Hidrográfica	BH - Comitê do Rio Guandu – RJ	Agência de Bacia - AGEVAP
SIG-RHBG	<a href="http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sig-rhbg/">http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sig-rhbg/</a>	Bacia Hidrográfica	BH - Comitê da Baía de Guanabara – RJ	Órgão de Meio Ambiente - INEA
SIGA RIO DAS VELHAS	<a href="https://siga.cbhvelhas.org.br/siga-riodasvelhas/map">https://siga.cbhvelhas.org.br/siga-riodasvelhas/map</a>	Bacia Hidrográfica	BH - Comitê do Rio das Velhas - MG	Agência de Bacia - AGB Peixe Vivo
SIGERH-PA	<a href="http://sistemas.semas.pa.gov.br/sigerhpa/sig/app/index.html">http://sistemas.semas.pa.gov.br/sigerhpa/sig/app/index.html</a>	Estadual	CBHs do Pará	Órgão de Meio Ambiente - SEMAS
ATLAS de RH do CE	<a href="http://atlas.cogerh.com.br/">http://atlas.cogerh.com.br/</a>	Estadual	CBHs do Ceará	Órgão de Recursos Hídricos - COGERH
SIGAESA-WEB	<a href="http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/">http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/</a>	Estadual	CBHs da Paraíba	Órgão de Recursos Hídricos - AESA
SIRH - DF	<a href="http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/">http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/</a>	Estadual	CBHs do DF	Órgão de Recursos Hídricos - ADASA
GeoSGA	<a href="http://www.geosga.pr.gov.br/geosga/publico">www.geosga.pr.gov.br/geosga/publico</a>	Estadual	CBHs do Paraná	Órgão de Recursos Hídricos - IAT
SIOUT RS	<a href="http://www.siout.rs.gov.br/sig/">http://www.siout.rs.gov.br/sig/</a>	Estadual	CBHs do Rio Grande do Sul	Órgão de Meio Ambiente - SEMA

## 2.2 Métodos

Na parte metodológica é apresentada uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório (Denzin & Lincoln 2000) aplicando o método comparativo (Fachin 2005) para a análise dos sistemas existentes descritos na Tabela 1. A Figura 1 apresenta o fluxograma metodológico de acordo com 3 etapas: a primeira etapa se refere ao processo de coleta dos dados a partir da identificação de SIGWEBS voltados à gestão hídrica na internet (item 2.1) divididos em duas categorias: CBH e estaduais; a segunda etapa apresenta a seleção das variáveis e preparação para a análise comparativa dos sistemas: classificação das variáveis em a) não-funcionais e b) funcionais, identificação dos itens que serão analisados (página WEB, dados disponibilizados, funcionalidades e serviços WEB disponíveis) e organização das tabelas para análise comparativa. Uma vez identificados os pontos fortes e fracos e feito um ranking de avaliações, a terceira etapa 3 apresenta a síntese com os requisitos necessários para subsidiar a implementação de SIGWEBS para comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil.

### 2.2.1. Definição das Variáveis de Análise

Neste trabalho as variáveis descritas por Delone e Mclean (1992) nas dimensões de usabilidade, conteúdo, e funcionalidade de páginas web foram adaptadas para análise dos SIGWEBS e organizadas em dois grupos, não funcionais e funcionais, de acordo com a etapa 2 da Figura 1.

As variáveis não-funcionais estão relacionadas à usabilidade e ao conteúdo. Estas correspondem às características sobre a experiência de interação do sistema com o usuário final (Tsui, Karam & Bernal 2016) e a completude de informações necessárias à gestão de recursos hídricos. Sendo assim, os itens dos SIGWEBS analisados pelas variáveis não funcionais são a *homepage* (página inicial) dos sistemas e os dados espaciais disponíveis. Por outro lado, as variáveis funcionais estão relacionadas às ações que o sistema deve permitir realizar, definindo os processos que podem ser executados. Os itens avaliados por essas variáveis são as funções e serviços implementados.

A Tabela 2 apresenta a classificação das variáveis definidas para análise dos SIGWEBS, (não funcionais e funcionais), os itens dos sistemas selecionados e as variáveis específicas de cada item.

