

## Enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: avaliação conforme Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria MS 2914/2011

### *Classification of water bodies for human consumption in semi-arid regions: evaluation according to CONAMA Resolution 357/2005 and Portaria 2914/11 of the Health Ministry*

Zúri Bao Pessoa<sup>1</sup>; Andrea Sousa Fontes<sup>2</sup> e Yvonilde Dantas Pinto Medeiros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, BA, Brasil  
zuribpessoa@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, BA, Brasil  
andreafontes@ufrb.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia, BA, Brasil  
yvonilde.medeiros@gmail.com

Recebido: 13/06/14 - Revisado: 20/09/14 - Aceito: 10/12/14

## RESUMO

De acordo com a Lei Federal 9.433, de janeiro de 1977, em situações de escassez, o uso prioritário da água é o consumo humano e a dessedentação de animais. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que a qualidade da água destinada a esse uso deve possuir padrões que atendam aos requisitos da classe 03, quando se tratar de águas doces, ou da classe 01, quando se tratar de águas salobras. Observa-se, porém, que com relação a determinados parâmetros, a Resolução CONAMA 357/05 é mais restritiva que a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água. Considerando-se a situação de recorrente escassez hídrica na região semiárida, essa discussão torna-se relevante, sendo necessário reavaliar o critério de enquadramento de corpos hídricos nesta região, com especial atenção ao uso da água para abastecimento humano. Visando contribuir para esta discussão, esse trabalho tem como objetivo avaliar a necessidade de aprimoramento da Resolução CONAMA 357/05 no que se refere à destinação da água para abastecimento humano, utilizando-se como caso de estudo o baixo trecho do rio Salitre, localizada na região semiárida do estado da Bahia. Diferentes ações de saneamento básico foram avaliadas em função da efetividade no alcance da condição de qualidade da água adequada para o consumo humano considerando a Resolução CONAMA 357/05, isoladamente e em conjunto com a Portaria MS 2914/11. Os resultados das avaliações demonstram que a implementação de ações do tipo descentralizada, sem lançamento em corpo hídrico, assim como as ações centralizadas "lagos de estabilização" e "UASB+lagoa de polimento", resultam na redução da carga poluidora afluente a ponto de tornar a água do rio Salitre passível de destinação ao consumo humano, após o devido tratamento, em todo o trecho avaliado, quando considerados os padrões da Resolução CONAMA 357/05 e da Portaria MS 2.914/11, em conjunto.

**Palavras Chave:** Enquadramento de corpos hídricos. Semiárido. Água para consumo humano

## ABSTRACT

According to Brazilian Federal Law 9433/1977, in scarcity situations, priority use of water is for human consumption and watering livestock. CONAMA Resolution 357/05 establishes that the standard of water quality to meet this use must match the requirements of Class 03, if it is fresh water, or class 01, if it is brackish. It is observed however, that with respect to certain parameters, CONAMA Resolution 357/05 is more restrictive than Portaria 2914/11 (Administrative rule) of the Health Ministry, which sets the standard for drinking water. Considering the situation of recurrent water shortages in the semi-arid region, this is a relevant discussion, and it is necessary to reevaluate the criteria for classification of water bodies in this region, with particular attention to water use for human consumption. To subsidize this discussion, this paper aims to assess the need to improve CONAMA Resolution 357/05, with regard to water for human consumption, using as a case study the lower stretch of the Salitre River, located in the semiarid region of Bahia state. Different sanitation actions were evaluated according to the effectiveness in achieving water quality suitable for human consumption, considering CONAMA Resolution 357/05, separately and together with Portaria HM 2914/11. Evaluation results show that the implementation of decentralized actions, without discharging effluents into a water body, as well the centralized actions "stabilization ponds" and "UASB+polishing pond", result in the reduction of inflowing pollutant loads to the point of rendering the Salitre River water appropriate for human consumption after proper treatment, throughout the stretch evaluated, when considering the standard of the CONAMA Resolution 357/05 and Portaria HM 2.914/11, together.

**Keywords:** Classification of water bodies. Semi-arid regions. Human consumption

## INTRODUÇÃO

Em regiões de clima semiárido, a limitação de acesso à água é situação recorrente, podendo ser listados três fatores, naturais e antrópicos, que contribuem fortemente para esse quadro: a predominância de rios intermitentes; a ocorrência de águas salobras devido as características de solo, geologia e ao elevado potencial de evapotranspiração, com consequente tendência de concentração de sais nas águas superficiais; e a deficiência do serviço público de esgotamento sanitário, com lançamento de esgoto bruto direta ou indiretamente na calha dos corpos hídricos.

Brooks et al. (2006) destacam que os parâmetros de qualidade da água físico-químicas (por exemplo, oxigênio dissolvido, condutividade, temperatura) são drasticamente alterados por características de efluentes e de águas pluviais e que as condições de baixo fluxo e de escoamento nulo, muitas vezes impede um biomonitoramento eficaz e interpretação dos parâmetros de qualidade da água. Essas características exigem definição de critérios de controle e proteção consistentes e específicos para as características da região.

No mundo, a maioria das regiões com clima árido/semiárido está localizada na África, Oriente Médio e Austrália. Na África do Sul, a título de exemplo, conforme citado por Seetal e Quibell (2005), além das condições naturais desfavoráveis, o quadro de dificuldade de acesso à água foi agravado por fatores sociais que privilegiavam a minoria branca, detentora de terras, em detrimento da maioria negra. Essa situação, entretanto, foi minimizada após aprovação da Lei Nacional das Águas, documento norteador dos recursos hídricos na África do Sul, o qual estabelece categorias de uso da água, com necessidade de autorizações para usos que demandem quantidades significativas. Nessa legislação os corpos hídricos são classificados, de acordo com o grau de uso e a alteração em relação às condições naturais, em “classe 01”, “classe 02” e “classe 03”, as quais se caracterizam em ordem crescente de utilização e degradação.

Na Europa, o esforço para controlar a qualidade das águas resultou na publicação da Diretiva-Quadro da Água do Parlamento Europeu e do Conselho em 2000, com a apresentação de procedimento para proteção das águas superficiais continentais, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas, visando alcançar um bom estado para os mananciais no prazo de quinze anos, a partir de estabelecimento de metas progressivas (UNIÃO EUROPÉIA, 2000).

Nos Estados Unidos, o Clean Water Act (CWA) protege as águas e os critérios de controle da qualidade da água são disponibilizados pela Environmental Protection Agency (USEPA) fornecendo assistência aos estados na definição de padrões para a proteção da vida aquática e saúde humana, a partir de critérios de concentrações máximas e contínua dos parâmetros de qualidade da água. Essas concentrações são definidas de acordo com vazões mínimas específicas do local (USEPA, 2014). A USEPA apresenta cinco categorias de uso para classificação de todas as águas do Estado, sendo competência deste a definição desses usos. Como exemplo tem-se o Estado de Wyoming que apresenta em seu relatório integrando considerações para classificação de rios intermitentes (WDEQ, 2012), o Idaho (DEQ, 2008) e o

Arizona (ADEQ; 2009) que tratam dos corpos d'água efêmeros e intermitentes.

