

IV-239 - ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS PARA A DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E DO BALANÇO HÍDRICO COMO SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

Jane Cristina Caparica Ferreira⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Mayara Mayer Candia⁽²⁾

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário Senac.

Dafne Correa da Silva⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Oswaldo Cruz.

Mitsuyoshi Takiishi⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mauá.

Juliana Rodrigues Pereira Innecco⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Anhembi Morumbi.

Endereço⁽¹⁾: Rua Capitão Antônio Rosa, 406 – Jardim Paulistano - São Paulo – SP - CEP: 01443-010 - Brasil
- Tel: (11) 3897-8000 - e-mail: janeferreira@cobrape.com.br

RESUMO

Os problemas relacionados ao planejamento de bacias hidrográficas estão ligados à quantidade e à qualidade de dados disponíveis da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea. O estudo de disponibilidades hídrica e modelagem quantitativa de bacias consideradas críticas no Brasil, representa um grande interesse em aprimorar a gestão dos trechos de rios considerados críticos em bacias hidrográficas brasileiras, tendo como principal foco uma melhoria na distribuição dos recursos hídricos. Dentro desse contexto, este trabalho objetivou identificar bacias hidrográficas que possuíssem problemas quantitativos na série histórica de dados hidrológicos, trazendo um associado de estratégias, métodos e ferramentas para atenuar, suprimir e diminuir as possíveis falhas, para que assim, haja uma contribuição para o processo de planejamento e gestão sustentável nessas regiões. Este estudo teve como abrangência 23 bacias, consideradas críticas, quais sejam: Rios Federais no DF, Doce, Grande/Sapucaí, Itabapoana, Itaúnas, Jequitinhonha, Mampituba, Mirim/São Gonçalo, Mogi Guaçu, Negro, Paraíba do Sul, Paranã, Ribeirão Verde, Parapanema, Pardo, Piracicaba, Preto, Quaraí, Ribeira do Iguape, São Marcos, São Mateus, Urucuia e Verde Grande. Para dar base ao estudo foram identificados dados e informações hidrométricas de origem de registros históricos de vazões, chuvas, evaporação e de alguns elementos climáticos. A abordagem metodológica foi desenvolvida em duas etapas, a primeira pelo levantamento dos dados e na segunda foi feita uma análise de estudos anteriores. Com essa modelagem ficou evidenciado que as ferramentas foram compatíveis e eficazes para auxiliar no balanço hídrico de bacias consideradas críticas, sendo útil para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas brasileiras. Portanto, abre-se uma oportunidade de se ampliar e aperfeiçoar a sistemática de planejamento e gestão de bacias hidrográficas.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias críticas, Disponibilidade Hídrica, Metodologia de determinação de dados Hidrológicos.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal 9.433/97 (BRASIL, 1997) define bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão do território, enquanto base referencial para a sustentabilidade hídrica no País. Um dos principais instrumentos reconhecidos na PNRH refere-se aos planos de recursos hídricos, cujo detalhamento é de suma importância para a recuperação, a proteção e a conservação de águas superficiais e subterrâneas disponíveis. Esses planos possuem diretrizes que identificam e indicam soluções para algumas convergências quantitativas nos usos das águas.

Um problema significativo relacionado ao planejamento de bacias diz respeito, precisamente, à quantidade e à qualidade dos dados disponíveis, sobretudo sobre a disponibilidade hídrica superficial. Não é incomum que diversas bacias brasileiras não possuam séries históricas longas e/ou completas e que resultem do

monitoramento hidrométrico, dificultando o planejamento e a gestão da bacia – por vezes – levando a um conjunto de suposições e inferências acerca da real disponibilidade hídrica ou do potencial de oferta em períodos de escassez e estresse hídrico.

Os estudos da hidrologia clássica produzem dados, nas situações de carência de dados observados localmente, que são utilizados como subsídios para o planejamento e gestão de recursos hídricos, portanto, o constante aprimoramento das séries históricas e dados hidrológicos das diversas bacias hidrográficas brasileiras é extremamente importante, uma vez que estes resultados atribuem uma maior confiabilidade e aproximação da realidade observada.

