

Nota Técnica nº 16/2016/SPR
Documento nº: 00000.023323/2016-47

Em 25 de abril de 2016.

Ao Senhor Superintendente de Planejamento de Recursos Hídricos
Assunto: **Definição da base de referência de Disponibilidade Hídrica Superficial**
Referência: 02501.001281/2012-44

1. Esta nota apresenta os estudos desenvolvidos para atualização da base de dados de Disponibilidade Hídrica Superficial, de forma a atender os objetivos de regulação e de planejamento de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas - ANA.
2. O trabalho consistiu na definição conceitual da disponibilidade hídrica e compilação de vários estudos desenvolvidos na ANA sobre o tema, restritos nessa primeira fase àqueles desenvolvidos no Núcleo de Estudos Hidrológicos, atual Coordenação de Estudos Hidrológicos – COHID desta Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR, em substituição aos valores de referência utilizados no Relatório de Conjuntura. Para uma segunda fase, está prevista a incorporação de estudos desenvolvidos na Superintendência de Regulação –SRE, além de outras atualizações conforme o desenvolvimento de estudos hidrológicos específicos.
3. O estudo aqui apresentado tem, portanto, dois objetivos fundamentais: 1) estabelecer um conceito geral para a disponibilidade hídrica e 2) estimar a disponibilidade hídrica nos trechos da base hidrográfica multiescala-BHO2013, a partir do conceito estabelecido e baseando-se nos estudos selecionados e demais planos de informações necessários.
4. Quanto ao primeiro objetivo, a disponibilidade hídrica deve ser entendida como a quantidade de água que serve de referência para contabilização do balanço entre oferta e demanda por água. O almejado é que esta base seja referência dentro da ANA para as atividades tanto de Gestão /Regulação, quanto de Planejamento de Recursos Hídricos. Esclarece-se, portanto, que esta disponibilidade representa uma condição de oferta bruta de água (isenta de captações) sobre a qual será realizado o cotejo das retiradas existentes (outorgas emitidas ou demandas calculadas) a fim de definir o quanto de água ainda poderia ser alocado a outros usuários ou o quanto determinados rios estão estressados hidricamente.
5. Dada a complexidade dos sistemas hídricos, principalmente quando se considera as infraestruturas existentes e suas diferentes formas de operação, o estabelecimento de uma base de oferta hídrica que permita operacionalizar de forma rápida um balanço entre oferta e demanda requer algumas simplificações, uma delas é utilizar uma base hidrográfica georeferenciada e discretizada em trechos de rio, como repositório final das informações.
6. Desta forma, a disponibilidade hídrica superficial foi definida como uma vazão mínima de referência associadas aos trechos de rio em geral. Para considerar a influência de reservatórios, a disponibilidade hídrica nos trechos a jusante dos barramentos foi definida como a vazão mínima defluente, estabelecida na regra operativa do reservatório, somada ao incremento de vazão de referência destes trechos. Nos trechos de rio inseridos nos lagos dos reservatórios, a vazão disponível é a vazão regularizada reduzida da vazão defluente mínima, a não ser em reservatórios do setor elétrico, onde se considerou como disponível a vazão com 95% de permanência no tempo (Q95) que ocorreria no local do barramento, caso este não existisse. Reservatórios que operam a fio d'água, recebem tratamento particular, **não** se considerando vazões mínimas defluentes, mesmo se informada alguma vazão de restrição no inventário de regras operativas.
7. A definição acima é uma generalização e compilação do que já apresenta o manual de

outorga da ANA (ANA, 2013), visando a plena compatibilidade com o sistema de suporte a decisão de outorga. Embora no conceito de regra geral se possa estabelecer qualquer vazão de referência como base para a disponibilidade hídrica superficial, a vazão estabelecida para esta primeira fase do trabalho foi a Q95, em consonância com o que é aplicado na ANA. Nas próximas fases serão consideradas as vazões Q95 de cada mês nos locais onde uma outorga sazonal é um fator importante para a gestão de recursos hídricos. Além disso, outras vazões como a Q710 e Q90 também poderão ser consideradas para viabilizar diferentes análises e cenários.

