



I-304 - PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO E DA CRITICIDADE DE MANANCIAIS E SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO URBANO

Sérgio R. Ayrimoraes Soares ⁽¹⁾

Engenheiro Civil. Doutorando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília – UnB. Gerente de Estudos e Levantamentos da Agência Nacional de Águas (ANA).

Luis Eduardo Gregolin Grisotto

Ecólogo e Engenheiro Ambiental. Doutorando em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo – USP. Coordenador de Projetos da Cobrape – Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos.

José Manoel de Moraes Junior

Engenheiro Civil. Consultor da Engecorps – Corpo de Engenheiros Consultores Ltda.

Maria Bernardete Sousa Sender

Engenheira Civil. Mestra em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. Coordenadora de Projetos da Engecorps – Corpo de Engenheiros Consultores Ltda.

Endereço ⁽¹⁾: Agência Nacional de Águas, Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L e M, 70.610-200. Telefone: (61) 2109-5208 - e-mail: ssoares@ana.gov.br

RESUMO

O objetivo principal do Atlas Regiões Metropolitanas, do Atlas Sul e da atualização e aperfeiçoamento do Atlas Nordeste, estudos coordenados pela Agência Nacional de Águas – ANA, é o de efetuar um diagnóstico detalhado das condições de oferta de água de sedes municipais localizadas nessas regiões, identificando as situações críticas e propondo alternativas técnicas para a melhoria da produção de água e tratamento de esgotos, por meio de ações estruturais ou de gestão que garantam o atendimento das demandas para abastecimento humano até 2025.

Para o diagnóstico das demandas e da oferta de água e a identificação das situações de vulnerabilidade de mananciais e sistemas produtores das 2.964 sedes municipais dos estudos (77% da população urbana do país), foram definidos critérios e estratégias metodológicas específicas que permitiram efetuar cruzamentos e análises sistêmicas, possibilitando a realização do balanço hídrico em cada manancial e a avaliação técnica das unidades componentes dos sistemas de produção de água.

A incorporação de métodos espaciais e integrados de avaliação – tanto dos mananciais como dos sistemas de produção de água – revelou-se fundamental para que se pudesse realizar o diagnóstico no amplo universo de análise e fornecer subsídios para a proposição e o detalhamento das alternativas técnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Diagnóstico, metodologia, abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

A partir da primeira experiência de elaboração do Atlas Nordeste – Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2006; Soares *et al.*, 2006; Conejo *et al.*, 2007), a Agência Nacional de Águas – ANA iniciou em dezembro de 2007 um novo processo de planejamento dos recursos hídricos, com foco no abastecimento de água das cidades, a partir da elaboração do **Atlas Regiões Metropolitanas**, do **Atlas Sul** e da atualização e aperfeiçoamento do **Atlas Nordeste**.

O objetivo principal desses estudos é o de efetuar um diagnóstico detalhado das condições de oferta de água de sedes municipais localizadas nessas regiões, identificando as situações críticas e propondo alternativas técnicas para a melhoria da produção de água e tratamento de esgotos, por meio de ações estruturais ou de gestão que garantam o atendimento das demandas para abastecimento humano até 2025.

A revisão e atualização do Atlas Nordeste ampliou o universo de sedes municipais estudadas, passando de 1.256 para 1.892 cidades atendidas. No Atlas Regiões Metropolitanas, são abrangidas 24 regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal, 7 capitais brasileiras (concentradas, em sua maioria, na região norte) e 31 cidades com mais de 250 mil habitantes, totalizando 415 cidades. O Atlas Sul abrange, nessa etapa, os Estados do Rio Grande do Sul e



Santa Catarina, envolvendo, ao todo, 789 municípios. Juntos, os três Atlas reúnem 2.964 sedes municipais em estudo (77% da população urbana do país).

Para o diagnóstico das demandas e da oferta de água e a identificação das situações de vulnerabilidade de mananciais e sistemas produtores, foram definidos critérios e estratégias metodológicas específicas que permitiram efetuar cruzamentos e análises sistêmicas, possibilitando a realização do balanço hídrico em cada manancial e a avaliação técnica e espacial das unidades componentes dos sistemas de produção de água. Tal conjunto de recursos e procedimentos revelou-se uma importante ferramenta de planejamento e gestão dos recursos hídricos, justificando a sua apresentação na forma do presente trabalho.