A não observância dessa questão diminui a eficácia dos processos de planejamento e, por isso, requer abordagens metodológicas que busquem melhorar as bases de dados, no sentido de auferir o melhor conjunto possível de informações que possibilitem a determinação da disponibilidade e do balanço hídrico, principalmente em bacias consideradas vulneráveis ou em situação quali-quantitativa crítica.

No “Estudo de Modelagem Quantitativa e Qualitativa de Trechos de Rio em Bacias Hidrográficas Consideradas Críticas”, realizado pelo Consórcio COBRAPE/CH2MHill tinha como objetivo principal o aprimoramento da qualidade da informação dos trechos de cursos d’água considerados críticos. Para tanto, foram analisadas 23 bacias hidrográficas, consideradas críticas quali-quantitativamente. Tais bacias encontram-se distribuídas em dez estados brasileiros, 858 municípios e abrangem uma área total de cerca de 412.500 km², ou seja, apresentam características distintas e específicas das regiões onde estão inseridas.

Para o aprimoramento da base de dados hidrológicos de forma a subsidiar a determinação e análise da criticidade das bacias, foram aplicados procedimentos metodológicos diferenciados para cada uma das bacias, orientados a partir da avaliação da quantidade e qualidade das informações disponíveis. Os resultados obtidos foram, ainda, especializados em bases otocodificadas, em escala de 1:250.000 ou melhor. Ou seja, no total, foram geradas mais de 480.000 ottobacias e ottotuchos, distribuídos nas bacias críticas.

OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo identificar e categorizar as bacias hidrográficas, constantes no projeto “Estudo de Modelagem Quantitativa e Qualitativa de Trechos de Rio em Bacias Hidrográficas Consideradas Críticas”, com o aprimoramento da base dados hidrológicos que definem a disponibilidade hídrica das bacias estudadas. A partir de um conjunto de estratégias, métodos e ferramentas clássicas hidrológicas, foram aplicados procedimentos específicos, caso a caso, para melhorar a qualidade da informação relacionada com a disponibilidade hídrica, contribuindo com o processo de planejamento e gestão sustentável nessas regiões.

METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo abrangeu o conjunto de 23 bacias hidrográficas preliminarmente classificadas como críticas em função de aspectos quali-quantitativos. Estas bacias e respectivos trechos analisados estão relacionadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Relação de bacias consideradas críticas

BACIA HIDROGRÁFICA	PRINCIPAIS CURSOS D’ÁGUA / TRECHOS
Rios Federais no DF	Curso dos rios Descoberto e Alagado até a UHE Corumbá IV (GO). Rio Palmital até a UHE Corumbá III. Rios São Bartolomeu, Saia Velha, Paranoá e Pipiripau.
Doce	Curso principal do Rio Doce, entre o município de Ipatinga e sua foz.
Grande / Sapucaí	Curso dos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e seus afluentes Rio da Prata, do Lajeado e Baú, próximos ao município de Campos do Jordão. Curso do Rio Aiuruoca e trecho do Rio Grande até a UHE Itutinga.
Itabapoana	Cursos dos rios São João, Preto e Itabapoana até a UHE Rosal.

Tabela 2: Relação de bacias consideradas críticas (Cont.)