8. Até chegar no valor da disponibilidade hídrica é necessária, portanto, a reunião de vários planos de informação: a base hidrográfica, as estimativas da vazão de referência para os trechos da base, a localização das barragens e mapeamento das áreas de lago dos reservatórios a serem considerados e as estimativas das vazões associadas aos reservatórios.

Base de Dados

9. A base de referência adotada aqui foi a base multiescala BHO2013 que reúne trechos de hidrografia provenientes da cartografia digital da hidrografia do país em diferentes escalas sendo parte da bacia do Doce e parte do Alto Tietê (Piracicaba, Capivari, Jundiá) na escala 1:50.000, as bacias receptoras do PISF e outra parte da bacia do Doce em 1:100.000, bacia do Paraíba do Sul e bacia do Taquari (MS) em 1:250.000 e as demais bacias na escala do milionésimo. A hidrografia é unifilar, topologicamente consistida e otocodificada.

10. A figura 1 apresenta os locais com estudos hidrológicos específicos que foram reunidos nesta fase do trabalho e são referentes às bacias: do Amazonas (divididos em margem direita e margem esquerda), do Tocantins-Araguaia, do Paraguai, do Paranaíba, do Grande, do Paranapanema e da Lagoa Mirim/ São Gonçalo. Nos locais sem estudos específicos foram utilizadas as vazões constantes no relatório de Conjuntura do Recursos Hídricos que são originárias do Plano Nacional de Recursos Hídricos, embora as estimativas mais recentes da Margem Direita do Amazonas e da bacia do Paranaíba já estivessem incorporadas no Conjuntura.

11. A localização das barragens (figura1) foi obtida da Base de Dados de Reservatório (ANA,2013b). E as áreas de lago originaram de uma junção do que havia disponível na base de dados de reservatórios e no mapeamento de espelhos d'água (atualmente há um plano de informação disponível no portal de metadados, intitulado massas d'água).

12. A essa base de reservatórios foram ainda adicionados os reservatórios com informação de vazão regularizada informada na base Conjuntura e os que compunham a base de dados de açudes utilizada pela SRE para emissão de outorgas, denominado SCBH açudes.

13. A quantidade de reservatórios considerados nessa estimativa da disponibilidade hídrica dependeu da disponibilidade de informação de vazão. Para os reservatórios de regularização as vazões regularizadas foram obtidas nas bases conjuntura e SCBH açudes, prevalecendo os valores desta última fonte. Como vazão mínima defluente foi adotado o valor informado no SCBH açudes. Na ausência da informação foi adotada defluência nula devido a estes reservatórios de regularização estarem todos localizados na região do semiárido. Em todo caso, a vazão disponível no lago destes reservatórios foi igualada a vazão regularizada menos a defluente. As garantias de vazão regularizada variaram de 90% a 100% conforme consta em ANA (2013a).



Figura1: Estudos hidrológicos específicos e localização das barragens.

14. Para os reservatórios do Sistema Interligado Nacional-SIN que não operam a fio d'água estabeleceu-se como vazão mínima defluente, o valor informado no manual de restrições operativas do ONS (ONS, 2013). Na ausência deste, adotou-se a vazão natural mínima mensal afluyente ao reservatório entre 1930 e 2011 desde que a série estivesse disponível em ONS (2014).

15. Conforme indicado na regra geral, o valor de disponibilidade hídrica nos trechos alagados de reservatórios do SIN foi definido como a vazão Q95 que chegaria no local do barramento, caso o reservatório não existisse.

16. Com os critérios descritos foram considerados 374 reservatórios, sendo 132 ligados ao SIN, dos quais 67 operam a fio d'água. Dos demais 242 reservatórios, 188 tinha informação de vazão no SCBH açudes, no restante a informação utilizada foi da base do Conjuntura ou de nota técnica específica.