A elaboração de cada ATLAS possui a seguinte estrutura geral de atividades:

- Bloco I – Diagnóstico da Situação Existente: compreendendo projeções populacionais e de demandas de água para a situação atual, 2015 e 2025; levantamento e análise dos dados (mananciais, captações, sistemas adutores de água bruta e tratada, estações elevatórias de água bruta e tratada, estações de tratamento de água e de esgotos, aspectos físico-territoriais, ambientais, conflitos de uso, outorgas, dados de monitoramento de qualidade das águas, etc.). Os dados foram cadastrados em bancos de dados e traduzidos na forma de croquis esquemáticos;
- Bloco II – Avaliação e Planejamento: abrange as análises do balanço hídrico (oferta-demanda) e a avaliação dos aspectos relacionados à qualidade dos mananciais e à operação dos sistemas produtores, identificando os sistemas críticos e as demandas por alternativas de soluções e por ações de gestão;
- Bloco III – Consolidação dos Resultados: abrangendo a seleção e o detalhamento técnico e orçamentário das alternativas eleitas, compondo Relatórios de Identificação das Obras recomendadas para o atendimento das demandas nos horizontes considerados (2015 e 2025).

A proposta metodológica para a análise de criticidade (vulnerabilidade dos mananciais e sistemas de produção de água), objeto focal do presente trabalho, é o resultado direto do desenvolvimento dos dois primeiros blocos e constitui-se no principal insumo para a elaboração do terceiro bloco de atividades.

Segue-se portanto, a apresentação da proposta metodológica para análise do balanço hídrico e da vulnerabilidade de mananciais superficiais e sistemas produtores de água, desenvolvida no âmbito dos estudos do **Atlas Nordeste**, **Atlas Sul** e **Atlas Regiões Metropolitanas**.

PROPOSTA METODOLÓGICA

Diretrizes e medidas prévias à construção da metodologia

A concepção da análise de criticidade levou em consideração as seguintes diretrizes gerais e medidas prévias à construção metodológica:

- Consideração do horizonte de planejamento de 20 anos (2005 a 2025);
- Foco no manancial e sistema de produção de água (Figura 1) e possibilidade de identificação das situações críticas por manancial, por sistema produtor e por ambos, simultaneamente, a partir da avaliação da intensidade e magnitude da criticidade;

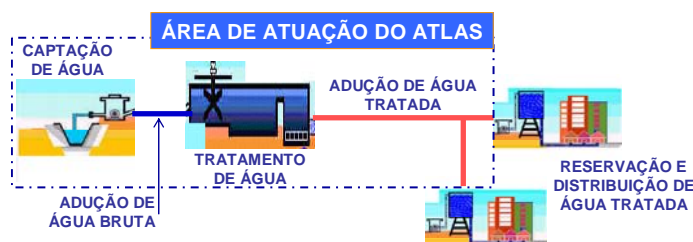


Figura 1: Área de atuação do ATLAS: manancial e sistema de produção de água.



- Estabelecimento das demandas máximas diárias como referencial de comparação no balanço hídrico. As demandas foram calculadas a partir da análise populacional, do consumo *per capita* de cada localidade (variáveis em função da população) e do índice de perdas totais. No caso de sistemas produtores que utilizam água de reservatórios com vazões regularizadas, foram adotadas demandas médias para efeito de análise da disponibilidade hídrica e demandas máximas diárias para análise de capacidade do sistema produtor de água. Onde se dispõem de estudos detalhados de demandas, estes foram adotados após análise de suas características;
- Identificação de todos os componentes críticos do sistema produtor de água e espacialização das informações, em bases georreferenciadas, possibilitando o cruzamento e a análise integrada de dados.