BACIA HIDROGRÁFICA	PRINCIPAIS CURSOS D'ÁGUA / TRECHOS
Itaunas	Córrego da Cruz e seus afluentes.
Jequitinhonha	Rio Jequitinhonha da nascente até a UHE Irapé.
Mampituba	Trecho do Rio Mampituba entre a foz do Rio Sanga do Areal e a sua foz no oceano.
Mirim / São Gonçalo	Canal de São Gonçalo (entre a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim). Arroio Chuy (Lagoa Mangueira). Trecho do Rio Jaguarão entre a foz do Rio Candiota até a Lagoa Mirim.
Mogi Guaçu	Rio Mogi Guaçu, entre o município de Mogi Guaçu (SP) e sua foz no Rio Pardo. Curso do rio Jaguari Mirim a jusante de Ibitiura de Minas (MG).
Negro	Arroio São Luis e Rio Negro até a fronteira Brasil-Uruguaí.
Paraíba do Sul	Rio Paraíba do Sul (trecho entre o município de Jacareí-SP e a UHE Funil); Ribeirão Vermelho (trecho no município de Areias-SP); Ribeirão Formoso (trecho no município de São José do Barreiro-SP); Rio Pirai (trecho entre o município de Rio Claro-RJ e Barra do Pirai-RJ); Rio Paraibuna (trecho da foz do Rio Peixe até o Rio Paraíba do Sul); Rio Pirapetinga (trecho no município de Pirapetinga-MG); Rio Pomba (trecho entre o município de Dona Eusébia-MG até o Rio Paraíba do Sul); Rio Muriaé (trecho entre o município de Muriaé-MG e o Rio Paraíba do Sul).
Paraná	Trecho do Rio Paraná entre os municípios de São João da Aliança, Flores de Goiás, Iaciara e São Domingos (GO).
Paranaíba	Ribeirão Verde da nascente até a foz do Rio Paranaíba.
Parapanema	Trecho do Rio Parapanema entre a foz do Ribeirão Bonito e do Ribeirão Bigu; Trecho do Rio Itacaré da nascente até a confluência com o Rio Fartura.
Pardo	Curso do Rio Lambari a jusante do município de Poços de Caldas (MG).
Piracicaba	Curso dos rios Atibaia, Jaguari e Camanducaia até o Rio Piracicaba.
Preto	Rio Bezerra e seu afluente Ribeirão Formosa e Grota Vermelha; Ribeirão São Bernardo; e Rio Preto.
Quaraí	Curso do Rio Quaraí da nascente até a foz no Rio Uruguaí; Arroio do Inglês, dos Trilhos e Invernada.
Ribeira do Iguape	Rio Capivari, das nascentes até jusante da Barragem do Capivari (UHE Prof. Parigot de Souza).
São Marcos	Rio Samambaia e seu afluente Vereda Sucuri; Rio São Marcos da nascente até a UHE Batalha.
São Mateus	Rio São Mateus e Braços Norte e Sul do Rio São Mateus; e Rio Preto.
Urucuia	Rio Urucuia (trecho no município de Cabeceiras (GO)).
Verde Grande	Cursos dos rios Verde Grande e Verde Pequeno e Rio Galheiros.

A caracterização das disponibilidades hídricas superficiais objetiva constituir as bases de dados necessárias para dar suporte às atividades de modelagem quali-quantitativa previstas nos estudos de cursos d'água inseridos em bacias consideradas críticas. A diretriz principal que norteou os estudos desenvolvidos perpassou pela avaliação das bases de dados hidrológicas disponíveis nos arquivos do Sistema de Informações Hidrológicas da ANA e aquelas já trabalhadas e configuradas em estudos anteriores, para em seguida traçar uma formulação metodológica que viabilizasse um aprimoramento ou refinamento das mesmas, de forma a assegurar que os resultados da modelagem dessem maior embasamento à consolidação e/ou eventual necessidade de revisão dos critérios de classificação de bacias críticas no que concerne aos níveis de criticidade.

A metodologia aplicada para a determinação dos dados hidrológicos, foi desenvolvida em 8 principais etapas, destacadas no fluxograma apresentado na figura 1 a seguir.