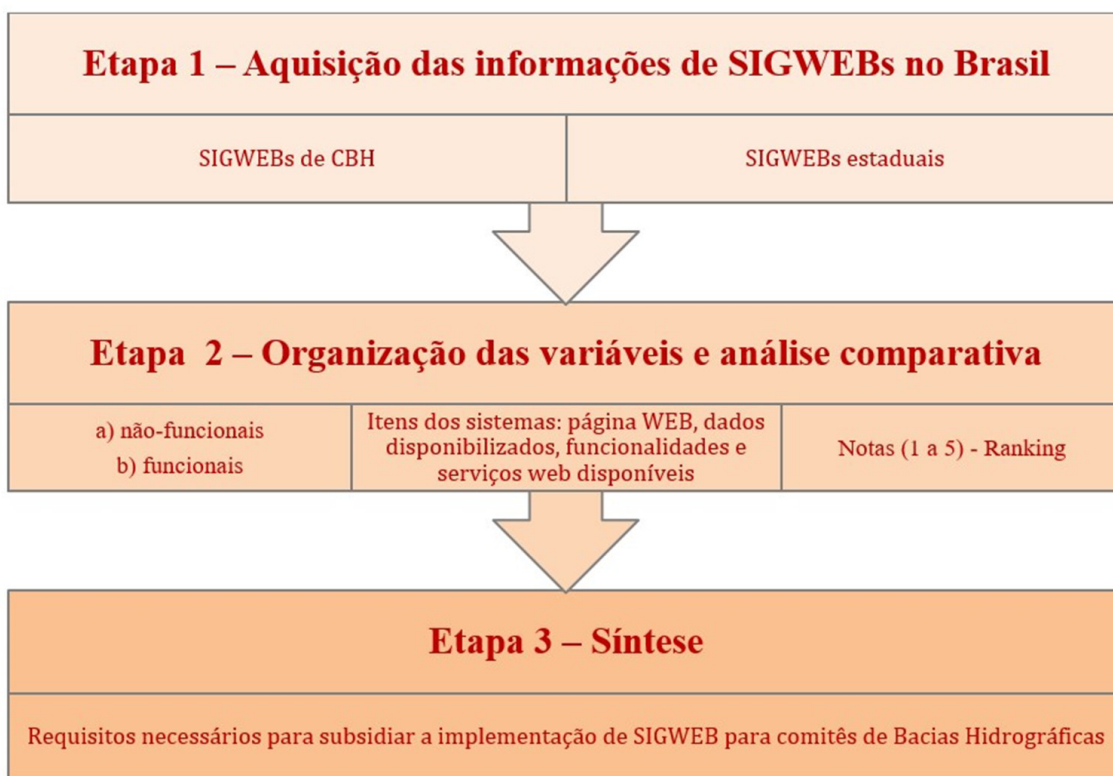


Figura 1 Fluxograma metodológico dividido em 3 etapas.

Tabela 2 Variáveis definidas para análise dos sistemas.

Classificação das variáveis	Itens dos sistemas	Variáveis
Não funcionais	Página WEB	Forma de acesso
		Layout - apresentação
	Dados disponibilizados	Layout - facilidade de uso
		Acesso multiplataforma ( <i>smartphones, tablets, etc.</i> )
Funcionais	Funcionalidades implementadas	Diversidade temática
		Ferramentas básicas de navegação no mapa
		Ferramentas de navegação avançadas
	Serviços WEB disponíveis	Autenticação de usuários
		Edição visual de dados
		Consulta / entrada de coordenadas
		Acesso à tabela de atributos
		Ferramentas de geoprocessamento
		Consulta/download de mapas temáticos
		Acesso à metadados
Funções extras implementadas		
	Carregamento de arquivos	
	Download de arquivos	
	Serviços <i>Open Geospatial Consortium</i> - OGC	
	Integração com mídias sociais	

### 2.2.2. Análise Comparativa

Existem diferentes maneiras de se realizar uma avaliação de sistemas de informação e são inúmeras as variáveis de desempenho possíveis, porém não há uma definição clara e objetiva dos métodos a serem empregados (Fenton & Bieman 2014). São vários os modelos teóricos propostos na literatura com avanços na identificação de dimensões de análise, sem que haja uma sistematização de variáveis de forma a ser possível a definição de um padrão de avaliação de sistemas de informação (Ferreira & Baidya 2017; Nedović-Budić 1998), o que reforça a dificuldade e a complexidade de se proceder critérios de avaliações que revelem resultados completos e objetivos.

Neste estudo a análise comparativa dos sistemas foi realizada numa perspectiva centrada no usuário, em suas necessidades, tarefas a serem executadas e condições de interação com o sistema. Após a observação e utilização dos sistemas selecionados na Tabela 1, foi atribuído uma nota para cada variável apresentada na Tabela 2, sistema a sistema, em uma escala ordenada por nível de satisfação variando de 1 a 5, sendo 1 o valor mais baixo (menor satisfação) e 5 o valor mais alto (maior satisfação). Os maiores valores obtidos no somatório de pontos por cada sistema correspondem às soluções que se destacam em termos de usabilidade, conteúdo e funcionalidades.

### 2.2.3. Etapa 3 – Síntese da Análise Comparativa

A identificação de modelos de formato de acesso, apresentação, funcionalidades, aparências e serviços implementados de maneira bem-sucedida e que receberam as melhores avaliações na etapa 2 foram a base para definição dos requisitos necessários para subsidiar a implementação de SIGWEBs para comitês de Bacias Hidrográficas.

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Identificação de SIGWEBs voltados à Gestão Hídrica

A etapa 1 (Figura 1) referente a aquisição das informações de SIGWEBs no Brasil foi a etapa que consumiu mais tempo na pesquisa devido a vários fatores como: (i) o grande número de comitês existentes; (ii) a necessidade de checar as informações obtidas nos órgãos de recursos hídricos conforme a lista de comitês cadastrados na ANA; (iii) divergências de nomenclatura em notícias de lançamentos; (iv) ausências ou duplicidade de *links*; e (v) a busca minuciosa de soluções possivelmente “escondidas” nos grandes portais de informação dos governos estaduais.

Partindo da hipótese que uma bacia hidrográfica seria 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 SIGWEBs existentes. Na consulta aos portais HIDROWEB (ANA 2018), CBH (ANA 2020), SIAGAS (CPRM 2018), Mapas IBGE (IBGE 2004) e Visualizador da INDE (Brasil 2020) foram identificadas divergências de conceitos, denominação e de delimitação espacial dos dados hidrológicos. No processo de confirmação das informações obtidas foram consultados os documentos oficiais publicados pela ANA, planos de bacia hidrográfica estaduais, interestaduais e de CHBs além dos portais dos órgãos estaduais de recursos hídricos. Para fins do presente estudo foram contabilizados como Regiões Hidrográficas – RH passíveis de implantação de CBH: a Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e as unidades ou regiões de planejamento hídrico descritas nos planos de bacia estaduais e interestaduais. Com base nessa divisão do território foram nominalmente pesquisados os comitês e sistemas existentes.

Ao longo da busca foram identificadas inconsistências no cadastro de CBHs da ANA devido à existência de seis comitês criados e não cadastrados (1 – Pará, 1 – Amapá, 1 – Pernambuco, 2 – Alagoas, 1 – Bahia) e também dois cadastrados e não reconhecidos pelo órgão estadual (2 – Goiás), sendo contabilizados todos os comitês confirmados nas instituições de recursos hídricos estaduais.