No Brasil, a Lei Federal Nº 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) apresenta como um de seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e define como um de seus instrumentos o enquadramento de corpos hídricos em classes de acordo com os usos preponderantes da água. O enquadramento em classes visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, levando em consideração as características de salinidade, bem como diminuir os custos de combate à poluição hídrica.

A Resolução CONAMA 357/05, que regulamenta o enquadramento de corpos hídricos, define que para destinação ao consumo humano a água deve apresentar qualidade igual ou superior a classe 03 (águas doces) ou à classe 01 (águas salobras). Entretanto, as classes de qualidade elencadas na Resolução CONAMA 357/05 englobam mais de um uso, sendo os limites dos parâmetros definidos para atendimento a todos eles. Segundo Pizella e Souza (2007) um dos problemas do enquadramento é que não há explicitada a obrigatoriedade de constante melhoria da qualidade hídrica, uma vez que há possibilidade de enquadramento final em classes com determinado grau de degradação.

Christofidis (2001) coloca como problema da PNRH no Brasil a não consideração das especificidades existentes em regiões e ecossistemas de relevante interesse, bem como regiões afetadas pela seca. Souza (2008) analisa o enquadramento em rios intermitentes, afirmando que quando instituídos, os instrumentos de gestão na Lei 9433/97 não foi prevista a aplicabilidade dos mesmos em regiões que enfrentam graves problemas de escassez hídrica. Esta afirmação é reforçada por Fiuza et al (2003) quando aponta que a legislação vigente trata de forma lacônica a questão do enquadramento de corpos hídricos intermitentes.

A Resolução CONAMA 357/05 trata desse tema no seu art. 38, §5º, definindo que metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa. De forma semelhante, a Resolução CNRH 91/08, Art. 2º, § 3º, dispõe acerca da temática apenas estabelecendo que o processo de enquadramento deve “considerar as especificidades dos corpos de água, com destaque para os ambientes lênticos e para os trechos com reservatórios artificiais, sazonalidade de vazão e regime intermitente”. A Resolução CONAMA 430/11, no art. 15, aborda o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, atribuindo a competência de definição de condições especiais ao órgão ambiental competente, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos. Atualmente, existe discussão no âmbito do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (CT de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras – CTPOAR/GT - Rios Intermitentes) a respeito de Resolução para estabelecimento de critérios técnicos para implementação dos instrumentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e de enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes, em rios intermitentes e efêmeros. O texto da referida Resolução, entretanto, ainda não tem sua versão final finalizada, com o

último registro de reunião para tratar desse assunto datado de janeiro de 2012.

A indefinição de parâmetros específicos para a classificação da qualidade da água de rios intermitentes, principalmente nos trechos onde não ocorre escoamento superficial, acarreta prejuízo ambiental do trecho de intermitência e nos trechos à jusante.

A rigor, considerando que a Resolução CONAMA 357/05 afirma que as águas serão classificadas considerando a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, os trechos intermitentes quando da não ocorrência de fluxo hídrico superficial não seriam classificáveis por esse dispositivo legal.

Tem-se na Resolução CONAMA 357/05 que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras, classe 1”. Assim, a indefinição de procedimentos específicos para o enquadramento de rios intermitentes concorre para que não sejam realizados os respectivos enquadramentos e torna passível a classificação única do corpo hídrico em toda sua extensão, sem a consideração dos trechos intermitentes ou a não classificação do rio.

Em se considerando todo o corpo hídrico em uma classe única, tende-se a assumir a capacidade de assimilação de carga poluidora maior que a realmente existente nos trechos intermitentes, acarretando na deterioração da qualidade ambiental do rio. Por outro lado, não se classificando efetivamente dado corpo hídrico, não se controlam os usos da água, sendo possível a ocorrência de problemas de maior significância.

Além da questão da intermitência do fluxo hídrico superficial, a predominância de rios com água salobra enseja discussão relevante a respeito do enquadramento de corpos hídricos em regiões semiáridas. Tratando especificamente do uso da água superficial para consumo humano, águas salobras requerem qualidade superior em relação às águas doces para que seja possível sua destinação ao consumo humano, com o mesmo grau de tratamento (classe 01 salobra e classe 03 doce, as quais requerem tratamento convencional ou avançado).

Tópico que merece discussão é o fato de que a Resolução CONAMA 357/05 não diferencia por uso os limites máximos de cada parâmetro, à exceção de “coliformes termotolerantes”. Ao se falar especificamente de água salobra (predominante em rios de semiárido) e do uso para abastecimento humano, ou seja, classe 01, é possível observar que o padrão estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 é igual ou menos restritivo para todos os parâmetros inorgânicos e, para os parâmetros orgânicos, mais restritivo somente para “benzeno”, “tolueno” e “triclorobenzeno”.

Nota-se, assim, que ao se considerar somente um limite máximo para todos os usos é possível que se inviabilizem outros fins para os quais a água possa ser destinada. Tal fato, em regiões do semiárido, e de água salobra, ganha especial importância, uma vez que somente a classe 01 pode ser destinada ao abastecimento humano e os padrões estabelecidos são mais restritivos do que os definidos na Portaria MS 2914/2011, sendo que esta refere-se a água tratada e a Resolução CONAMA 357/05 de água bruta.

Ao se realizar a mesma comparação para águas doces, considerando uso preponderante o consumo humano (o que requer qualidade equivalente às classes 03, 02, 01 ou especial), percebe-se que para classes especial, 01 e 02 ocorre situação

semelhante ao constatado para águas salobras, com a Portaria MS 2914/2011 sendo para quase a totalidade dos parâmetros menos restritiva em comparação à Resolução CONAMA 357/05, bem como não havendo por parte da Portaria 2914/2011 definição de parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Para classe 03, entretanto, embora persista a exigência pela Resolução CONAMA 357/05 de parâmetros não definidos pela Portaria MS 2914/2011, dentre aqueles definidos, a Resolução CONAMA 357/05 mostra-se menos restritiva para a maioria dos parâmetros.