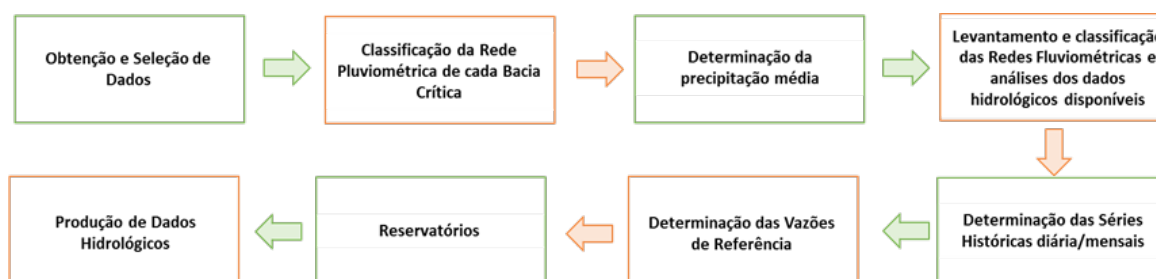


Figura 1: Metodologia de determinação de dados Hidrológicos

O embasamento do estudo foi realizado a partir da utilização de dados e informações hidrométricas de origem de registros históricos de vazões, chuvas, evaporação e de alguns elementos climáticos, entre as tais estão o banco de dados em formato Access, denominado “Hidrolocal”, fornecido pela ANA (parte do Hidroweb disponibilizado no site dessa entidade), e os sistemas de informações hidrometeorológicas disponibilizados pelo Inmet e DAEE. Também foram utilizadas as informações disponíveis nos estudos: (i) Qualificação de Dados Hidrológicos e Reconstrução de Vazões Naturais no País” (EQDH); (ii) Atlas Hidrológico; (iii) “Atualização de Séries Históricas de Vazões - 1931 a 2012”, publicado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS); e, (iv) “Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados” (SILVEIRA et al., 1998).

Em síntese, a abordagem metodológica considerou duas etapas de desenvolvimento. Uma primeira, correspondente ao levantamento de dados (pluviométricos, evaporimétricos e fluviométricos) e informações, identificando-se os estudos de maior relevância já desenvolvidos para as bacias críticas e a disponibilidade de séries históricas do monitoramento hidro-climático. Nesta etapa foram elaboradas as cartas de Disponibilidade de Dados e Informações por bacia hidrográfica, cujo desenvolvimento foi primordial para a espacialização e o georreferenciamento dos dados, permitindo a integração de informações e auxiliando na visualização e identificação das bacias vulneráveis em relação à caracterização das disponibilidades hídricas superficiais. Na etapa seguinte, foi feita uma análise dos estudos anteriores optando-se pela adoção integral, parcial ou não aplicação de seus resultados, além da definição de complementações viáveis, considerando a disponibilidade de dados do monitoramento hidrometeorológico.

As séries de chuvas diárias foram obtidas a partir dos registros históricos disponíveis para as estações pluviométricas nos bancos de dados da ANA, Inmet e DAEE. Sempre que possível, as séries foram uniformizadas para um período único, havendo casos de pequenas lacunas preenchidas através de correlação simples entre os dados de estações próximas. A Tabela a seguir apresenta o número de postos pluviométricos existentes e os preenchidos por bacia crítica.

Tabela 2: Número de postos Pluviométricos existentes e preenchidos

Bacia Crítica	Nº de Postos Pluviométricos ¹	Nº de Postos Pluviométricos Preenchidos / Estendidos ²
Itaúnas	2	6
Jequitinhonha	38	11
São Mateus	38	8
Ribeira do Iguape	11	3
Itabapoana	14	-
Doce	311	20
Rio Paraíba do Sul	330	-
Rio Pirapetinga	2	-
Rio Piraí	24	-
Rio Pomba	47	-
Rio Muriaé	29	-
Rio Paraibuna	82	-
Mampituba	3	6

¹ Postos inseridos na bacia

² Postos inseridos na bacia e entorno

Tabela 2: Número de postos Pluviométricos existentes e preenchidos (Cont.)