Método

17. As etapas consistiram em criar uma base de vazões Q95, identificar os trechos inseridos nos lagos dos reservatórios, identificar os trechos barrados e calcular a disponibilidade hídrica de acordo com a definição já descrita. Parte da organização e processamento das informações, ocorreu em banco de dados PostgreSQL e outra em ArcGis.

18. Em todos os estudos hidrológicos aqui considerados o método de regionalização utilizado para obtenção da vazão Q95 por trecho de rio foi o que considera uma vazão específica incremental constante entre dois ou mais pontos de referência. A exceção está no estudo da Lagoa Mirim, em que o método utilizado foi uma regressão tendo como variáveis explicativas a chuva média e a área de drenagem.

19. Desta forma, a primeira etapa do trabalho consistiu na construção do plano de informação denominado "RegioesVazoesEspecificasQ95" (figura 3), formado por polígonos de mesma vazão específica incremental. Para tal foram processadas em ArcGis as informações dos estudos existentes que estavam armazenados parte na base Hintegrada 2006 (primeira base ottocodificada da ANA) e parte na base BHO2012, precisando ainda ser atribuídos a base multiescala BHO2013. Esse processamento foi necessário e exigiu inúmeros ajustes manuais tendo em vista que, em várias bacias, não há compatibilidade de codificação e nem espacial (traçado dos rios e limites de áreas de contribuição) entre as bases hidrográficas. As etapas desse processamento foram:

- i. Partindo das vazões específicas incrementais por trecho de rio da base Conjuntura (que incluía a atualização da margem direita do Amazonas) associados à base hidrográfica Hintegrada 2006, foram dissolvidas as áreas de contribuição dos trechos de mesma vazão específica;
- ii. Os pontos médios dos trechos da base hidrográfica BHO2012 foram associados por proximidade com os polígonos gerados em i, herdando a vazão específica;
- iii. Substituição da informação de vazão específica herdada em ii, pelos valores provenientes de estudos específicos já atribuídos à base BHO2012;
- iv. Devido às diferenças nas bases, trechos de determinadas bacias na base BHO2012 sobrepõem os limites da região gerada com a Hintegrada2006 (ver figura 2a e 2b), de forma que a vazão herdada em ii precisou ser ajustada;
- v. Para visualizar e ajustar os erros mais grosseiros, a estratégia empregada foi de usar o código nível 3 da área de contribuição como regra adicional para dissolução das áreas com mesma vazão específica, agora utilizando as áreas de contribuição da BHO2012. Como exemplo, observa-se a figura 2c, onde os trechos da região 2 associaram-se indevidamente à vazão da região 3, quando originalmente pertenciam à região 1. Com a nova regra de dissolução foram geradas ilhas entre as regiões, o que facilitou a identificação de grande parte das atribuições indevidas;
- vi. Após ajustes, o processo de cruzamento e dissolução foi executado novamente, agora atingindo a configuração 2d;