Assim, especialmente em situações de escassez hídrica, quando a Lei nº 9433/97 estabelece o consumo humano e a dessedentação animal como usos prioritários para a água, é importante realizar avaliação sobre a possibilidade de consideração conjunta de padrões definidos em documentos legais específicos para cada uso, sob pena de determinado trecho de corpo hídrico não poder ser destinado ao abastecimento humano em face do não atendimento aos limites mais restritivos do que aqueles estabelecidos em legislação específica relativa à potabilidade de água.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a necessidade de aprimoramento da Resolução CONAMA 357/05, considerando a Portaria MS 2914/11, no que se refere à destinação da água de corpos hídricos superficiais para abastecimento humano, tendo como estudo de caso o trecho baixo do rio Salitre, cuja bacia hidrográfica está inserida em região semiárida.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi aplicado na bacia hidrográfica do rio Salitre, afluente do rio São Francisco, localizada na região semiárida do Estado da Bahia (Figura 1). Para efeito de análise, foi realizado um recorte espacial na bacia, sendo objeto do estudo o baixo curso do rio Salitre a partir da estação fluviométrica de Abreus (pertencente a rede nacional de monitoramento da Agência nacional de Águas – ANA) até o ponto no qual ocorre influência da água do Rio São Francisco, com extensão do trecho de aproximadamente 38 (trinta e oito) quilômetros.

A escolha do trecho do baixo Salitre para o estudo de caso ocorreu por ser esta região caracterizada pelo intenso conflito relacionado à escassez de água, bem como devido à existência de estudos anteriores sobre o enquadramento de corpos hídricos superficiais (GRH, 2008; MEDEIROS et al., 2009; OLIVEIRA et al. 2010) os quais possibilitam melhor compreensão dos fatores naturais, sociais e econômicos presentes na região e, por consequência, tornam a proposição de ações mais segura.

O trecho em estudo, compreendendo porções dos municípios de Campo Formoso e Juazeiro, possui características essencialmente rurais, e tendo a agricultura irrigada como atividade econômica de maior destaque. A ocupação humana se dá nas proximidades da calha do rio Salitre, com a distribuição das moradias ocorrendo de forma esparsa, em pequenos núcleos populacionais isolados.

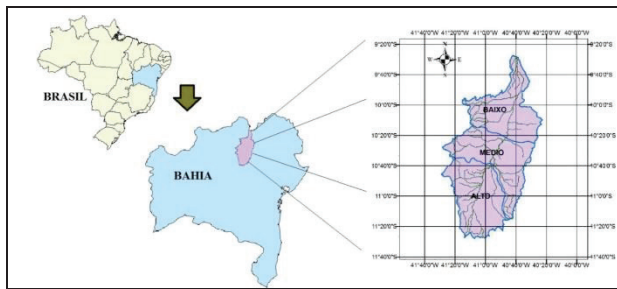


Figura 1 – Localização da Bacia do rio Salitre

Os dados físicos do rio no trecho em estudo estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Dados físicos do rio no trecho em estudo

|                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Comprimento                         | 38km                                  |
| Altitude em relação ao nível do mar | 509m                                  |
| Seção                               | Perfil trapezoidal, b=1,0 m e Z = 1,0 |
| Coeficiente de Manning (n)          | 0,019                                 |
| Declividade                         | 0,035 m.m <sup>-1</sup>               |

## Modelagem matemática

O estudo foi realizado a partir da identificação das fontes de poluição predominantes no trecho; seleção de ações de saneamento básico para abatimento da carga poluidora afluente, com foco no serviço de esgotamento sanitário, abrangendo soluções centralizadas como descentralizadas, também denominadas como coletivas e individuais, respectivamente; e avaliação da eficiência dessas ações no abatimento da carga poluidora afluente ao rio, considerando os parâmetros OD, DBO, Nitrogênio total, Fósforo total e Coliformes termotolerantes e com os respectivos padrões estabelecidos na legislação vigente, conforme detalhado a seguir.

## Identificação e quantificação das fontes de poluição

A identificação das fontes de poluição afluente ao rio, pontuais e difusas, ocorreu por meio do diagnóstico da área de estudo realizado a partir de visitas de campo e do levantamento de dados secundários da região. Após o diagnóstico da área, definiram-se três trechos (1, 2 e 3), todos no baixo curso do rio Salitre, cujos limites estão listados no Quadro 2 e ilustrados na

Quadro 2 - Pontos de coleta de amostras de água

| Ponto | Local        | Latitude (datum WGS84) | Longitude (datum WGS84) | Distância (Km) |
|-------|--------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| A     | Abreus       | -09°59'49"             | -40°41'34"              | -              |
| B     | Curral Velho | -09°55'37"             | -40°39'25"              | 10,5           |
| C     | Sal-Sal      | -09°50'39"             | -40°36'48"              | 12,7           |
| D     | Alegre       | -09°44'52"             | -40°35'24"              | 14,7           |

Figura 2, com características homogêneas quanto ao adensamento populacional e atividades econômicas predominantes.

Para a quantificação das fontes de poluição difusa utilizaram-se resultados das análises laboratoriais realizadas com as amostras de água coletadas nos limites de cada um dos trechos, no mês de fevereiro de 2012.

Foram analisados os parâmetros turbidez, cor, sólidos totais, Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, cloreto, cobre dissolvido, fósforo total, nitrato, nitrito, N total, N-Amônia, sulfato e coliformes termotolerantes.

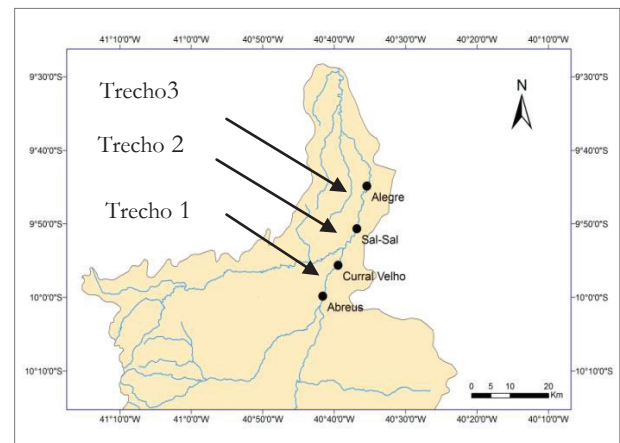


Figura 2 – Localização dos trechos 1, 2 e 3

As cargas difusas distribuídas foram quantificadas considerando a concentração de cada um dos parâmetros nos limites dos trechos (dado obtido em análise laboratorial) e utilizando-se o balanço de massa, com aplicação da equação da mistura (Equação 01).

$$C_o = (Q_1 \cdot C_1 + Q_2 \cdot C_2) / (Q_1 + Q_2) \quad (1)$$

Sendo:

$C_o$  = concentração do constituinte na mistura

$C_1$  = concentração do constituinte no componente 1

$C_2$  = concentração do constituinte no componente 2

$Q_1$  = vazão do componente 1

$Q_2$  = vazão do componente 2

## Seleção de ações adequadas para redução da carga poluidora

Para identificação de ações que resultem na redução do aporte de carga poluente aos corpos hídricos, com especial atenção a regiões semiáridas, foram consideradas possibilidades de ações estruturais e não-estruturais. Entretanto, nesse levantamento maior ênfase foi dada às ações estruturais relacionadas aos serviços públicos de saneamento básico.