A análise de vulnerabilidade, com isso, foi construída a partir de algoritmos de cálculo, organizados em dois módulos: (a) manancial; e (b) sistema produtor de água, cada qual possuindo uma rotina específica para avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos. Todos os dados e variáveis de entrada foram obtidos por meio dos diagnósticos realizados. As informações foram obtidas por meio de fontes secundárias (planos de bacia hidrográfica, planos setoriais, estudos, documentos técnicos ou gerenciais, etc.) de entidades municipais, estaduais ou de âmbito federal ou por meio de visitas e reuniões técnicas com os prestadores dos serviços de saneamento de cada localidade, organizando-se os dados em formulários eletrônicos e bancos de dados integrados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Avaliação de mananciais superficiais

Em referência aos **aspectos quantitativos**, procurou-se avaliar a disponibilidade hídrica superficial efetiva (DHSE) na seção de retirada de água para abastecimento urbano, comparando-a com a demanda da sede municipal atendida (DD). A análise de criticidade do manancial quanto à quantidade foi efetuada através do cálculo do indicador GAD – Grau de Atendimento da Demanda, de acordo com a equação (1) a seguir.

$$\text{GAD} = [1 - (\text{DD}/\text{DHSE})] \times 100 \quad (1)$$

Em que:

- $\text{DHSE} = \text{Disponibilidade hídrica superficial efetiva} = \text{DHS} - \text{QDU} - \text{Qexport} + \text{Qimport} + \text{QRET} - \text{Usos Outorgados} - \text{Usos não Outorgados};$
- $\text{DHS} = \text{Disponibilidade hídrica superficial} = K * \text{Qreferência};$
- $K = \text{função do tipo de captação e da necessidade de se ter à jusante da seção de retirada uma vazão ecológica ou de restituição ou de saneamento};$
- $\text{Qreferência} = \text{Vazões naturais de referência em cada seção de captação};$
- $\text{QDU}: \text{Vazões correspondentes às demandas urbanas de água relativas as captações para abastecimento público de água situadas na bacia de drenagem à montante da captação};$
- $\text{Qexport}: \text{Retirada de vazão para atendimento de outra bacia};$
- $\text{Qimport}: \text{Aporte de vazão de outra bacia};$
- $\text{QRET} = \text{Vazões correspondentes à 80 \% das demandas urbanas de água relativas as sedes municipais situadas na bacia de drenagem à montante da captação};$
- $\text{Usos Outorgados} = \sum \text{das retiradas de água outorgadas situadas na bacia de drenagem à montante da captação, excluindo os usos para abastecimento público de água.}$
- $\text{Usos não Outorgados} = \sum \text{das retiradas significativas não outorgadas situadas na bacia de drenagem à montante da captação, excluindo os usos para abastecimento público de água.}$

Se $\text{GAD} > 20\%$ então o manancial é considerado Satisfatório, existindo folga quanto à quantidade. Se o GAD está entre 0% e 20%, então se considera que o manancial está em estado de Alerta, ou seja, encontra-se como Satisfatório mas tende à condição de vulnerabilidade, caso inexistam ações de gestão, melhorias ou busca de novos mananciais de abastecimento. Se o $\text{GAD} < 0\%$ então o manancial é considerado Vulnerável, existindo a possibilidade de déficit de atendimento, devendo ser verificada a implementação de ações de gestão, controle de usos ou proposição de novos mananciais.

Para o cálculo da DHSE, primeiramente foram verificadas as vazões naturais de referência de cada localidade (DHS). Na avaliação da DHS, foram traçadas as áreas de drenagem correspondentes a cada seção de



captação previamente identificada por coordenadas geográficas. Esse traçado foi realizado em plataforma ArcGis, cruzando-se as cartas topográficas disponíveis, em escalas compatíveis (usualmente 1:250.000, 1:100.000 ou 1:50.000).

As áreas de drenagem, na sequência, subsidiaram os cálculos por meio de vários métodos: (a) aplicativos de regionalização de vazões existentes, como no caso dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina; (b) estudos hidrológicos já concluídos, utilizando-se vazões específicas (em l/s/km²); ou (c) mapas de potencialidades hídricas da ANA. De forma geral, foram utilizadas como referência as vazões $Q_{95\%}$.

Os valores de DHS (disponibilidade hídrica superficial) foram consolidados com base nos dados obtidos a partir de planos estaduais de recursos hídricos, planos de bacia e estudos específicos sobre a hidrografia e hidrologia da região. Utilizou-se de recursos estatísticos para se obter correlações entre valores da vazão de referência para o preenchimento de falhas e análise de consistência das vazões de permanência, com o objetivo de estimar valores que se aproximem ao máximo dos valores reais de vazão, minimizando o erro das estimativas para um macro planejamento.