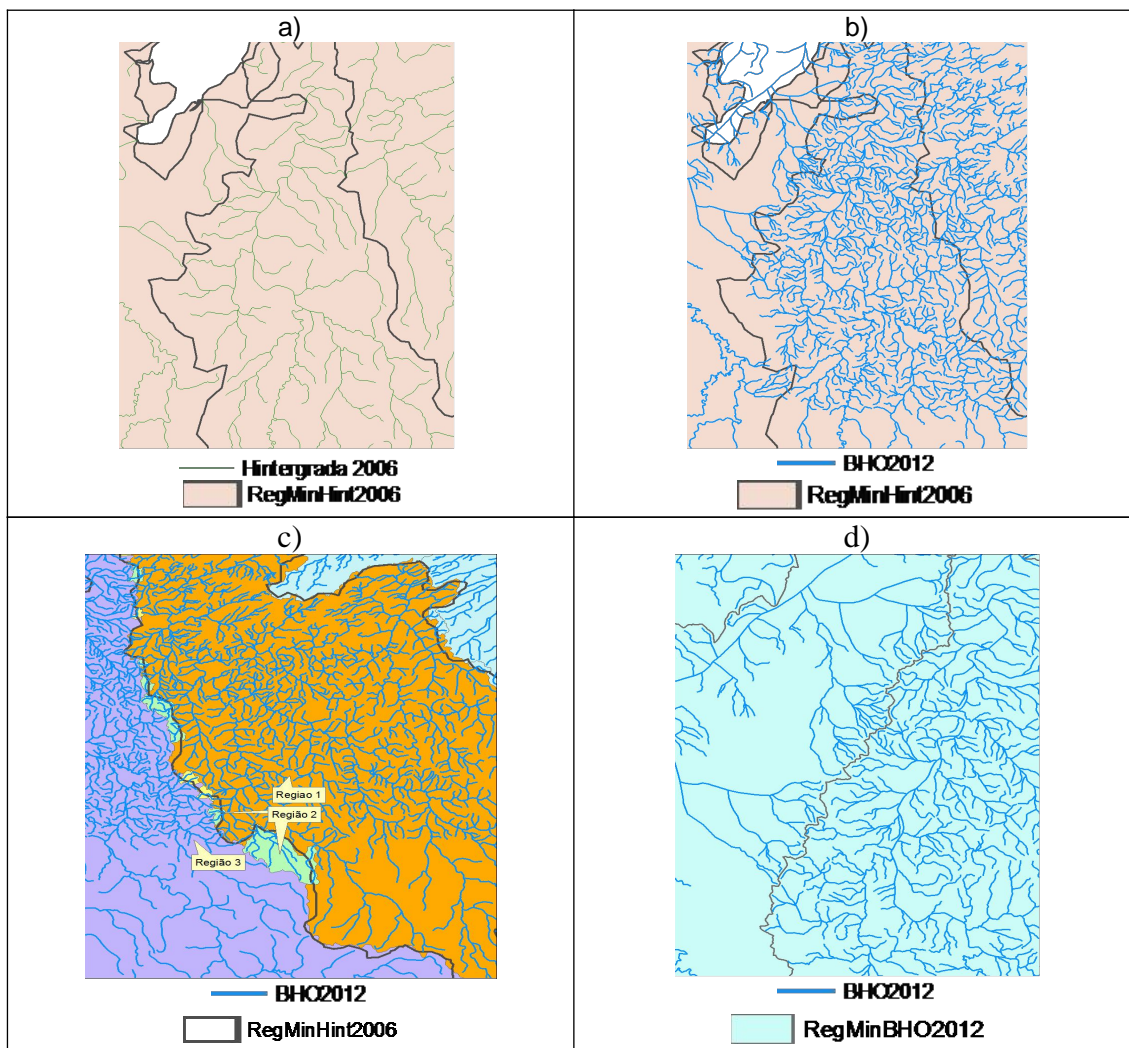


Figura 2: Ilustração do processo de geração das regiões de mesma vazão específica.

20. Os polígonos resultantes do processamento descrito serviram de referência para transferência da informação de vazão específica para a BHO2013, através do cruzamento com os trechos desta base. Devido a maior compatibilidade espacial entre a BHO2013 e a BHO2012, não foram realizados novos ajustes após o cruzamento, considerando-se que os erros eventuais seriam pequenos. Entretanto numa próxima etapa de refinamento estas possíveis distorções possam ser corrigidas.

21. Para conseguir representar perdas de água ao longo de alguns rios, notadamente na região do baixo amazonas e do pantanal, se verificará, neste plano de informações, vazões específicas negativas, conforme estabelecido nos estudos próprios dessas bacias. Em toda linha de costa e nas bacias que não contribuem para os rios do Brasil foi atribuída vazão específica nula. No caso da bacia da Lagoa Mirim/São Gonçalo, foram mantidos os valores de vazão específica do PNRH, apenas para geração dos polígonos.