A seleção das ações de saneamento básico para abatimento da carga poluidora baseou-se nas fontes de poluição com maior potencial de impacto sobre a qualidade da água do rio Salitre. Assim, a ausência de soluções adequadas de esgotamento sanitário mostrou-se a mais representativa fonte de poluição.



Foram selecionadas as tecnologias mais largamente utilizadas para tratamento de esgoto, de acordo com Von Sperling (2005). Além das soluções centralizadas (coletivas), considerou-se como alternativa as soluções descentralizadas (individuais), implicando na inexistência de lançamento de efluente, ainda que tratado, na calha do rio.

### Construção e avaliação de cenários de abatimento da carga poluidora

Os cenários alternativos foram construídos considerando a implantação gradual das ações previamente selecionadas. As tecnologias para tratamento de esgoto foram agrupadas em aeróbias/aeradas, anaeróbias e lagoas de estabilização, sendo a alternativa “UASB seguido de lagoa de polimento” destacada, por ser opção amplamente utilizada no Estado da Bahia.

Visto que o enquadramento refere-se à meta final a ser atingida, a ser alcançada progressivamente por meio de metas intermediárias, cenários referentes à cobertura de 50%, 75% da população foram simulados para o grupo de tratamento centralizado. Nessa análise, foi assumido o prazo de 15 (quinze) anos como tempo necessário para alcance da meta final, de cobertura de 100% da população. Também, foram elaborados cenários de abatimento da carga poluidora considerando a adoção de soluções descentralizadas (sem pós lançamento em corpos d’água), para o qual se adotou 100% de implementação no prazo de 5 (cinco) anos.

Desse modo, foram construídos 14 (quatorze) cenários alternativos de abatimento da carga poluidora, englobando a condição inicial, ausência de ação de tratamento de esgotos, 12 (doze) alternativas de tratamento descentralizado de esgoto com diferentes percentuais de cobertura e 1 (um) cenário com a adoção de soluções descentralizadas, conforme apresentado no Quadro 3.

**Quadro 3 - Descrição dos cenários de simulação avaliados**

| Cenários | Descrição  | Cobertura |
|----------|--|-----------|
| 1        | Condição inicial, ausência de tratamento de esgotos. | -         |
| 2        | Tratamento aeróbio/aerado                            | 50%       |
| 3        | Tratamento aeróbio/aerado                            | 75%       |
| 4        | Tratamento aeróbio/aerado                            | 100%      |
| 5        | Tratamento anaeróbio                                 | 50%       |
| 6        | Tratamento anaeróbio                                 | 75%       |
| 7        | Tratamento anaeróbio                                 | 100%      |
| 8        | Lagoas de estabilização                              | 50%       |
| 9        | Lagoas de estabilização                              | 75%       |
| 10       | Lagoas de estabilização                              | 100%      |
| 11       | UASB+lagoa de polimento                              | 50%       |
| 12       | UASB+lagoa de polimento                              | 75%       |
| 13       | UASB+lagoa de polimento                              | 100%      |
| 14       | Soluções descentralizadas                            | 100%      |

Na simulação de redução da carga afluente poluída, foi utilizado o modelo matemático de qualidade da água QUAL-UFGM (VON SPERLING, 2007) para análise do

comportamento dos parâmetros DBO, OD, nitrogênio total e frações, fósforo total e frações, coliformes termotolerantes. Esses parâmetros representam satisfatoriamente as principais fontes de poluição diagnosticadas na região (atividades agrícolas com fertilizantes/defensivos e esgoto doméstico).

O Quadro 4 apresenta a eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade da água analisados, para cada cenário avaliado.

**Quadro 4 - Eficiência de remoção (%) para os cenários de simulação avaliados**

| Cenário | DBO | Ntotal | Ptotal | Coliforme |
|---------|-----|--------|--------|-----------|
| 1       | -   | -      | -      | -         |
| 2       | 49% | 30%    | 18%    | 2,0E+00   |
| 3       | 73% | 45%    | 26%    | 3,9 E+00  |
| 4       | 97% | 60%    | 35%    | 1,0 E+02  |
| 5       | 43% | 30%    | 18%    | 2,0 E+00  |
| 6       | 64% | 45%    | 26%    | 3,9 E+00  |
| 7       | 85% | 60%    | 35%    | 1,0 E+02  |
| 8       | 43% | 33%    | 25%    | 2,0 E+00  |
| 9       | 64% | 45%    | 38%    | 3,9 E+00  |
| 10      | 85% | 60%    | 50%    | 1,0 E+05  |
| 11      | 44% | 33%    | 25%    | 2,0 E+00  |
| 12      | 65% | 49%    | 38%    | 3,9 E+00  |
| 13      | 87% | 65%    | 50%    | 1,0 E+05  |
| 14      | 98% | 75%    | 85%    | 1,0 E+05  |

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005)

Como vazão de simulação utilizou-se a vazão com 90% de garantia de ocorrência ( $Q_{90}$ ), adotada como vazão de referência no Estado da Bahia, conforme definido na Instrução Normativa no 01/2007 do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia – INEMA (SRH, 2007). Na área de estudo a estação fluviométrica de Abreus conta com série histórica de vazão, a partir de agosto de 1984, sem apresentar falhas de medição.

Os cenários formulados foram simulados para as condições de água doce e salobra, uma vez que a região semiárida é caracterizada pela existência de rios de águas salobras. De acordo com o Art.8º, §6º da Resolução CONAMA 357/05, os valores de referência dos parâmetros nitrogênio e fósforo para a situação de água salobra foram os mesmos estabelecidos para as classes equivalentes na condição de água doce.

Os resultados das simulações, para cada cenário, foram apresentados em termos de extensão do trecho que apresenta o parâmetro analisado em atendimento ao definido na legislação em cada classe de qualidade. Vale ressaltar que na classificação de cada trecho considerou-se a classe de qualidade mais restritiva para os parâmetros analisados (OD, DBO, Ntotal, Ptotal, Coliformes termotolerantes).

Com os resultados da simulação, foi então avaliado o alcance da condição de qualidade compatível com o consumo humano, com base na adoção de um dos dois critérios de análise: 1 – consideração estritamente dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05; 2 – consideração conjunta da Resolução CONAMA 357/05 e Portaria MS 2.914/11.

Ao incluir a Portaria MS 2914/11 na análise, fizeram-se as seguintes considerações:

- a Portaria MS 2914/11 não define limites para DBO e OD. Entretanto, sendo foco desse trabalho avaliar a contribuição de ações de saneamento para enquadramento de corpos hídricos e considerando que OD e DBO são importantes indicadores da contribuição de esgoto sanitário a corpos hídricos, serão mantidos os padrões da Resolução CONAMA 357/05.