No total foram identificados 236 comitês de bacia criados no Brasil que correspondem à 48,7% do total de 485 possíveis considerando o número de regiões hidrográficas contabilizadas. O resultado da busca por sistemas ficou bem abaixo das expectativas. Foram identificados apenas 14 sistemas desenvolvidos para apoiar a gestão de recursos hídricos: 4 em nível federal (instância de bacias interestaduais), 4 em nível regional (instância de comitê de bacia estadual) e 6 em nível estadual (instância de território estadual). A Figura 2 apresenta a distribuição dos CBHs por região geográfica.

Comparando os valores da Figura 2 vemos que as regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste apresentam um menor percentual de comitês criados em relação às regiões Sudeste e Sul, ratificando as desigualdades regionais encontradas no país. A contagem de CBHs superior ao número de RH no Nordeste e no Sul é justificada pela não obrigatoriedade de equivalência entre os dois. As RHs são regiões de planejamento definidas como forma de facilitar a gestão do território e comitês e podem ser criados em bacias hidrográficas, conjuntos de bacias ou pequenos rios com base em justificativas que apresentem situações de conflito

pelo uso da água, risco à qualidade ou à quantidade de água disponível. Os valores que se destacam na contagem de CBHs abrangidos por sistemas nas regiões Nordeste e Sul são reflexos de iniciativas em nível estadual que atendem a todos os comitês dos referidos estados. O resultado da contagem de sistemas por regiões apresentou 1 na Região Norte, 1 no Centro-Oeste, 2 no Nordeste, 2 no Sul e 4 no Sudeste, confirmando o inexpressivo número de soluções SIGWEBs desenvolvidos para apoiar a gestão hídrica no Brasil. Por se tratar de um pequeno número, todos foram selecionados para análise.

No Estado do Paraná não foi possível identificar qual o principal sistema utilizado para gestão de recursos hídricos. No ambiente virtual do Instituto de Águas e Terra existe uma grande variedade de links de acesso à diferentes sistemas para apoiar as ações, dentre eles: SIA-AZUL, SGA-GEO, GEOSICAR, Aplicação GEO e o SIGARH. Nominalmente o Sistema de Informação para Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos – SIGARH seria o escolhido para análise, mas não é um SIGWEB, foi desenvolvido especificamente com o intuito de agilizar o processo de outorga. Por isso dentre os SIGWEBs disponíveis na página, foi escolhido para análise o SIGWEB desenvolvido pelo IAT, GeoSGA.

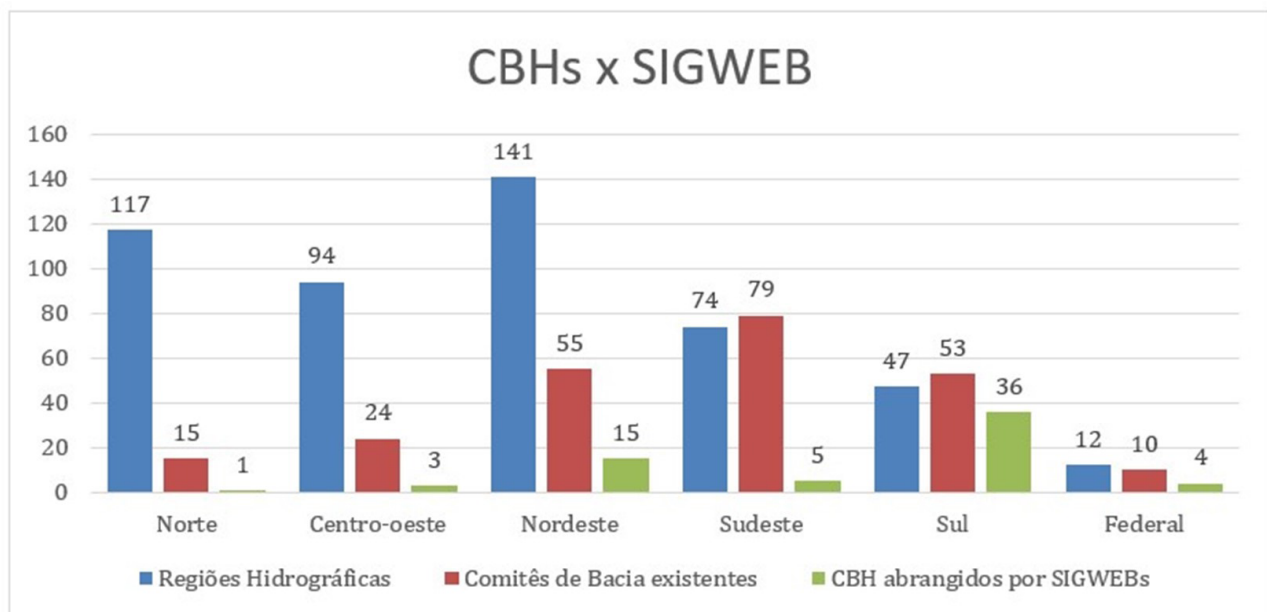
No Rio de Janeiro, o comitê Lagos São João – CBHLSJ, apresenta em seu *site* descrições de um SIGWEB

em desenvolvimento desde 2010 para a bacia hidrográfica Lagos São João. Foram encontrados registros de imagens do referido sistema, porém este não foi selecionado para análise pois não foi identificado um *link* de acesso.

Na última coluna da Tabela 1 é possível perceber que entre as soluções desenvolvidas para apoiar especificamente os comitês, apenas dois sistemas (CBH-PS WEB e SIG-RHBG) não foram contratados por agências, o CBH-PS WEB do Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul – SP e o SIG-RHBG do Comitê da Baía de Guanabara – RJ. Cabe destacar que o CBH-BG passou a contar com a AGEVAP como agência da bacia em 2007 e deste contrato de gestão já existe uma iniciativa de novo SIGWEB em desenvolvimento denominado Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara – SIGA-BG.