Bacia Crítica	Nº de Postos Pluviométricos ³	Nº de Postos Pluviométricos Preenchidos / Estendidos ⁴
Mirim/São Gonçalo	109	4
Parapanema	634	-
Mogi Guaçu	184	3
Ribeirão Verde	1	9
Pardo	150	3
Piracicaba	232	-
Rios Federais no DF	75	23
São Marcos	8	-
Grande	30	6
Sapucaí	90	6
Preto	30	6
Urucuia	1	3
Verde Grande	110	16
Paraná	15	5
Negro	6	10
Quaraí	35	5
Total	2.641	153

As séries de precipitações mensais foram configuradas a partir das séries diárias, complementadas com outras disponíveis em estudos anteriores. Para a evaporação potencial foram utilizados os dados de monitoramento realizado pelo Inmet, cujos os valores diários de evaporação correspondem a medições realizadas em atmômetros (evaporímetro Tipo Pichè), requerendo a aplicação de um fator de correção para a transformação de dados de Pichè para Tanque Classe “A” e, na sequência, transformada em evapotranspiração potencial através do coeficiente Kp de 0,70 (Doorembos e Kassam, 1989).

As áreas de influências de cada posto (pluviométrico ou evaporimétrico) foram determinadas utilizando-se como metodologia os Polígonos de Thiessen. A divisão realizada na Bacia do Mogi Guaçu é apresentada na figura a seguir.



Figura 2: Polígonos de Thiessen para determinação da precipitação média

³ Postos inseridos na bacia

⁴ Postos inseridos na bacia e entorno

Em uma etapa subsequente, foram compilados os dados de todas as estações fluviométricas com dados disponíveis no banco de dados Hidrolocal. As séries de dados fluviométricos foram caracterizadas quanto ao período e continuidade da operação. Nos casos das bacias com quantidade suficiente de estações que possuem dados com mais de 30 anos, as informações finais (curvas de permanência de vazões) resultaram dos valores estatísticos determinados para as séries de vazões. A Tabela a seguir apresenta os dados fluviométricos disponíveis, por bacia crítica, e suas classificações.

Tabela 3: Postos Fluviométricos por Bacia Crítica

Bacia Crítica	Nº de Postos Fluviométricos	Nº de Postos Fluviométricos Operando	Nº de Postos Fluviométricos com mais de 30 anos
Itaúnas	4	0	0
Jequitinhonha	15	10	2
São Mateus	28	15	-
Ribeira do Iguape	15	10	-
Itabapoana	16	11	-
Doce	391	224	54
Rio Paraíba do Sul	170	61	28
Rio Pirapetinga	2	1	0
Rio Pirai	29	14	1
Rio Pomba	75	40	9
Rio Muriaé	42	28	6
Rio Paraibuna	88	58	19
Mampituba	3	3	2
Mirim/São Gonçalo	94	35	2
Paranapanema	273	151	21
Mogi Guaçu	111	90	14
Ribeirão Verde	0	0	0
Pardo	49	29	6
Piracicaba	219	185	14
Rios Federais no DF	180	153	5
São Marcos	6	4	0
Grande	28	18	8
Sapucaí	76	39	14
Preto	39	30	2
Urucuia	16	11	3
Verde Grande	89	64	-
Paraná	17	11	-
Negro	2	2	0
Quaraí	12	9	0
Total	2.089	1.306	214

A etapa seguinte buscou avaliar a possibilidade de configuração e/ou complementação das séries históricas disponíveis, considerando inicialmente a modelação hidrológica determinística chuva x vazão. Para a calibração desse modelo foram selecionados diversos períodos, até que fosse encontrado um que viabilizasse o maior controle e correspondência entre seus parâmetros e os eventos de evapotranspiração, chuva e vazão observados. O passo seguinte buscou a otimização dos parâmetros de calibração através da utilização de funções-objetivo. A validação dos dados foi feita através da comparação entre a curva de permanência de vazões, configurada a partir da série de vazões diárias observadas, com aquela obtida, para o mesmo período, a partir da série gerada pelo SMAP. Durante este processo os parâmetros do modelo foram ajustados manualmente, comparando-se o ajuste entre as curvas de permanência de vazões observadas e geradas.