Os valores de demanda humana urbana de água (DD) atual, em 2015 e 2025 associados a cada manancial em análise foram obtidos a partir da soma das demandas urbanas de água associadas ao sistema produtor atendido pelo manancial.

O percentual da demanda de cada sede municipal atendida pelo sistema produtor foi calculado, preferencialmente, de forma proporcional à vazão atual explorada pelos sistemas produtores que atendem à sede como um todo. Existindo mais de um manancial associado ao mesmo sistema produtor, a demanda do sistema produtor foi repartida proporcionalmente ao valor captado em cada manancial.

As vazões dos usos outorgados (Σ usos outorgados) foram obtidas a partir da relação de outorgas disponibilizadas pelos poderes outorgantes dos Estados e pela ANA, as quais foram espacializadas e cruzadas com cada área de drenagem, possibilitando o cômputo das vazões outorgadas associadas a cada seção de captação. Os usos significativos identificados que não possuem outorga também foram ponderados (Σ usos não outorgados), mediante informação direta das vazões. Por fim, o cálculo da DHSE também incorporou a somatória das vazões exportadas e importadas, devidamente reconhecidas e mapeadas.

Por sua vez, a análise de criticidade de abastecimento urbano por **qualidade** considerando o manancial teve os seguintes objetivos principais:

- Identificar parâmetros de qualidade da água bruta na seção de retirada de água para abastecimento urbano;
- Verificar se o manancial é Satisfatório ou Vulnerável, quanto à qualidade, em função de limites pré-estabelecidos;
- Identificar e avaliar a efetividade de ações de gestão e de controle de poluição.

A análise de criticidade do manancial superficial foi sempre referida à seção de captação da água para o sistema produtor de água a ela associada, sendo resultante das cargas poluentes lançadas no trecho a montante do ponto, e dos processos de autodepuração que ocorrem nesse trecho.

Na impossibilidade de se quantificar os processos de autodepuração, foram estimadas as cargas poluentes lançadas à montante, com base nos dados disponíveis sobre a ocupação na bacia, ou utilizados indicadores diretos de qualidade da água fornecidos pelos prestadores de serviços de saneamento ou obtidos a partir de monitoramento efetuado por órgãos gestores de recursos hídricos e meio ambiente junto à captação ou em outro ponto da bacia.

Essas cargas ou indicadores serviram para avaliar o grau de vulnerabilidade do manancial, adotando-se o conceito de vulnerabilidade empregado pela EPA (IWI – Index of Watershed Indicators), e critérios próprios adotados em função da disponibilidade de dados sobre as fontes potenciais de poluição na bacia ou de monitoramento da qualidade da água.

Foram selecionados quatro parâmetros para a análise: DBO₅, Fósforo total (P), Nitrogênio amoniacal (NH₄) e Sólidos dissolvidos totais (SDT). Os dados utilizados para a análise de criticidade foram validados a partir dos



seguintes critérios, sucessivos e excludentes: (a) mínimo de 4 dados monitorados no ano (1 por trimestre), relativos à qualidade da água bruta em um ponto representativo (no ponto de captação); ou (b) estimativas das concentrações considerando a ocupação urbana da bacia de drenagem à montante da captação e a existência ou não de estações de tratamento de esgotos; ou (c) mediante amostras não representativas (distância de até 500 m do ponto de captação; menos que 4 amostras; ou quando a quantidade de parâmetros é insuficiente, isto é, menor que 4 parâmetros). Os limites de referência adotados foram, respectivamente, DBO5: 10 mg/L; Ptotal: 0,1 mg/L; NH4: 1,0 mg/L; e SDT: 500 mg/L.

Quando a amostragem da qualidade da água foi considerada representativa, foi calculado o Grau de Atendimento aos Padrões – GAP. Caso $GAP \leq 1$, então a qualidade atende ao padrão, para o parâmetro p. Sendo o $GAP > 1$ então a qualidade não atende ao padrão, para o parâmetro p. Quando a amostragem não foi considerada representativa os dados coletados foram utilizados para a determinação do Grau de Vulnerabilidade – GV, correspondente à medida do afastamento da qualidade da água em relação aos padrões, para os parâmetros escolhidos. Os indicadores (GAP e GV) foram calculados por parâmetro e a avaliação da qualidade da água foi efetuada com base no parâmetro que apresentou a pior condição.