### 3.2 Análise Comparativa dos Sistemas Selecionados

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos a partir da avaliação descrita na segunda etapa (Figura 1) onde são dadas as notas das avaliações comparativas dos SIGWEBs para cada variável de acordo com a escala ordenada por nível de satisfação variando de 1 (menor satisfação) a 5 (maior satisfação).



**Figura 2** Contagem de Regiões Hidrográficas, Comitês de Bacia existentes e Comitês abrangidos por SIGWEBs organizada por região geográfica.

**Tabela 3** Nível de satisfação dos SIGWEBs por variável (1 – menor satisfação, 5 – maior satisfação)

Sistemas Variáveis	SIGA WEB	SIG WEB DOCE	IGEO	SIGA SÃO FRANCISCO	CBH-PS WEB	SIGA WEB Guandu	SIG-RHBG	SIGA RIO DAS VELHAS	SIGERH-PA	ATLAS de RH do CE	SIGAESA-WEB	SIRH-DF	GEOSGA	SIOUT RS
Forma de acesso	4	2	1	5	3	5	5	5	5	5	4	5	2	5
Layout - apresentação	4	4	5	5	5	4	1	4	5	2	5	1	4	5
Layout - facilidade de uso	4	4	5	5	3	4	1	4	5	4	5	1	5	5
Acesso multiplataforma ( <i>smartphones, tablets, etc.</i> )	5	4	4	5	5	5	5	2	4	5	5	5	5	5
Diversidade temática	5	1	3	5	5	5	5	4	1	5	3	1	5	1
Ferramentas básicas de navegação no mapa	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	3	4	5	5
Ferramentas de navegação avançadas	5	3	4	1	1	5	1	4	5	1	1	1	5	5
Autenticação de usuários	4	3	2	5	2	4	5	2	1	4	1	5	1	1
Edição visual de dados	1	1	1	2	2	1	5	1	1	1	1	5	5	1
Consulta/entrada de coordenadas	5	4	5	1	5	5	1	5	1	1	1	1	5	5
Acesso à atributos	5	1	1	1	1	5	4	1	1	1	1	4	1	1
Ferramentas de geoprocessamento	4	1	4	5	5	4	1	5	5	1	1	5	5	1
Consulta/download de mapas temáticos	4	1	1	1	1	4	4	1	1	4	1	1	1	1
Acesso a metadados	5	1	3	1	3	5	1	3	1	1	1	1	1	1
Funções extras implementadas	5	1	5	4	5	5	3	5	1	1	1	3	5	1
Carregamento de arquivos	1	1	1	5	1	1	5	1	4	5	1	5	4	1
Download de arquivos	4	4	4	4	5	4	1	4	1	3	1	1	1	1
Serviços OGC - <i>Open Geospatial Consortium</i>	1	1	1	5	1	1	5	1	1	1	1	5	5	1
Integração com mídias sociais	4	1	5	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TOTAL =</b>	<b>75</b>	<b>43</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>62</b>	<b>76</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>38</b>	<b>55</b>	<b>66</b>	<b>47</b>



### 3.2.1 Análises quanto à Pontuação Total

Considerando os valores de pontuação total obtidos é possível identificar que quatro sistemas se destacam com notas acima de 66 pontos, sendo eles: SIGA WEB, SIGA SÃO FRANCISCO, SIGA WEB Guandu e GEOSGA. Os quatro sistemas se apresentaram de maneira semelhante nos critérios de *layout* e diversidade temática além de apresentar um número maior de funcionalidades em relação aos demais sistemas avaliados.

Destacando as avaliações positivas, os sistemas SIGA SÃO FRANCISCO e GEOSGA apresentam semelhanças no *layout*, agradável e de fácil entendimento por qualquer perfil de usuários. Os sistemas SIGA WEB e SIGA WEB Guandu possuem o mesmo *layout* e as mesmas funcionalidades, mas se diferenciaram apenas por um ponto na variável forma de acesso, pois o SIGA WEB Guandu apresentou maior facilidade de acesso. Assim como o SIGA São Francisco, o SIGA WEB Guandu apresenta um ícone intuitivo (que facilita a identificação do sistema como SIGWEB) e bem destacado na página inicial do comitê (que garante acesso rápido ao sistema).

Por outro lado, alguns sistemas tiveram pontuações baixas (abaixo de 51 pontos), são eles: SIG WEB DOCE, Atlas de RH do CE, SIGAESA-WEB e SIOUT RS. Todos esses sistemas apresentaram poucas funcionalidades implementadas. Apenas o Atlas de RH do CE e o SIG WEB DOCE, por apresentarem controle de acesso, podem ter outras funcionalidades liberadas em acessos restritos. Já o SIGAESA-WEB e SIOUT RS não apresentam autenticação de usuários, e por isso funcionam apenas como um visualizador interativo de dados espaciais.

Entre os sistemas com pontuação intermediária (no intervalo de 52 a 65), cabe destacar o SINGERH-PA, que se destacou por obter as maiores notas nos critérios relativos à usabilidade e ferramentas de navegação (básica e avançada); o IGEO, que apresentou um *layout* técnico diferenciado com apresentação inicial de um mapa temático e disposição de funcionalidades limitadas à navegação que permitem um fácil entendimento do sistema por diferentes níveis de usuários; e o CBH-PS-WEB, que foi o único sistema a obter nota máxima na função de *download* de arquivos. Os sistemas SIG-RHBG e SIRH-DF foram negativamente avaliados quanto ao *layout* tanto na sua apresentação quanto em relação à facilidade de uso por não serem intuitivos e exigirem alto nível de conhecimento técnico para sua manipulação. O sistema SIOUT RS foi um dos sistemas que surpreendeu por apresentar notas máximas em termos de usabilidade e notas mínimas nos critérios relativos à apresentação de conteúdo e funcionalidades, sem nenhuma diversidade temática e com número limitado de funções implementadas.