Quando os resultados obtidos na etapa de calibração do modelo SMAP não foram considerados aceitáveis, foram buscadas alternativas para a obtenção das séries de vazões e/ou para obtenção da vazão de referência, tais como: metodologia de pequenas bacias (MPB); regressão simples vazão x vazão ou chuva x vazão; e,

regressão múltipla do tipo vazão = f (chuva, vazão). Tal processo seguiu etapas que levaram em consideração a qualidade dos resultados gerados, conforme pode ser observado na figura 3 adiante.

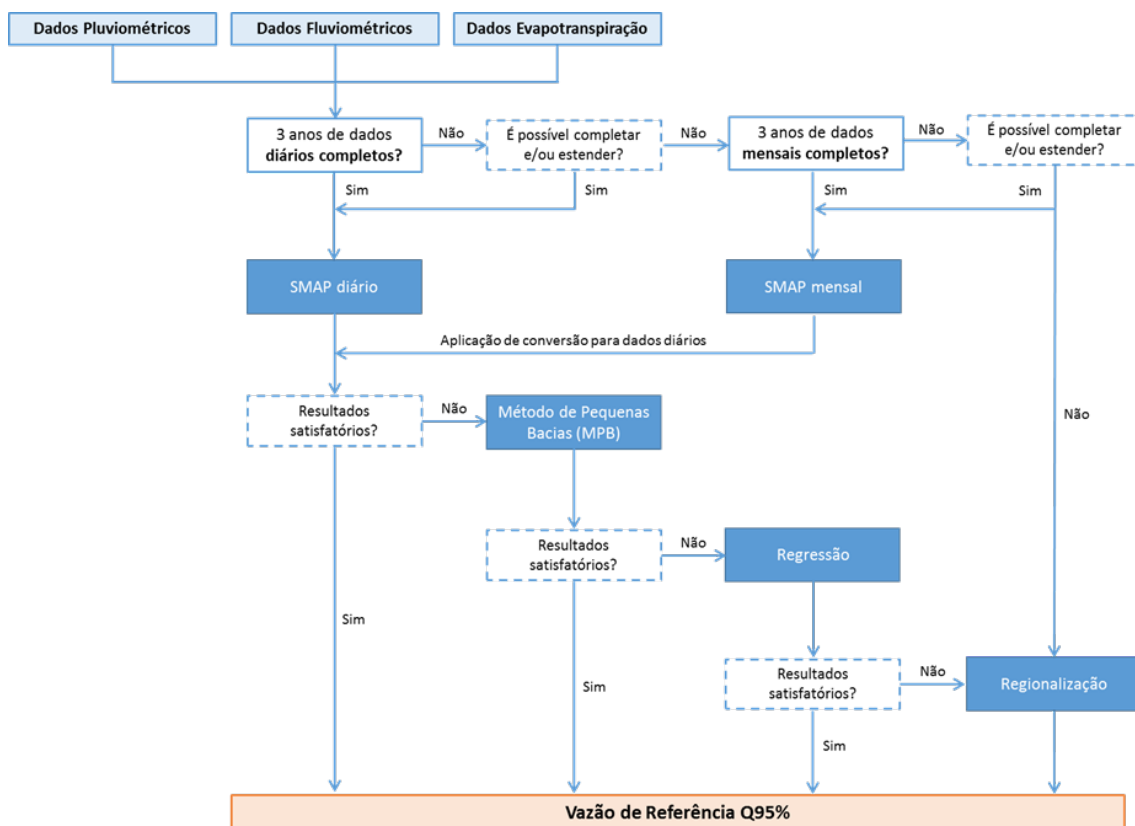


Figura 3: Processo de obtenção da vazão de referência Q95%

A fase subsequente compreendeu o levantamento de dados referentes aos reservatórios, através da análise dos *shapefiles*, banco de dados da ANA, o *site* oficial da mesma, e para complementar as informações, utilizou-se o Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos da ONS e o Plano de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Após a aplicação das metodologias acima indicadas, foram então, geradas e espacializadas as vazões incrementais, séries mensais, vazões de referência (Q_{95%} anual e mensal) por otobacias em cada bacia crítica. A Tabela 4 a seguir apresenta a quantidade de dados produzidos por bacia crítica.