Quando o indicador (GAP ou GV) resultou menor ou igual a 1 então o manancial foi considerado Satisfatório. Caso contrário o manancial foi considerado Vulnerável.

Avaliação dos sistemas de produção de água

A **análise quantitativa** dos sistemas produtores de água buscou identificar a capacidade atual das unidades que constituem cada sistema produtor de água, verificando a criticidade face à projeção de demandas das sedes municipais atendidas. Como regra geral o sistema produtor foi considerado Vulnerável quando não atendeu as demandas: atual e de 2015.

Foi calculada a capacidade atual do sistema produtor de água (CA) correspondente ao menor valor das capacidades das unidades componentes (captação, elevatória, adução de água bruta e tratamento de água. A capacidade atual (CA) foi comparada com os valores da demanda humana urbana de água (DD) atual, em 2015 e 2025 associadas ao sistema produtor em análise. A criticidade foi verificada através do indicador GAD – Grau de Atendimento da Demanda, segundo a equação (2) a seguir.

$$GAD = [1 - (DD/CA)] \times 100 \quad (2)$$

Em que:

- $DD = \sum$ das demandas urbanas de água associadas ao sistema produtor;
- $CA =$ Menor valor (C_{cap} ; C_{leb} ; C_{adub} ; C_{tra} ; C_{elet} ; C_{adut}).
- $C_{cap} =$ capacidade atual da captação (L/s);
- $C_{leb} =$ capacidade atual da estação elevatória de água bruta (L/s);
- $C_{adub} =$ capacidade atual de adução de água bruta (L/s);
- $C_{tra} =$ capacidade atual da estação de tratamento de água (L/s);
- $C_{elet} =$ capacidade atual da estação elevatória de água tratada (L/s);
- $C_{adut} =$ capacidade atual de adução de água tratada (L/s).

As capacidades efetivas de cada unidade constituinte do sistema produtor de água foram calculadas conforme critérios de engenharia usualmente empregados (ANA, 2008b), definidos com base na Norma ABNT – NBR – 12.211 (Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água).

Quando foi obtido $GAD > 0\%$, o sistema produtor de água foi considerado Satisfatório. Quando foi identificado déficit ($GAD < 0\%$) então o sistema produtor de água foi considerado Vulnerável, requerendo estudo de alternativas técnicas.

A **análise qualitativa** do sistema produtor compreendeu a verificação da adequação da modalidade do processo de tratamento de água existente face à qualidade da água bruta utilizada tendo sido consideradas as seguintes modalidades: (a) Simples Desinfecção; (b) Tratamento Simplificado – quando não são considerados todos os

processos de um tratamento completo convencional; e (c) Tratamento Convencional – quando são considerados os processos de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

A adequação da modalidade do processo de tratamento foi avaliada através de dois parâmetros físicos (Cor e Turbidez), obtidos com base em dados de monitoramento da qualidade da água bruta de amostras coletadas junto ao local da captação, ou na entrada da estação de tratamento de água. Foi dada prioridade aos indicadores diretos de qualidade da água fornecidos pelos prestadores de serviços de saneamento complementados por parâmetros obtidos a partir do monitoramento de redes estaduais, quando da ocorrência de posto de monitoramento próximo ao local da captação (< 500 m).

Para cada parâmetro foi calculado o GAPp – Grau de Atendimento aos Padrões, onde $GAPp = X / L$, sendo X o valor do parâmetro e L o limite de referência. Quando todos os valores de GAPp resultaram inferiores ou igual a 1 o processo foi inicialmente considerado Satisfatório. Nesse caso, foi verificada a existência de informação da operadora sobre problemas de tratabilidade da água bruta. Caso afirmativo o sistema produtor (ETA) foi considerado como “Vulnerável”. Se negativo o processo de tratamento permaneceu Satisfatório.