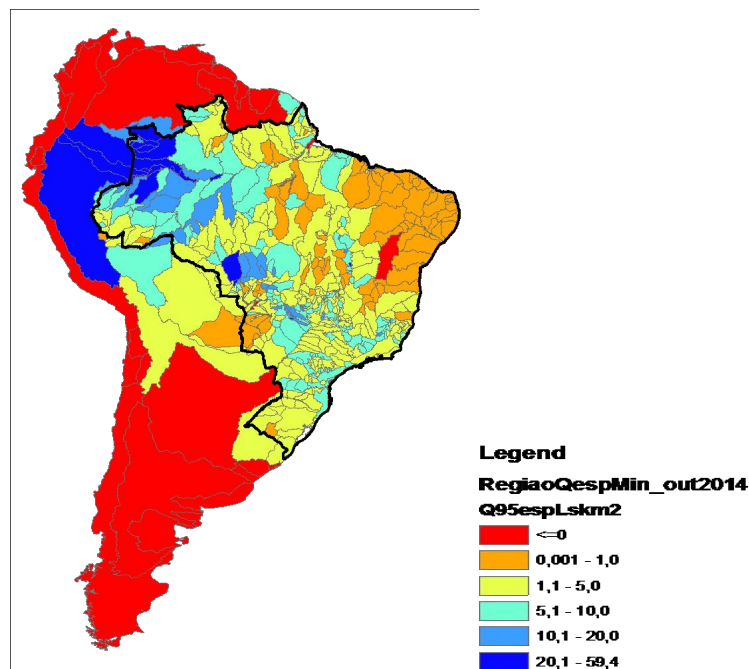


Figura 3: Regiões de mesma Vazão Específica Q95 incremental (L/s/km²).

22. Após a definição dos polígonos de vazão específica, o restante do processamento para cálculo da “Disponibilidade Hídrica Q95” foi modelado em banco de dados pela Coordenação de Conjuntura e Gestão da Informação-CCOGI, que consistiu nos seguintes passos:

- i. associação de uma vazão específica Q95 incremental para cada trecho da BHO2013 através de cruzamento espacial com os polígonos de vazão específica;
- ii. cálculo da vazão incremental por trecho de rio resultante do produto entre a vazão específica e a área de contribuição incremental;
- iii. acumulação da vazão incremental na rede de fluxo, gerando por trecho de rio as vazões Q95 chamadas naturais (ou seja, sem influência dos reservatórios);
- iv. cruzamento da hidrografia com os pontos de barragem e alteração das vazões naturais devido a influência das restrições de operação (quando for o caso), onde, nos trechos de jusante do barramento, a vazão disponível é a vazão defluente mínima do reservatório(ou reservatórios) somada as incrementais naturais a partir do reservatório. A cada novo reservatório existente no mesmo curso d’água se reinicia o processo de cálculo dos respectivos trechos a jusante de forma que os trechos são influenciados apenas pelos reservatórios localizados imediatamente a montante, seja no mesmo curso d’água ou em curso d’água afluente;
- v. cruzamento dos polígonos de massas d’água com um buffer de 500 metros e os trechos de rio da BHO identificando como trechos alagados aqueles com mais de 50% do comprimento inserido na massa d’água. O trecho onde está localizada a barragem foi sempre locado dentro do lago, independente do seu percentual de alagamento;
- vi. substituição do valor da vazão nos trechos alagados de reservatórios ligados ao SIN pelo valor da vazão estimada no trecho da respectiva barragem (resultante do processamento do item iv). Para os demais reservatórios, considerou-se nos trechos alagados o valor da vazão regularizada menos a vazão defluente;
- vii. como caso particular, ao fim do processamento as vazões relativas a bacia da Lagoa Mirim/São Gonçalo foram diretamente substituídas pelo resultado do estudo registrado nos doc. próton nº 007258/2012 e nº 020443/2007, já que havia compatibilidade entre as bases hidrográficas.