- quanto ao parâmetro “coliformes termotolerantes”, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece como limite superior a concentração de  $1 \times 10^3$  NMP.100mL<sup>-1</sup> para a classe 01 (água salobra) e  $4 \times 10^3$  NMP.100mL<sup>-1</sup> para classe 03 (água doce), enquanto que a Portaria MS 2914/2011 coloca como padrão a ausência de “coliformes totais” (o qual inclui coliformes termotolerantes). Tal fato se justifica devido à referência na Portaria MS 2914/11 ser a água após o devido tratamento, enquanto que a Resolução CONAMA 357/05 dispõe sobre água bruta. Desse modo, para a avaliação do parâmetro coliforme termotolerante mostra-se mais coerente utilizar o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

- quanto ao parâmetro fósforo, o mesmo não é utilizado pela Portaria MS nº. 2.914/2011 para definição de potabilidade. Assim, não será considerada a limitação devida à concentração de fósforo para verificação da possibilidade de destinação da água do rio Salitre para abastecimento humano.

- ao se compararem os limites para nitrogênio estabelecidos na Portaria MS nº. 2.914/2011 e Resolução CONAMA 357/05 para a condição de água doce, observa-se que para nitrato e nitrito os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 e Portaria MS 2914/2011 são iguais. Já para amônia, a Resolução CONAMA 357/05 é mais restritiva em pH acima de 8,0 (água salobra e água doce classe 01 e 02) ou 8,5 (água doce classe 03), enquanto a Portaria MS 2914/11 é mais restritiva para as demais faixas de pH. Assim, é conveniente utilizar o limite da Portaria MS 2914/11 quando esta for menos restritiva que a Resolução CONAMA 357/05.

Para a condição de água salobra, a análise é a mesma, visto que se trata de corpo d'água salobra continental e, seguindo o disposto na Resolução CONAMA 357/05, art. 8º, §6º, os limites de nitrogênio são os mesmos da classe correspondente em água doce. Os Quadros 5, 6 e 7 apresentam os limites estabelecidos

**Quadro 5 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classes 01 e 02 e na Portaria 2914/2011 para água potável**

| Parâmetro         | Unidade            | CONAMA 357/05 | Portaria MS 2914/11 | Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05 |
|-------------------|--------------------|---------------|---------------------|---|
| Fósforo total     | mg.L <sup>-1</sup> | 0,1           | não definido        | -   |
| Nitrato           | mg.L <sup>-1</sup> | 10            | 10                  | igual   |
| Nitrito           | mg.L <sup>-1</sup> | 1             | 1                   | igual   |
| N amoniacal total | mg.L <sup>-1</sup> | 0,5 a 3,7     | 1,5                 | depende do pH                                       |

**Quadro 6 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 03 e na Portaria 2914/2011 para água potável**

| Parâmetro         | Unidade            | CONAMA 357/05 | Portaria MS 2914/11 | Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05 |
|-------------------|--------------------|---------------|---------------------|---|
| Fósforo total     | mg.L <sup>-1</sup> | 0,15          | não definido        | -   |
| Nitrato           | mg.L <sup>-1</sup> | 10            | 10                  | igual   |
| Nitrito           | mg.L <sup>-1</sup> | 1             | 1                   | igual   |
| N amoniacal total | mg.L <sup>-1</sup> | 1,0 a 13,3    | 1,5                 | depende do pH                                       |

**Quadro 7 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras classe 01 e na Portaria 2914/2011 para água potável**

| Parâmetro         | Unidade            | CONAMA 357/05 | Portaria MS 2914/11 | Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05 |
|-------------------|--------------------|---------------|---------------------|---|
| Fósforo total     | mg.L <sup>-1</sup> | 0,124         | não definido        | -   |
| Manganês total    | mg.L <sup>-1</sup> | 0,1           | 0,1                 | igual   |
| Mercúrio total    | mg.L <sup>-1</sup> | 0,0002        | 0,001               | menos restritivo                                    |
| Níquel total      | mg.L <sup>-1</sup> | 0,025         | 0,07                | menos restritivo                                    |
| Nitrato           | mg.L <sup>-1</sup> | 0,4           | 10                  | menos restritivo                                    |
| Nitrito           | mg.L <sup>-1</sup> | 0,07          | 1                   | menos restritivo                                    |
| N amoniacal total | mg.L <sup>-1</sup> | 0,4           | 1,5                 | menos restritivo                                    |

na Resolução CONAMA 357/05 e na Portaria 2914/2011 para água potável, referentes aos parâmetros Fósforo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrato e Nitrito.

Os valores mostram que não é requerido um limite para o primeiro parâmetro na Portaria MS 2914/11 e para os demais parâmetros considerando águas salobras classe 01, essa portaria é menos restritiva, o que implica em aceitação diferente para o uso do corpo d'água.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Identificação das fontes de poluição

Na visita de campo realizada, em agosto de 2011, foi observado que na área de estudo não existem lançamentos de efluentes do tipo pontual, predominando a forma difusa de poluição. Como principais fontes de poluição identificadas, merecem destaque:

- Disposição inadequada de resíduos sólidos – como problema recorrente em diversos municípios da região semiárida-

da, notadamente na zona rural, tem-se a inexistência de aterros sanitários para a disposição final de resíduos sólidos. Dessa forma, os resíduos tendem a ser dispostos em áreas sem que sejam observados critérios técnicos que minimizem os impactos ao meio ambiente, popularmente conhecidos como “lixões”. Como consequência tem-se a poluição do solo, do ar (devido à queima de resíduos) e aquática, uma vez que o lixiviado proveniente da decomposição dos resíduos é passível de carreamento em direção aos corpos hídricos.

No trecho estudado não foi constatada a presença de lixões nas proximidades do rio Salitre, de modo que a poluição/contaminação das águas em decorrência do lixiviado é minimizada. Entretanto, verificou-se a presença de embalagens e demais resíduos dos produtos de limpeza na calha e margem do rio local.

- Lavagem de roupas na calha do rio – é hábito da comunidade local a utilização das águas do rio Salitre para a lavagem de roupas. Sendo, portanto, comum comprometimento da qualidade da água do rio devido a utilização de sabão nas lavagens.

- Esgotamento sanitário – não há rede coletora de esgoto na região, bem como solução coletiva centralizada para tratamento. Os efluentes domésticos são ou lançados diretamente em vias públicas ou encaminhados para soluções descentralizadas individuais (notadamente em mau estado de conservação).

Embora a adoção de soluções descentralizadas seja adequada em regiões com distribuição esparsa de residências, como acontece no trecho estudado, é necessário que as mesmas sejam projetadas, construídas e operadas de forma tecnicamente adequada. Caso contrário, os efluentes tendem a poluir/contaminar o solo e os recursos hídricos locais.

- Dejetos de animais – verificou-se a presença de animais às margens e na calha dos rios, com os dejetos dos mesmos podendo contaminar/poluir o corpo hídrico.

- Agricultura irrigada com uso de agrotóxicos e fertilizantes – a prática de utilização de agrotóxicos e fertilizantes no desenvolvimento da agricultura irrigada é comum no trecho estudado, estando os municípios de Juazeiro e Campo Formoso dentre os que possuem maior área com irrigação na região. Nesse trecho existem perímetros irrigados implantados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba - CODEVASF, bem como propriedades privadas nas quais se desenvolve a agricultura irrigada.