Tabela 4: Resumo dos quantitativos de dados hidrológicos existentes ou produzidos

Bacia Crítica	Série Mensal	Q95% Anual	Q95% Sazonal	Fator de Conversão (Qmensal para Qdiária)	Quantidade de Reservatórios
Itaúnas	4	4	48	77	13
Jequitinhonha	7	7	84	37.083	13
São Mateus	20	20	240	2.661	1
Ribeira do Iguape	4	4	48	25.805	1
Itabapoana	5	5	60	341	1
Doce	69	69	828	199.013	143
Rio Paraíba do Sul	11	11	132	3.911	10
Rio Pirapetinga	1	1	12	295	0
Rio Pirai	3	3	36	293	3
Rio Pomba	1	1	12	3.383	8
Rio Muriaé	1	1	12	2.519	4
Rio Paraibuna	3	3	36	2.333	6
Mampituba	9	9	108	97	7

Tabela 4: Resumo dos quantitativos de dados hidrológicos existentes ou produzidos (Cont.)

Bacia Crítica	Série Mensal	Q95% Anual	Q95% Sazonal	Fator de Conversão (Qmensal para Qdiária)	Quantidade de Reservatórios
Mirim/São Gonçalo	22	22	264	4.558	248
Paranapanema	41	41	492	153.995	64
Mogi Guaçu	26	26	312	2.721	41
Ribeirão Verde	5	5	60	261	1
Pardo	16	16	192	1.995	54
Piracicaba	37	37	444	27.016	19
Rios Federais no DF	20	20	240	1.040	16
São Marcos	12	12	144	811	52
Grande	10	10	120	1.585	2
Sapucaí	15	15	180	2.135	1
Preto	19	19	228	139	14
Urucuaia	2	2	24	17	-
Verde Grande	14	14	168	3.067	46
Paraná	7	7	84	2.427	159
Negro	3	3	36	511	139
Quaraí	8	8	96	1.995	241
Total	395	395	4.740	482.084	1.307

RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para o estudo, o tipo de metodologia empregada em cada bacia para obtenção das vazões de referência consubstanciadas por vazões diárias, associadas a uma curva de permanência de vazões anual e sazonal; e médias de longo termo. Adicionalmente, para este nível de modelação, foram configuradas séries de vazões mensais de forma a subsidiar análises históricas de períodos ou sequências críticas de estiagem.

Tabela 5: Resultados Obtidos

Bacia	Estudos Anteriores	Metodologias Empregadas					Proporção de Área
		Smap Diário	Smap Mensal	Correlação	Regressão	MPB	
Mogi Guaçu	14	1	9	0	0	1	1
Pardo	10	0	0	0	0	1	5
Grande	6	2	0	1	0	0	1
Sapucaí	11	3	2	0	0	0	0
Itabapoana	1	0	0	3	0	0	1
São Mateus	5	2	1	0	0	0	12
Ribeirão Verde	2	2	0	0	0	0	1
Ribeira do Iguape	1	2	2	1	1	1	0
Paraná	4	1	0	0	0	0	2
Verde Grande	1	1	6	0	0	0	6
Itaúnas	4	2	1	3	0	0	0
Jequitinhonha	0	3	4	1	0	0	0
Mampituba	0	1	1	7	0	0	0
Paranapanema	0	0	0	0	0	0	41
Preto	19	4	3	3	0	0	0
Rios Federais no DF	0	11	0	0	0	0	9
Doce	3	2	0	0	0	0	64
Negro	0	0	1	0	0	0	2

Tabela 5: Resultados Obtidos (Cont.)