Quando pelo menos 1 dos valores de GAPp resultou superior a 1, o sistema produtor foi considerado como “Vulnerável”. Ressalta-se, entretanto, que a ênfase dessa avaliação recaiu sobre os processos de tratamento de água mais simplificados (pequenos municípios) e que quando não existiam informações relativas aos parâmetros selecionados a análise da adequação do processo de tratamento da água não foi efetuada.

RESULTADOS: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

O passo a passo da avaliação de vulnerabilidade, no que se refere aos aspectos quantitativos, é ilustrado na sequência, adotando-se como exemplo a cidade de Nazaré da Mata-PE (ANA, 2008a). O abastecimento da sede municipal é realizado a partir de três mananciais, conforme ilustrado na **Figura 2**.

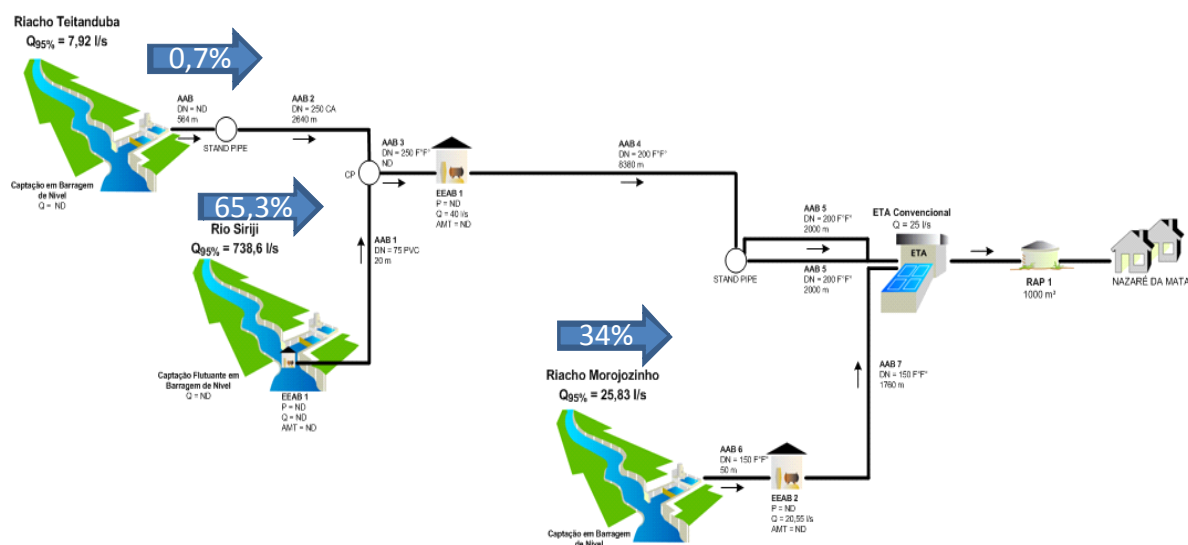


Figura 2: Desenho esquemático sobre a oferta de água para a sede municipal de Nazaré da Mata-PE.

A distribuição de vazões indicada na **Figura 2** foi adotada segundo os seguintes critérios: (a) atualmente, as vazões exploradas no Riacho Morojozinho e no conjunto Riacho Teitanduba/Rio Siriji são da ordem de 20,5 L/s e 40 L/s, respectivamente, isto é, 34% da demanda devem ser atendidas pelo Riacho Morojozinho e 66% pelo conjunto Riacho Teitanduba/Rio Siriji; (b) As contribuições do Riacho Teitanduba e Rio Siriji foram adotadas proporcionalmente à magnitude das respectivas vazões de referência ($Q_{95\%}$).

Considerando essa divisão, as demandas são inicialmente distribuídas conforme apresentado no **Quadro 1**:



Quadro 1: Demandas associadas aos mananciais de Nazaré da Mata-PE

Município	Demanda máxima diária 2015 (L/s)	Manancial	Demandas associadas aos mananciais	
			%	(L/s)
Nazaré da Mata-PE	86,8	Riacho Morojozinho	34	29,5
		Rio Siriji	65,3	56,7
		Riacho Teitanduba	0,7	0,6

Com base na metodologia apresentada anteriormente, no balanço hídrico consideram-se além das demandas do município em análise (no caso Nazaré da Mata-PE), as demandas para abastecimento urbano e outros usos situados à montante dos pontos de captação conforme indicado na **Figura 3**.