Associado ao uso de agrotóxicos e fertilizantes constatou-se a utilização do método de sulcos, na maioria das áreas irrigadas, o qual apresenta baixa eficiência no uso de água.

A Tabela 1 apresenta as concentrações dos parâmetros analisados nos limites de cada trecho (valores obtidos em análises laboratoriais).

A Tabela 2 apresenta os valores calculados dos parâmetros de qualidade de água estudados referente a contribuição da poluição difusa, por trecho considerando a equação da mistura (Equação 1) para a quantificação das cargas difusas.

Vale ressaltar que, dada a característica difusa da poluição na área de estudo, não foi discriminada a fonte originária (esgoto doméstico ou atividade agrícola).

Para a determinação da vazão distribuída incremental utilizou-se informação presente em GRH (2003) relativo à de-

**Tabela 1 - Valores calculados para concentração de parâmetros de qualidade da água nos limites dos trechos**

| Ponto | DBO<br>mg.L <sup>-1</sup> | Ntotal<br>mg.L <sup>-1</sup> | Ptotal<br>mg.L <sup>-1</sup> | Coliformes<br>termotolerantes<br>NMP.100mL <sup>-1</sup> |
|-------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| A     | 5,0                       | 1,63                         | 0,010                        | Ausência   |
| B     | 4,0                       | 1,81                         | 0,093                        | 7,80E+02   |
| C     | 6,0                       | 4,83                         | 0,009                        | 2,30E+03   |
| D     | 15,0                      | 1,84                         | 0,104                        | 1,60E+05   |

**Tabela 2 - Valores calculados para poluição difusa distribuída, por trecho de rio**

| Ponto | DBO<br>mg.L <sup>-1</sup> | Ntotal<br>mg.L <sup>-1</sup> | Ptotal<br>mg.L <sup>-1</sup> | Coliformes<br>termotolerantes<br>NMP.100mL <sup>-1</sup> |
|-------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| A     | 5,0                       | 1,63                         | 0,010                        | Ausência   |
| B     | 4,0                       | 1,81                         | 0,093                        | 7,80E+02   |
| C     | 6,0                       | 4,83                         | 0,009                        | 2,30E+03   |
| D     | 15,0                      | 1,84                         | 0,104                        | 1,60E+05   |

manda por água para desenvolvimento de atividades agrícolas irrigadas. Considerando-se que na região é adotada, predominantemente, a irrigação por superfície, com eficiência em torno de 50% (cinquenta por cento), chegou-se ao valor de vazão distribuída incremental de 0,00021 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

### **Simulação dos cenários de abatimento da carga poluidora considerando somente a Resolução CONAMA 357/05**

As Tabelas 3 e 4 mostram os resultados para a condição inicial, tanto em termos de percentual de extensão em cada classe de qualidade. Observa-se que os três trechos possuem qualidade da água compatível com a classe 04, para a qual são possíveis os usos de navegação e harmonia paisagística. Para que a água pudesse ser destinada ao consumo humano seria necessária qualidade compatível com a classe 03 ou superior, ainda sendo necessário tratamento convencional ou avançado para tal uso.

Na condição de água salobra todos os trechos analisados têm qualidade equivalente a classe 03, de modo que a destinação da água para consumo humano não é recomendada, segundo a Resolução CONAMA 357/05, mesmo após a realização de tratamento. Para essa condição, os usos possíveis seriam similares aos da condição de água doce para classe 04, a navegação e a harmonia paisagística.

Vale observar que para os parâmetros coliformes termotolerantes, nitrogênio total e fósforo a soma percentual nas classes de qualidade é inferior a 100%. Tal fato se deve à condição da água para esses parâmetros estar inferior ao limite mínimo para classe 03.

**Tabela 3 - Percentual (%) de extensão dos trechos 01, 02 e 03 por classe de qualidade da condição atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce)**

| Trecho | Classe | OD     | DBO    | P      | COLI   | NTotal | Classe Atual |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 1      | 01     | 100,00 | 0,00   | 39,05  | 13,33  | 100,00 | 4            |
|        | 02     | 100,00 | 100,00 | 39,05  | 69,52  | 100,00 |              |
|        | 03     | 100,00 | 100,00 | 59,05  | 100,00 | 100,00 |              |
|        | 04     | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |              |
| 2      | 01     | 100,00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 68,75  | 4            |
|        | 02     | 100,00 | 9,38   | 0,00   | 0,00   | 68,75  |              |
|        | 03     | 100,00 | 51,57  | 0,00   | 73,44  | 90,63  |              |
|        | 04     | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |              |
| 3      | 01     | 94,59  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 18,92  | 4            |
|        | 02     | 100,00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 18,92  |              |
|        | 03     | 100,00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 27,70  |              |
|        | 04     | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |              |

**Tabela 4 - Percentual (%) de extensão dos trechos 01, 02 e 03 por classe de qualidade da condição atual, considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra)**

| Trecho | Classe | OD     | P     | COLI   | NTotal | Classe Atual |
|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------------|
| 1      | 01     | 100,00 | 39,05 | 69,52  | 100,00 | 3            |
|        | 02     | 100,00 | 39,05 | 100,00 | 100,00 |              |
|        | 03     | 100,00 | 59,05 | 100,00 | 100,00 |              |
| 2      | 01     | 100,00 | 0,00  | 0,00   | 68,75  | 3            |
|        | 02     | 100,00 | 0,00  | 31,25  | 68,75  |              |
|        | 03     | 100,00 | 0,00  | 73,44  | 90,63  |              |
| 3      | 01     | 100,00 | 0,00  | 0,00   | 18,92  | 3            |
|        | 02     | 100,00 | 0,00  | 0,00   | 18,92  |              |
|        | 03     | 100,00 | 0,00  | 0,00   | 27,70  |              |

Dentre os trechos analisados, verifica-se que o trecho 03 é o mais afetado pela poluição difusa, com as maiores concentrações de coliformes termotolerantes (indicando a contribuição de material de origem fecal), fósforo e nitrogênio (indicando contribuição de atividades agrícolas). Assim, é indubitável a necessidade de aplicação de ações de recuperação para que a água superficial disponível na região torne-se apta ao consumo humano, amenizando o quadro de dificuldade de acesso a água com a qualidade necessária à satisfação das necessidades básicas das famílias que habitam a região.

#### **Simulação dos cenários de abatimento da carga poluidora: Resolução CONAMA 357/05 isoladamente X Resolução CONAMA 357/05 em conjunto com a Portaria MS 2914/11**

##### **- Resolução CONAMA 357/05 isoladamente**

Após a simulação dos cenários considerando somente a Resolução CONAMA 357/05, para a condição de água doce

verificou-se que nos trechos 01 e 02 o cenário 14 (soluções descentralizadas com posterior infiltração no solo) resultou em qualidade equivalente a classe 01 (trecho 01) e classe 02 (trecho 02). Desse modo, a água nesses trechos seria passível de destinação ao consumo humano após tratamento convencional ou avançado.