Resultados

23. O produto final do estudo é um shapefile de trechos de rio na base multiescala BHO2013, contendo na tabela de atributos as seguintes informações adicionais por trecho de rio: 1) a vazão de

referência em estado “natural”, 2) a Disponibilidade Hídrica, 3) o código da barragem que alaga o trecho (código zero indica trecho não alagado), 4) o código da barragem existente no trecho (código zero indica ausência de barragem), 5) um código lógico(0 ou1) para indicar o tipo de operação, sendo valor 1 para existência de uma barragem com operação do fio d’água no trecho e 6) a fonte da informação de vazão. O shapefile de polígonos de mesma vazão específica Q95 (figura 2), também é apresentada.

24. Complementarmente, acompanham a base de trechos de rio, uma base de pontos de barragem e uma de polígonos de massa d’água que foram considerados no estudo. Essas bases trazem a informação de vazão defluente mínima e de vazão regularizada, do tipo de reservatório e tipo de operação, além de citar a fonte de origem das vazões.

25. Todos esses planos de informação encontram-se no anexo digital a essa nota, em formato “.shp”, além de uma arquivo “.doc” com a descrição dos campos.

Considerações finais

26. Esta nota apresenta a definição e processo de estimativa de disponibilidade hídrica baseada na vazãoQ95, atribuída aos trechos da base hidrográfica multiescala BHO2013, a ser utilizada como referência de oferta de água para fins de Balanço Hídrico.

27. Essa base será utilizada para realização do balanço hídrico quantitativo do Conjuntura, da mesma forma que foi disponibilizada para primeira carga no Sistema de Suporte a Decisão de Outorga – SSDO, com a adição de vazõesQ95 mensais nas bacias do Tocantins e Parnaíba.

28. Informa-se, entretanto, que já estão em andamento nesta COHID trabalhos para incorporação de estudos hidrológicos específicos realizados pela SRE, bem como se prevê outras atualizações à medida em que novos estudos hidrológicos forem sendo desenvolvidos.

29. As alterações nos valores de disponibilidade hídrica de referência deverão ser discutidas e articuladas com a SRE, visando identificar os impactos de novas informações no balanço hídrico e na sistemática de outorgas da ANA.

30. Ainda como continuidade ao estudo, se prevê, em articulação com a CCOGI, a consolidação da base de reservatórios e inserção prioritária dos reservatórios de regularização outorgados pela ANA.

31. Recomenda-se dar conhecimento à Superintendência de Regulação - SRE.

Atenciosamente

(assinado eletronicamente)
TERESA LUISA LIMA DE CARVALHO
Coordenadora de Estudos Hidrológicos

Ciente, à SRE para conhecimento

(assinado eletronicamente)
SÉRGIO RODRIGUES AYRIMORAES SOARES
Superintendente de Planejamento de Recursos Hídricos

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas – ANA. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília: 2013a.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos. Revisão-3/2013.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx , acessado em novembro de 2014.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da bacia do Doce. NT011SPR2012 doc012175/2012.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da bacia do Paraguai. NT026SPR2014 doc033673/2014.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da Margem Esquerda do rio Amazonas. ANA NT025SPR2013 doc032918/2013.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da bacia do Paranapanema. NT028SPR2014 doc032918/2014.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da bacia Paranaíba. NT031SPR2012 doc026951/2012.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da bacia do Tocantins. NT036SPR2013 doc028847/2013.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da bacia Lagoa Mirim. NT008SPR2012 doc007258/2012.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica na Lagoa Mirim. NT 341SOF2007 doc020443/2007.
- Agência Nacional de Águas – ANA. Disponibilidade Hídrica da Margem Direita do rio Amazonas. CI024NHI2009 doc014282/2009. NT11NHI2008 doc023893/2008. NT02NHI2008 doc010652/2008.
- Agência Nacional de Águas – ANA Base de Dados de Reservatórios. NT024SPR2013 doc026832/2013. 2013b