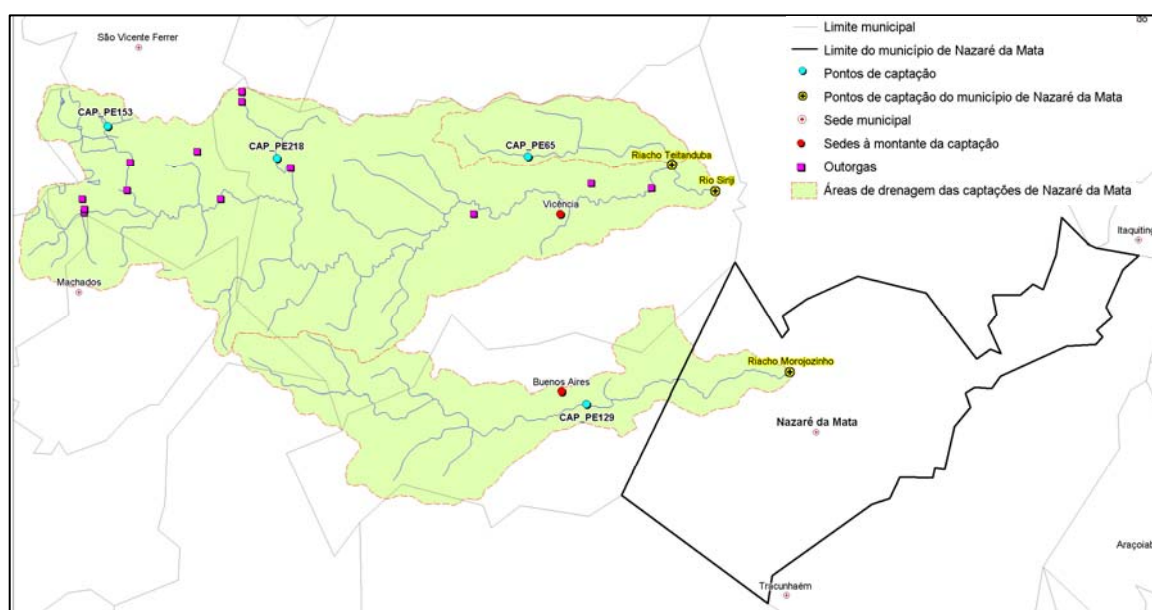


Figura 3: Localização dos pontos de captação para abastecimento urbano e usos outorgados inseridos nas áreas de drenagem das captações de Nazaré da Mata-PE.

Os resultados do balanço hídrico inicial é apresentado no **Quadro 2**, considerando-se a distribuição de vazões do Quadro 1 e as demandas identificadas na Figura 3.

Quadro 2: Balanço hídrico inicial

Município	Manancial	Q _{95%} (L/s)	DHS (L/s)	ΣQD U (L/s)	DHSEP (L/s)	Σ outorgas (L/s)	DHSE (L/s)	DD (L/s)	GAD *
Nazaré da Mata-PE	Riacho Morojozinho	25,8	21,9	3,7	18,2	1,0	17,2	29,5	-72%
	Rio Siriji	738,6	627,8	39,7	588,1	277,0	311,1	56,7	82%
	Riacho Teitanduba	7,9	6,7	42,3	-35,4	0	-35,4	0,6	NA

(*) $GAD = [1 - (DD/DHSE)] \times 100$



A análise do Quadro 2 permite inferir que: (a) o valor de DHSEP negativo para o Riacho Teitanduba indica que o manancial já está comprometido com o abastecimento de outros municípios (CAP_PE65); (b) a demanda associada ao Riacho Morojozinho superou a disponibilidade hídrica adotada como referência, registrando-se déficit de -72%; (c) o Rio Sirigi possui folga significativa (+82%).

Com base nessa análise, pode-se redistribuir as demandas entre os mananciais de maior porte, desconsiderando-se o Riacho Teitanduba, de forma a aproveitar o excedente hídrico no Rio Siriji. Assumindo-se que o Rio Siriji é reponsável pelo atendimento de 80% das demandas do município (69,4 L/s) e que o Riacho Morojozinho é reponsável pelo atendimento de 20% (17,4 L/s), continuaríamos com folga no Rio Sirigi (GAD = 78%) e teríamos folga no Riacho Morojozinho (GAD = 5%). Como conclusão, pode-se afirmar que o conjunto de mananciais atualmente utilizados para o abastecimento de Nazaré da Mata-PE têm disponibilidade hídrica para o atendimento das demandas do município.