### 3.2.2 Análises do Desempenho de Variáveis Individuais

No critério **forma de acesso** o sistema GEOSGA teve sua nota atribuída considerando a dificuldade de reconhecimento do sistema diante de tantas soluções disponíveis na mesma página. A apresentação de muitos *links* para diferentes soluções exige que o usuário tenha conhecimento prévio sobre o SIGWEB para acertar a escolha do sistema de interesse.

Os critérios relativos ao *layout* analisaram a apresentação e a facilidade de uso dos sistemas, nesses critérios, dentre os sistemas que obtiveram nota máxima, o SIGA SÃO FRANCISCO, o SINGERH-PA e o SIOUT RS se destacam.

Todas as aplicações apresentaram responsividade podendo ser acessadas por diferentes plataformas. As notas atribuídas ao critério de **acesso multiplataforma** variaram porque em alguns sistemas houve falha ou supressão de funcionalidades em telas reduzidas de *smartfones*.

Os sistemas SIGA WEB e o SIGA WEB Guandu se destacaram no critério **diversidade temática**, pois apresentaram acesso a uma grande variedade de dados espaciais com 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. A disponibilidade de diferentes **ferramentas de navegação** também foi destaque nesses sistemas, assim como no SINGERH-PA e no GEOSGA.

A existência de **autenticação de usuários** indica desenvolvimento de sistemas hierarquizados em diferentes níveis de acesso onde o perfil público garante o uso do sistema por todos os interessados e restringe o acesso a dados sigilosos ou funcionalidades específicas. Apenas em quatro SIGWEBs não foi encontrada opção de controle de acesso e por isso a nota mínima foi atribuída nesse critério: SINGERH-PA, SIGAESA-WEB, GEOSGA e SIOUT RS.

O critério de **edição visual dos dados** é uma funcionalidade muito interessante que passa o domínio do mapa visualizado no sistema ao usuário. Foi identificada essa implementação a partir da simples variação de transparência das camadas nos sistemas SIGA São Francisco e CBH-PS WEB. Os sistemas SIG-RHBG, SIRH-DF e GEOSGA se destacaram com a disponibilidade de ferramentas para edição de estilo das camadas de dados, mas é prudente ter conhecimento prévio de cartografia temática para uma aplicação mais consciente dessa função.

Os critérios de **consulta/entrada de coordenadas** (função de plotagem de pontos), **acesso à tabela de atributos** e **ferramentas de geoprocessamento** facilitam o dia a dia de

quem trabalha com análise de dados espaciais. Os sistemas Atlas de RH do CE e SIGAESA-WEB tiveram avaliação negativa por não apresentar nenhuma dessas opções, e sistema SIGA Rio das Velhas se destacou 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.

O critério **consulta/download de mapas temáticos** foi pensado para os usuários leigos em getecnologias, perfil muito comuns entre os membros dos CBHs. Poucos sistemas desenvolveram funcionalidades de acesso a mapas temáticos em *pdf* para visualização ou consulta, apenas no Atlas de RH do CE é possível adquirir mapas prontos para impressão facilmente.

No critério **funções extras implementadas** os sistemas foram avaliados pelo número de funções disponíveis, sendo a nota máxima atribuída aos sistemas que apresentassem mais que cinco opções de funções extras. Opções de apontamento, medição (de comprimento e área), opções de desenho (ponto, linha e polígono), captura de tela, impressão de *layout* formatado, mudança de mapa base, compartilhamento de consulta, visualização de legenda, inclusão de textos, acesso ao mapa de localização, seleção múltipla e adição de marcador foram funções consideradas.

As notas nos critérios de **acesso a metadados e download de arquivos** refletem a realidade da disseminação da cultura de dados abertos nos sistemas. Kassen (2013) e Dawes, Vidiasova e Parkhimovich (2016) mostram que iniciativas de socializar dados abertos estão ocorrendo progressivamente na gestão pública e reforçam que a boa utilização desses dados deve ser priorizada para garantir uma maior segurança técnica, social e jurídica nas tomadas de decisão. A praticidade de download de dados se destaca no sistema CBH-PS WEB e o acesso aos metadados nos sistemas SIGA WEB e SIGA WEB Guandu, que apresentaram também acesso simples e intuitivo às tabelas de atributos dos dados.

No geral poucos sistemas disponibilizam **carregamento de arquivos** (*upload*) ou estão abertos a **serviços OGC** (padrões de serviços WEB para disponibilização de dados espaciais) que facilitarão o cruzamento de informações em apoio a tomada de decisão

(Iescheck et al. 2016). Os sistemas SIGA SÃO FRANCISCO, SIG-RHBG, SIRH-DF e GEOSGA foram os que receberam as maiores notas nesses quesitos. Dessa forma, a maior parcela dos sistemas prioriza a pura apresentação de dados referentes à região geográfica em questão, negligenciando a análise do território por usuários especialistas (mais familiarizados com ferramentas de geoprocessamento).

A análise da variável de **integração com mídias sociais** mostrou que apenas o sistema IGEO permite o compartilhamento do sistema direto com redes sociais (*Facebook*, *LinkedIn* e *Twitter*). Uma solução alternativa muito eficiente dos sistemas SIGA WEB, CBH-PS WEB e SIGA Guandu WEB gera um *link* do mapa de interesse que pode ser compartilhado na *internet* sem restrição.

### 3.3 Resultados da Etapa 3 – Síntese dos Requisitos Básicos

Com base na interpretação da síntese da análise comparativa (Tabela 3) foi possível selecionar as melhores práticas adotadas buscando atender às necessidades da heterogeneidade dos integrantes dos comitês de bacias hidrográficas. Organizada pelas variáveis, a Tabela 4 apresenta os resultados obtidos a partir da síntese com recomendações básicas e instruções para os requisitos básicos ao desenvolvimento de sistemas similares de forma a garantir a participação e entendimento de diferentes níveis de usuários, do especialista ao leigo, com uma boa experiência na visualização e permitindo uma maior exploração de dados.