Para o trecho 03, nenhum dos cenários avaliados foi capaz de tornar a água apta à destinação para consumo humano. Entretanto, é importante observar que, dentre os parâmetros de qualidade da água analisados, o fósforo mostra-se responsável por essa limitação de uso. Considerando que nitrogênio e fósforo representam mais significativamente a poluição difusa oriunda das atividades agrícolas, há indicação da necessidade de aplicação de ações de manejo agrícola e uso eficiente do solo, além das alternativas de tratamento de esgoto.

Ao se considerar a água salobra, o cenário 14 (soluções descentralizadas sem lançamento em corpo hídrico) proporcionou evolução da qualidade da água para classe 01 nos trechos 01 e 02, sendo possível destinação ao consumo humano após tratamento convencional ou avançado. Para o trecho 03, entretanto, nenhum dos cenários implicou em evolução da qualidade da água a ponto de alteração de classe, permanecendo, classe 03.

Os parâmetros Ptotal e coliformes termotolerantes foram responsáveis pela limitação da classificação em classes mais nobres, tanto na condição de água doce como salobra. Assim, a consideração estrita da Resolução CONAMA 357/05 implicou em conclusão de que para a destinação da água do rio Salitre (trecho 01 e 02) para consumo humano somente com soluções descentralizadas seriam viáveis. Uma conclusão nesse sentido em localidades com adensamento populacional mais elevado, nas quais a adoção de soluções descentralizadas é pouco viável, geraria um problema insolúvel.

Para o trecho 03, nem mesmo as alternativas de soluções descentralizadas seriam suficientes para destinação da água ao consumo humano, sendo a população privada de acesso água.

##### **- Resolução CONAMA 357/05 em conjunto com a Portaria MS 2914/11**

Realizando simulação dos cenários considerando os limites dos parâmetros em conjunto, tem-se que para o trecho 01, para a condição de água doce, todos os cenários foram capazes de tornar a água do rio Salitre apropriadas ao consumo humano, após tratamento simplificado (cenário 14) ou convencional (cenários 2 a 13). Para a hipótese de água salobra, todos os cenários resultaram em qualidade da água apropriada à destinação para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado.

Para o trecho 02, considerando água doce, todos os cenários, à exceção dos 5, 8, e 11, implicaram em qualidade satisfatória à destinação para consumo humano após tratamento convencional ou avançado. Sendo água salobra, os cenários 4, 7, 10, 13 (soluções coletivas com 100% de cobertura) e 14 (soluções descentralizadas) alcançaram a qualidade requerida consumo humano após processo de tratamento convencional ou avançado.

O trecho 03, por sua vez, tem a água do rio Salitre com qualidade compatível com o a destinação ao uso humano para os cenários 10, 13 e 14, tanto para a condição de água doce



quanto salobra.

Assim, o rio Salitre alcança, tanto em condições de água doce quanto salobra, em todos os três trechos analisados, qualidade compatível com o abastecimento humano (requerendo tratamento convencional ou avançado) após a aplicação de alternativas centralizadas de tratamento de esgoto na configuração de lagoas de estabilização e UASB seguido de lagoa de polimento. Resultado satisfatório também é obtido ao se adotarem soluções descentralizadas sem lançamento posterior em corpo hídrico, com a necessidade de aplicação de tratamento simplificado para água doce e tratamento convencional ou avançado na hipótese de água salobra.

Uma vez que há mais de uma alternativa que implica em qualidade satisfatória para consumo humano, foram analisados os aspectos individuais de cada uma delas, de modo que a escolha ocorresse de forma mais acertada. Além da questão técnica de cada uma dessas ações, é necessário que sejam avaliados outros critérios que permeiam o processo de escolha da melhor alternativa de tratamento de esgoto. No âmbito desse trabalho, foi avaliado somente o aspecto econômico, englobando os custos de implantação de cada uma das alternativas, cujos dados podem ser conferidos no Quadro 8.

**Quadro 8 - Custo de implantação médio das alternativas**

| Tratamento  | Custo médio de implantação (R\$.hab. <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) |       |        |
|---|---|-------|--------|
|   | Mínimo  | Médio | Máximo |
| Lagoas de estabilização                             | 44,0  | 65,5  | 87,0   |
| Soluções descentralizadas (com infiltração no solo) | 30,0  | 40,0  | 50,0   |
| UASB + lagoa de polimento                           | 60,0  | 82,5  | 105,0  |

**Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005)**

Ponto importante de ressaltar é que os custos relativos às alternativas “lagoas de estabilização” e “UASB+lagoa de polimento” referem-se tão somente à unidade de tratamento. Uma vez que se trata de alternativa coletiva para destinação e tratamento de esgoto, ao valor apresentado no Quadro 8 deve-se acrescentar o valor de implantação de rede coletora e demais unidades integrantes de um sistema de esgotamento sanitário, os quais não foram levantados no presente trabalho devido à necessidade de se realizar projeto específico para a área na qual se venha a implantar o sistema.

Quanto às soluções descentralizadas, os custos apresentados são relativos a tanques sépticos, devendo ser acrescentados os custos de execução da forma de infiltração no solo (vala e infiltração, sumidouro, etc.). Para tanto, deve-se realizar dimensionamento da unidade de acordo com a capacidade de infiltração do terreno, atividade não realizada nessa pesquisa.

Assim, comparando-se as três alternativas que possibilitam a destinação da água do rio Salitre ao abastecimento humano (após tratamento convencional ou avançado) tem-se que a opção por soluções descentralizadas é mais acertada, uma vez que alcança a qualidade requerida tão logo seja implantada (considerando uma manutenção e operação adequadas), enquanto

que os demais sistemas só refletem em melhoria da qualidade da água somente após 100% de cobertura. Ademais, os custos associados às soluções descentralizadas são sensivelmente menores, sendo ainda mais significativos ao se considerar que para implantação dos sistemas coletivos ainda é necessário acrescer o custo de implantação de rede coletora e demais unidades do sistema de coleta e transporte do esgoto.

Outro ponto que indica maior adequação de aplicação das soluções descentralizadas na área de estudo é a característica essencialmente rural, com concentrações populacionais isoladas, que tornariam ainda maiores os custos per capita de implantação, operação e manutenção de sistema coletivo de coleta e tratamento de esgoto.

Além disso, diante do quadro de escassez hídrica na área de estudo, situação essa recorrente em regiões semiáridas, é aconselhável que não haja lançamento de carga poluente da sua calha. Ao se aplicarem as soluções descentralizadas, desde que sejam respeitados os critérios de afastamento do lençol freático e demais corpos hídricos, bem como com uma adequada manutenção e operação, não haverá lançamento direto no rio Salitre.