No caso do sistema de produção de água, a unidade crítica é a Estação de Tratamento de Água – ETA, com capacidade nominal de 25 L/s para o atendimento de uma demanda total de 86,8 L/s. Mesmo considerado que a capacidade atual da ETA corresponda à uma capacidade máxima correspondente à uma sobrecarga de 10% sobre a capacidade nominal (CA = 27,5 L/s), sem prejuízo da qualidade da água tratada (ANA, 2008b), ainda assim tem-se um valor bem inferior à demanda (DD = 86,8 L/s).

Desse modo, do ponto de vista quantitativo, pode-se concluir que o abastecimento de Nazaré da Mata-PE é vulnerável por sistema e não por manancial, sugerindo-se a necessidade de ampliação do sistema de produção de água para o atendimento pleno das demandas para abastecimento humano do município.

CONCLUSÕES

Dada a abrangência e a complexidade dos estudos em referência, os critérios e estratégias metodológicas concebidas e adotadas para a análise de vulnerabilidade dos mananciais e sistemas produtores dos **Atlas Nordeste**, **Atlas Sul** e **Atlas Regiões Metropolitanas**, mostraram-se bastante adequados.

A incorporação de métodos espaciais e integrados de avaliação – avaliação de disponibilidade hídrica, espacialização de vazões outorgadas e das demandas e cargas urbanas – configurou-se em um ganho importante para a determinação mais acurada da disponibilidade hídrica efetiva e da qualidade das águas, possibilitando uma avaliação mais precisa dos déficits e dos conflitos de uso verificados nas diversas sedes municipais estudadas.

Igualmente, a qualificação da vulnerabilidade mediante o emprego de indicadores como o GAD – Grau de Atendimento da Demanda e GAP – Grau de Atendimento aos Padrões, entre outros, também contribuiu de modo substantivo nesta avaliação, objetivando a identificação das situações mais críticas e o reconhecimento de quadros mais acentuados de riscos de poluição e/ou comprometimento de mananciais e sistemas produtores.

O emprego dessa metodologia, por fim, facilitou a identificação e a avaliação das alternativas para o atendimento das demandas futuras, incluindo desde obras de ampliação dos sistemas produtores até a previsão de novos mananciais e respectivos sistemas. Com efeito, a metodologia proposta foi incorporada à proposição e ao detalhamento das alternativas técnicas, complementando a avaliação e permitindo que sejam simulados cenários de atendimento futuro, traduzindo-se, com isso, num modelo integrado de análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais: resumo executivo. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorps/Projetec/Geoambiente/ Riverside Technology. Brasília: ANA, SPR, 2006. 154p. Disponível em <http://www.ana.gov.br/atlasnordeste>.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atualização e Aperfeiçoamento do Atlas Nordeste – Abastecimento Urbano de Água – “RP02 – Parte I – Avaliação de Mananciais e Sistemas de produção de Água & Avaliação Preliminar de Alternativas no estado de Pernambuco”. Agência Nacional de Águas,



- Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorps/Geoambiente. Brasília: ANA, SPR, 2008a. 252p.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Critérios de Engenharia para Estimativa da Capacidade Atual dos Sistemas Produtores. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Cobrape/Engecorps/Geoambiente. Brasília: ANA, SPR, 2008b. 9p.
 4. CONEJO, J.G.L.; SOARES, S.R.A.; PERSECHINI, M.I.M. “Estratégia para o planejamento integrado da oferta de água para abastecimento urbano: o caso do Atlas Nordeste”. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 2007.
 5. SOARES, S.R.A.; CARVALHO, G.B.B, SILVA, A.C.N.C.; ZOBY, J.L.G.; CONEJO, J.G.L. “Avaliação dos sistemas de oferta de água para o abastecimento urbano na Região Nordeste e no norte do Estado de Minas Gerais”. In: VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravata, 2006.