O conhecimento das necessidades dos usuários é a base para definir os requisitos do sistema no TR de contratação. O levantamento de requisitos para SIGWEBs pode ser incluído como uma etapa de desenvolvimento, mas é um processo caro, complexo, difícil de gerenciar, e requer o envolvimento de todos os usuários. Estudos como os de Sommerville (2011) e Valaski et al. (2014) reforçam a necessidade de direcionar esforços na busca de solução para os problemas relacionados à elicitação de requisitos. Quando o levantamento não é realizado de forma adequada, ou não identifica as necessidades de todos os perfis de usuários, os requisitos finais podem ocasionar o desenvolvimento de um sistema falho e que não atende ao objetivo proposto na sua concepção. Nesse cenário, a insatisfação dos usuários poderá suscitar a inutilização do sistema (Thayer & Dorfman 2000).

**Tabela 4** Requisitos definidos por parâmetros de análise.

Variáveis	Requisitos Básicos
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 - apresentação e facilidade de uso	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.
Acesso multiplataforma ( <i>smartphones, tablets, etc.</i> )	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.
Diversidade temática	O sistema deve ter muitas informações disponibilizadas (Braga, Porto & Tucci 1999) 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.
Ferramentas de navegação no mapa	O sistema deve possuir um conjunto de ferramentas básicas de navegação ( <i>zoom in, zoom out, zoom por região, visualização em quadro, extensão total, visualização anterior e posterior</i> ) além e permitir navegação pelo <i>mouse</i> .
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.
Edição visual de dados	O sistema deve permitir a edição de transparência das camadas adicionadas ao mapa. Em caso de implementação de acesso específico para usuários capacitados, a inclusão da opção de edição de estilo dos dados se torna interessante.
Entrada/plotagem 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.
Acesso à tabela de atributos	O sistema deve permitir a visualização das tabelas de atributos dos dados visualizados no mapa a partir de <i>links</i> específicos facilmente identificáveis.
Ferramentas de geoprocessamento	Devem ser implementadas funções de geoprocessamento, tais como: geração de <i>buffer</i> , análise espacial e consulta por atributos.
Consulta/download de mapas temáticos	Devem ser disponibilizados mapas temáticos, dinâmicos e em formato de impressão, além da visualização dos arquivos digitais georreferenciados.
Acesso à metadados	Devem ser disponibilizadas as informações sobre os dados a partir do cadastro de metadados segundo padrão INDE (CEMG-CONCAR 2009).
Funções extras implementadas	Devem ser implementadas funcionalidades extras, tais como: apontamento, opções de medição, opções de desenho (ponto, linha e polígono), captura de tela, impressão de <i>layout</i> formatado, mudança de mapa base, compartilhamento de consulta, visualização de legenda, inclusão de textos, mapa de localização, seleção múltipla e adição de marcador.
Carregamento de arquivos	O sistema deve apresentar opção de <i>upload</i> de arquivos <i>shapefile</i> (ESRI 1998).
Download de arquivos	O sistema deve apresentar opção de <i>download</i> de arquivos em formato <i>shapefile</i> e <i>kml</i> ( <i>Keyhole Markup Language</i> ).
Serviços <i>Open Geospatial Consortium</i> – 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	O sistema deve permitir o compartilhamento de mapas por link. Caso o órgão/instituição possua conta/perfil em redes sociais, o sistema deve estar integrado e permitindo compartilhamento de informações.

### 3.3.1 Observações de Possibilidades e Entraves de Implementação

Alguns pontos que foram identificados devem ser considerados na definição de quais requisitos básicos serão essenciais em um projeto de desenvolvimento de SIGWEB, entre eles:

- Muitas soluções SIGWEB podem estar subutilizadas por estarem escondidas nos *sites*, dificultando o acesso;
- O baixo percentual de sistemas com 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 de Metadados Geoespaciais Brasileiro – 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.
- O desenvolvimento de soluções multiplataformas, que sejam acessíveis a partir de diferentes formatos de dispositivos (*desktop*, *notebooks*, *tablets* ou *smartphones*), facilita a democratização do acesso e a utilização do sistema por diferentes perfis de usuários.

## 4 Conclusões

O estudo identificou os Sistemas de Informações Geográficas desenvolvidos para apoiar especificamente a gestão hídrica e disponíveis na *internet*. Os sistemas foram comparados em variáveis funcionais e não funcionais com o objetivo de definir os requisitos básicos para o desenvolvimento de novos sistemas similares para Comitês de Bacia Hidrográfica. Os resultados deste estudo indicam que:

1. Foi constatado o fraco percentual de bacias hidrográficas com Comitês de Bacia Hidrográfica CBHs ativos. No total foram identificados 236 comitês de bacia criados no Brasil, que correspondem à 48,7% do total de regiões hidrográficas contabilizadas.
2. A grande diversidade de dados e informações sobre o território da bacia hidrográfica e a grande heterogeneidade de usuários torna o levantamento

de requisitos para desenvolvimento de sistemas que apoiem a gestão hídrica complexo e dispendioso.

3. É inexpressivo o número de soluções em SIGWEB desenvolvidas para apoiar as ações dos comitês no Brasil. Foram identificados e selecionados 14 sistemas. (O estudo não descarta a possibilidade de existirem outros sistemas desenvolvidos para ambiente *intranet*).
4. O número de sistemas específicos de um CBH 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.
5. A classificação por grau de satisfação do usuário em variáveis 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, SIGA SÃO FRANCISCO, SIGA WEB Guandu e GEOSGA.
6. Considerando que o levantamento de requisitos trata do processo de descobrir, analisar, documentar e verificar condições necessárias para um sistema satisfazer seu objetivo, foram detalhados os requisitos básicos de usabilidade, conteúdo e funcionalidades que podem ser utilizados em termos de referência de contratos de desenvolvimento de novos SIGWEB para CBHs ou para gestão hídrica em nível estadual.
7. De uma maneira geral 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.