## CONCLUSÃO

Os resultados das simulações evidenciaram que ao obedecer estritamente aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, nenhuma das ações de saneamento, no trecho do rio, implicaram em condições de qualidade da água satisfatória aos padrões exigidos para a destinação ao consumo humano, tanto na condição de água doce quanto salobra. Por outro lado, ao se avaliar os resultados das simulações conjuntamente com os padrões de potabilidade da água, estabelecidos pela Portaria MS 2.914/11, verificou-se que a adoção de soluções descentralizadas sem lançamento em corpo hídrico, bem como as alternativas centralizadas “lagoas de estabilização” e “UASB+lagoa de polimento”, resultam em redução da carga poluidora afluente a ponto de tornar a água do rio Salitre, em todo o trecho avaliado, após o devido tratamento, passível de destinação ao consumo humano.

Conclui-se que a adoção estrita dos parâmetros definidos na Resolução CONAMA 357/05 para avaliação da possibilidade de destinação da água para abastecimento humano resulta em limitação excessivamente restritiva, uma vez que os padrões de potabilidade da água, estabelecidos na Portaria MS 2914/11, são menos exigentes para uma parcela significativa dos parâmetros, mesmo que se refira a água tratada, enquanto que a Resolução CONAMA 357/05 se refere a água bruta.

Assim, em regiões de clima semiárido, nas quais a escassez hídrica é situação recorrente, é necessário reavaliar os critérios de classificação dos corpos hídricos superficiais, de modo que não haja indisponibilidade de água para determinado uso devido a limitações decorrentes dos demais para os quais a classe seja destinada.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que a Resolução CONAMA 357/05 seja revisada, com especial atenção ao uso para abastecimento humano, sendo considerados para tanto os limites estabelecidos na Portaria Nº 2.914/11 do

Ministério da Saúde, ressaltando que, em se tratando de regiões com clima semiárido, nas quais há predominância de rios temporários e de águas salobras, há menor capacidade de diluição e a qualidade requerida para destinação ao abastecimento humano é mais restritiva do que para águas doces.

Quanto as soluções adotadas para que o lançamento direto do efluente no corpo hídrico seja minimizado, a escolha por soluções descentralizadas mostrou-se mais adequada tecnicamente para a região de estudo, a qual possui características essencialmente rurais, sem rede coletora de esgoto e com baixo adensamento populacional. Além dos critérios técnicos, tem-se que os custos associados às soluções descentralizadas são menores se comparados às soluções coletivas que implicaram na qualidade requerida para abastecimento humano. Ademais, dada a característica de baixa densidade demográfica predominante na região, a implantação de rede coletora de esgotamento sanitário resultaria em custo per capita demasiadamente elevado.

## REFERÊNCIAS

- ADEQ. ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. 2009 Surface Water Quality Standards. Title 18. Environmental Quality. Chapter 11. Department of Environmental Quality Water Quality Standards. Disponível em [https://azdeq.gov/environ/water/standards/download/SWQ\\_Standards-1-09-unofficial.pdf](https://azdeq.gov/environ/water/standards/download/SWQ_Standards-1-09-unofficial.pdf). Acesso em: 5/12/2014. 2009.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Brasília, DF, 1997.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.
- BRASIL. Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Brasília, DF, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.
- BRASIL. Resolução CNRH nº 91 de 5 de novembro de 2008. Brasília, DF, 2008.
- BROOKS, B.W.; RILEY, T.M.; TAYLOR, R.D. Water Quality of Effluent-dominated Ecosystems: Ecotoxicological, Hydrological, and Management Considerations. *Hydrobiologia*. v. 556, n. 1, p. 365-379, 2006.
- CHRISTOFIDIS, D. *Olhares sobre a Política de Recursos Hídricos no Brasil*. O caso da Bacia do rio São Francisco. Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, DF, 2001.
- DEQ. IDAHO DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. Idaho's Water Quality Standards. IDAPA 58.01.02. Disponível em: <https://www.deq.idaho.gov/water-quality/surface-water/standards.aspx>. Acesso em: 5/12/2014. 2008.
- FIUZA, J. M. S et al. Uma proposta para a classificação e usos de rios intermitentes. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., Anais.... Joinville, Santa Catarina, 2003.
- GRH. GRUPO DE RECURSOS HÍDRICOS/Departamento de Hidráulica e Saneamento/Universidade Federal da Bahia - GRH/DHS/UFBA. Plano de Gerenciamento Integrado da Sub-Bacia do Rio Salitre. Resumo Executivo. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Salvador, jan. 2003.
- GRH. GRUPO DE RECURSOS HÍDRICOS DA UFBA/Departamento de Engenharia Ambiental – GRH/DEA/UFBA. Proposta Metodológica para Enquadramento dos Corpos d'água em Bacias de Regiões Semiáridas - PROENQUA. UFBA/CNPq/FINEP. Construção de Redes Cooperativas de Pesquisa - Chamada Pública MCT/FINEP/CT-HIDRO-GRH-01/2004. Ministério da Ciência e Tecnologia/CNPq/CTHIDRO. Período: 2004 a 2007. Relatório Final em 2007, com 1ª Revisão em 2008.
- MEDEIROS, Y. D. P. FARIA, A. S.; GONÇALVES, M. do S.; BERETTA, M.; SANTOS, M. E. P. Governança da Água na América Latina e Europa: Enquadramento dos Corpos d'Água no Semi-Árido Brasileiro. In: JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. (Org.). *Governança da Água na América Latina e Europa: Atores Sociais, Conflitos e Territorialidade*. 100 ed. São Paulo: ANNABLUME, 2009, v. III, p. 99-124.
- OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V.C.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. *Revista Química Nova*, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.
- PIZELLA, D. G.; SOUZA, M.P. Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 139-148, 2007.
- SEETAL, A. R.; QUIBELL, G. Water Rights Reform in South Africa. In: BRUNS, B. R.; RINGLER, C.; MEINZEN-DICK, R. Water rights reform: lessons for institutional design. Washington: International Food Policy Research Institute, 2005. 360p.
- SOUZA, L. C. *Desafios da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos no semiárido nordestino: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2008.
- SRH. SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HIDRICOS DO ESTADO DA BAHIA. *Instrução Normativa N° 01, de 27 de Fevereiro de 2007*. Bahia, 2007.
- UNIÃO EUROPÉIA (UE). Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of water policy. (Directive 2000/60/EC). 2000.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Water Quality Standards Handbook*. 2014. Disponível em: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/handbook/index.cfm>. Acesso em 5/12/2014.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, 2005. v.1.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água em rios*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2007.

WDEQ. Wyoming Department of Environmental Quality Water Quality Assessment and Impaired Waters List (2012 Integrated 305(b) and 303(d) Report), 2012. Disponível em: <http://deq.state.wy.us/wqd/watershed/>. Acesso em: 5/12/2014. 2012.