Bacia	Estudos Anteriores	Metodologias Empregadas					Proporção de Área
		Smap Diário	Smap Mensal	Correlação	Regressão	MPB	
Mirim-São Gonçalo	22	0	1	0	0	0	0
Paraíba do Sul	20	0	0	0	0	0	0
Piracicaba	37	0	0	0	0	0	0
Quaraí	0	0	1	0	0	0	7
São Marcos	2	0	0	8	0	0	2
Urucuia	0	0	1	2	0	0	0
TOTAL	162	37	33	29	1	3	130

SÍNTESE QUANTITATIVA

De todas as 23 bacias, 4 não possuíam nenhum estudo anterior de disponibilidade hídrica, 9 bacias apresentavam estudo, porém foi realizada a complementação e 10 bacias dispunham de estudos, no entanto com a possibilidade de incorporar melhorias na caracterização das vazões de referência.

Para completar o banco de dados foram geradas 388 vazões de referência (Q95% anual e sazonal), determinadas a partir das séries diárias existentes com mais de 30 anos ou das séries diárias geradas conforme metodologia citada. Quando não foi possível gerar as séries diárias, como na bacia Mampituba, foram utilizadas as séries mensais existentes ou geradas para obter as vazões de referência, com tudo, foi necessário aplicar um fator de conversão que relacionava as vazões sazonais e anual obtidas a partir de série de dados mensais através da relação chuva média mensal e chuva média anual das bacias.

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, fica claro que para a aplicação das técnicas e estratégias metodológicas para a obtenção e avaliação da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas, é necessária uma análise prévia das informações disponíveis para o atendimento aos objetivos pretendidos. Fica evidenciada a variabilidade dos resultados obtidos a partir de cada um dos procedimentos utilizados, considerando que a disponibilidade de dados de monitoramento, por muitas vezes direciona ou restringe a gama de ferramentas aplicáveis a cada caso ou situação.

É incontestável que o estudo realizado se apresenta como um instrumento bastante útil para o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas brasileiras, permitindo compreender com maior clareza e objetividade os problemas de cada bacia e, por conseguinte, facilitar a adoção de soluções estruturais e não estruturais para a mitigação ou reversão de suas criticidades. Trata-se, pois, de uma oportunidade de se ampliar e melhorar a sistemática de planejamento e gestão das bacias hidrográficas e, mais além, de enxergá-las de forma integrada, para que problemas e conflitos comuns e/ou semelhantes eventualmente possam contar com estratégias diferenciadas de solução.

Dessa forma, o estudo realizado representa uma inovação metodológica no que tange a obtenção de séries históricas e vazões de referência, bem como suas espacializações em ottobacias, o que permite uma melhor integração das informações e contribui para a análise e identificação de bacias e regiões que apresentam vulnerabilidade em relação aos recursos hídricos.

Para a eficácia da gestão das bacias hidrográficas é necessário a atualização constante do banco de dados, o aprimoramento e sofisticação da modelagem hidrológica, permitindo com isso, a interface junto a outros programas, setores e estudos. Por fim, recomenda-se a utilização dessa estratégia em futuros trabalhos, principalmente para o equacionamento dos problemas de planejamento em bacias hidrográficas brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Hidroweb – Sistemas de Informações Hidrológica. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>
2. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Qualificação de dados hidrológicos e reconstituição de vazões naturais no país. Curitiba, 2011.
3. BRASIL 1997, Lei no 9433 de 8 de janeiro de. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1 da lei 801 de 13 mar. 1990, que modifica a lei no 7990 de 28 dez. 1989.
4. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. Banco de dados hidrológicos. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br>
5. DOOREMBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield, response to water. I: Irrigation Yield drainage. Roma, Itália, FAO, 1979. p.193. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33). CT/31, CPATSA, maio/89, p.17
6. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
7. LOPES, João Eduardo G. Manual do Modelo SMAP-soil Moisture Accounting Procedure. São Paulo, 1999.
8. OPERADORA NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Atualização de Séries Históricas de Vazões – 1931 – 2012. Rio de Janeiro, 2013.
9. SILVEIRA, Geraldo Lopes da; TUCCI, Carlos E. M.; e SILVEIRA, André L. L. da. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 3 n.3 Jul/Set 1998, 111-131.