## 5 Referências

- ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico 2018, *HidroWeb: Arquivos Digitais*, acesso 1 Janeiro 2018, <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>.
- ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico 2020, *Comitês de Bacia Hidrográficas*, acesso 20 Novembro 2020, <<http://www.cbh.gov.br>>.
- Aye, Z.C., Jaboyedoff, M., Derron, M.H., van Westen, C.J., Hussin, H.Y., Ciurean, R.L., Frigerio, S. & Pasuto, A. 2016, 'An interactive web-GIS tool for risk analysis: a case study in the Fella River basin, Italy', *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 16, no. 1, pp. 85-101, DOI:10.5194/nhess-16-85-2016.

- Barth, F.T., Pompeu, C.T., Fill, H.D., Tucci, C.E.M., Kelman, J. & Braga, B.P.F.Jr. 1987, *Modelos para gerenciamento de recursos hídricos*, Nobel/ABRH, São Paulo.
- Bellezza, M., Casagrande, L., Pierleoni, A. & Casadei, S. 2014, 'Open source web applications for spatial data management and for water resource analysis', *AgroLife Scientific Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 25-30.
- Bielenki, C.Jr., Souza, F.A.O. & Mauad, F.F. 2015, 'GIS automation for spatialization of water availability', *Anuário do Instituto de Geociências*, vol. 38, no. 2, pp. 47-55, DOI:10.11137/2015\_2\_47\_55.
- Braga, B., Porto, M. & Tucci, C.E.M. 1999, 'Monitoramento de quantidade e qualidade das águas', A.C. Rebouças, B. Braga & J.G. Tundi (eds), *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*, Escrituras USP/ABC, São Paulo, pp. 637-49.
- Brasil & ANA Agência Nacional de Águas 2011a, *O Comitê de Bacia Hidrográfica: O que é, o que faz?*, vol. 1, Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, Brasília.
- Brasil & ANA Agência Nacional de Águas 2011b, *O Comitê de Bacia Hidrográfica: Prática e procedimento*, vol. 2, Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, Brasília.
- Brasil & ANA Agência Nacional de Águas 2012, *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2012*, Ed. Especial, Brasília.
- Brasil & ANA Agência Nacional de Águas 2016, *Sistemas de Informação na Gestão de Águas: Conhecer para decidir*, vol. 8, Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, Brasília.
- Brasil 1997, *Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*, Diário Oficial da União, Brasília.
- Brasil 2020, *Visualizador da INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*, visualizado 10 Novembro 2020, <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>.
- Burgs, G. & Reis, A.T.L. 2017, 'Planejamento urbano participativo por meio da utilização de novas tecnologias: uma avaliação por especialistas', *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, vol. 9, no. 1, pp. 110-23, DOI:10.1590/2175-3369.009.001.AO06.
- Casadei, S., Pierleoni, A. & Bellezza, M. 2018, 'Sustainability of water withdrawals in the Tiber River Basin (Central Italy)', *Sustainability*, vol. 10, no. 2, 485, DOI:10.3390/su10020485.
- CEMG-CONCAR Comissão Nacional de Cartografia – Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais 2009, *Perfil de metadados geoespaciais do Brasil: perfil MGB*, 2nd edn, CEMG, CONCAR, Brasília, visualizado 20 Novembro 2020, <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=283691>>.
- Chang, K. 2013, *Introduction to geographic information systems*, 7th edn, McGraw-Hill, Singapore.
- Costa e Silva, D., Candido, G., Baracuh, J., Chaves, H. & Curi, W. 2017, 'Gestão de recursos hídricos no Brasil e interdisciplinaridade: Uma reflexão em torno de apontamentos contemporâneos desta relação', *Revista ESPACIOS*, vol. 38, no. 1, 4.
- CPRM Serviço Geológico do Brasil 2018, *Sistema de informações de águas subterrâneas – SIAGAS*, visualizado 20 Janeiro 2018, <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>.
- Dawes, S.S., Vidiasova, L. & Parkhimovich, O. 2016, 'Planning and designing open government data programs: An ecosystem approach', *Government Information Quarterly*, vol. 33, no. 1, pp. 15-27, DOI:10.1016/j.giq.2016.01.003.
- De Deus, L.A.B., Britto, F.G.A., Santos, C.S.M., França, C.A.S.S.M., Andrade, C.D., Ferreira, V.J.R.P., Viana, D.B. & Freitas, M.A.V. 2016, 'GeoAmazonas-GIS for water resources management', *Journal of Geographic Information System*, vol. 8, no. 5, pp. 558-77, DOI:10.4236/jgis.2016.85047.
- Delone, W.H. & Mclean, E.R. 1992, 'Information systems success: the quest for the dependent variable', *Information Systems Research*, vol. 3, no. 1, pp. 60-95, DOI:10.1287/isre.3.1.60.
- Denzin, N.K. & Lincoln, Y.S. (eds) 2000, *Handbook of qualitative research*, 2nd edn, Sage Publications, Thousand Oaks.
- Eldrandaly, K.A., Naguib, S.M. & Hassan, M.M. 2015, 'Evaluation of critical success factors for GIS implementation using analytic hierarchy process', *International Journal of Computing Academic Research*, vol. 4, no. 3, pp. 132-43.
- ESRI Environmental Systems Research Institute 1998, *ESRI Shapefile Technical Description*, Environmental Systems Research Institute, Redlands, California.
- Fachin, O. 2005, *Fundamentos de metodologia*, Saraiva, São Paulo.
- Fenton, N. & Bieman, J. 2014, *Software metrics: a rigorous and practical approach*, 3rd edn, CRC Press, Boca Raton.
- Ferreira, D. & Baidya, T.K.N. 2017, 'Avaliação de sistemas de informação: um mapeamento sistemático da produção científica dos últimos dezoito anos', *Ciência da Informação*, vol. 44, no. 3, pp. 514-30, DOI:10.18225/ci.inf.v44i3.1946.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. 2017, 'Google Earth engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone', *Remote Sensing of Environment*, vol. 202, pp.18-27, DOI:10.1016/j.rse.2017.06.031.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2004, *Atlas de saneamento*, IBGE, Rio de Janeiro.
- 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*, vol. 68, no. 7, pp. 1425-39.
- Jacobi, P.R. & Fracalanza, A.P. 2005, 'Comitês de bacias hidrográficas no Brasil: desafios de fortalecimento da gestão compartilhada e participativa', *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, vol. 11, no. 12, pp. 41-9, DOI:10.5380/dma.v11i0.7816.
- Jacobi, P.R. 2005, 'Comitês de bacia hidrográfica: O que está em jogo na gestão compartilhada e participativa', in L. Dowbor & R.A. Tagnin (orgs), *Administrando a água como se fosse importante: Gestão ambiental e sustentabilidade*, SENAC São Paulo, São Paulo.
- Kassen, M. 2013, 'A promising phenomenon of open data: A case study of the Chicago open data project', *Government Information Quarterly*, vol. 30, no. 4, pp. 508-13, DOI:10.1016/j.giq.2013.05.012.

- Kemerich, P.D.C., Ritter, L.G., Dulac, V.F. & Cruz, R.C. 2016, 'Gerenciamento de recursos hídricos: desafios e potencialidades do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo', *Sociedade e Natureza*, vol. 28, no. 1, pp. 83-93, DOI:10.1590/1982-451320160106.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. 2010, *Geographical information systems and science*, 3rd edn, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Maceachren, A.M. & Kraak, M.-J. 2001, 'Research challenges in geovisualization', *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 28, no. 1, pp. 3-12, DOI:10.1559/152304001782173970.
- Maciel, E.M. 2018, 'A complexidade no gerenciamento de bacias hidrográficas: Consumo e gestão integrada', *Revista Brasileira de Gestão e Engenharia*, no. 17, pp. 122-36.
- Nedović-Budić, Z. 1998, 'The impact of GIS technology', *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 25, no. 5, pp. 681-92, DOI:10.1068/b250681.
- Patil, N.S. & Gosain, A.K. 2013, 'Geographical Information System (GIS) for water resources management', *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 2, no. 13, pp. 417-22, DOI:10.15623/ijret.2013.0213078.
- Porto, M. & Tucci, C.E.M. 2009, 'Planos de recursos hídricos e as avaliações ambientais', *Revista de Gestão de Água da América Latina*, vol. 6, no. 2, pp. 19-32.
- Sieber, R.E. 2004, 'Rewiring for a GIS/2', *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol. 39, no. 1, pp. 25-39, DOI:10.3138/T6U8-171M-452W-516R.
- Simões, S.J.C. 2013, 'Interaction between GIS and hydrologic model: A preliminary approach using ArcHydro Framework Data Model', *Revista Ambiente e Água*, vol. 8, no. 3, pp. 83-92, DOI:10.4136/ambi-agua.1251.
- Sommerville, I. 2011, *Engenharia de software*, 9th edn, Person Addison-Wesley, São Paulo.
- Souza, C.B.Jr., Candeias, A.L.B., Cirilo, J.A. & Tavares, J.R.Jr. 2013, 'Atlas eletrônico analítico como ferramenta na gestão dos recursos hídricos', *Revista de Geografia*, vol. 30, no. 3, pp. 226-43.
- Thayer, R. & Dorfman, M. 2000, *System and Software Requirements Engineering*, 2nd edn, IEEE Computer Society Press Tutorial, Los Alamitos.
- Tsui, F., Karam, O. & Bernal, B. 2016, *Essentials of software engineering*, 4th edn, Jones & Bartlett Learning, Burlington.
- Tucci, C.E.M., Hespanol, I. & Cordeiro Netto, O.M. 2000, 'Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "Visão mundial da água"', *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)*, vol. 5, no. 3, pp. 31-43, DOI:10.21168/rbrh.v5n3.p31-43.
- Valaski, J., Stancke, W., Reinehr, S. & Malucelli, A. 2014, 'WER Overview: Retrospective, Trends and Relevance', *CLEI Electronic Journal*, vol. 17, no. 3, 4. Atil horei con

#### Contribuições dos Autores

**Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira:** conceituação; análise formal; metodologia; redação – rascunho original; obtenção de financiamento; visualização. **Rodrigo Mikosz Gonçalves:** validação; redação – revisão e edição. **Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral:** conceituação; metodologia; redação – rascunho original; supervisão.

#### Conflito de interesse

Os autores não possuem potenciais conflitos de interesse.

#### Como citar:

Ferreira, L.A.A., Gonçalves, R.M. & Cabral, J.J.A.P. 2022, 'Entendendo a Complexidade dos Requisitos Necessários para Subsidiar a Implementação de SIGWEB para Comitês de Bacias Hidrográficas a partir da Avaliação de Sistemas Existentes no Brasil', *Anuário do Instituto de Geociências*, 45:41356. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_45\\_41356](https://doi.org/10.11137/1982-3908_45_41356)

#### Declaração de disponibilidade de dados

Todos os dados incluídos neste estudo estão disponibilizados publicamente na literatura.

#### Financiamento

CNPq, Processo N° ou Não aplicável.

#### Editores chefe

Dra. Claudine Dereczynski

#### Editor Associado

Dr. Marcus Vinícius Alves de Carvalho