



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

**EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA PARA FINS DE
CONSUMO HUMANO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: AVALIAÇÃO
CONFORME RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 E PORTARIA MS 2914/2011**

Zúri Bao Pessoa

SALVADOR

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

**EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA PARA FINS DE
CONSUMO HUMANO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: AVALIAÇÃO
CONFORME RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 E PORTARIA MS 2914/2011**

Zúri Bao Pessôa

Dissertação apresentada para a
obtenção do Título de Mestre em Meio
Ambiente, Águas e Saneamento da
Universidade Federal da Bahia - UFBA.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Yvonilde
Dantas Pinto Medeiros

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea
Sousa Fontes

SALVADOR

2013

Pessôa, Zúri Bao

Efetivação do enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: avaliação conforme Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria MS 2914/2011 / Zúri Bao Pessôa. – Salvador, 2013.

123 f. : il. color.

Orientador: Prof. Doutora Yvonilde Dantas Pinto Medeiros

Co-orientador: Prof. Doutora Andrea Sousa Fontes

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2013.

1. Enquadramento de corpos hídricos. 2. Abastecimento humano. 3. Semiárido I. Universidade Federal da Bahia. II. Título.

MAASA

Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITECNICA



Zuri Bao Pessôa

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

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Yvonilde Dantas Pinto Medeiros
Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Luciano Matos Queiroz
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Edmilson Costa Teixeira
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

A escassez hídrica é situação recorrente em regiões de clima semiárido devido às condições climáticas naturais e à crescente pressão antrópica, através do lançamento direto ou indireto de cargas poluentes nas calhas dos rios. Para destinação da água ao consumo humano, uso prioritário em momentos de escassez, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece que a água deve apresentar minimamente qualidade equivalente à classe 03, na hipótese de águas doces, ou compatível com classe 01, em se tratando de águas salobras. A Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde estabelece o padrão de potabilidade da água, ou seja, atendendo-se aos valores definidos na Portaria MS 2914/11 a água pode ser prontamente consumida. De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, por sua vez, mesmo nas classes com possibilidade de abastecimento humano, a água deve ser submetida a processo de tratamento. Ainda assim, a Resolução CONAMA 357/05 é, para determinados parâmetros, mais restritiva que a Portaria MS 2914/11, o que pode ser associado ao fato de que os padrões definidos devem atender a todos os usos para os quais as classes são destinadas, além do abastecimento humano. Resta evidente, portanto, que é necessário reavaliar o critério de enquadramento de corpos hídricos, principalmente em situações de escassez hídrica. Esse trabalho tem como objetivo comparar a possibilidade de destinação de corpos hídricos para abastecimento humano após a aplicação de ações de saneamento básico considerando a Resolução CONAMA 357/05 isoladamente e em conjunto com a Portaria MS 2914/11. Como área de estudo utilizou-se trecho do baixo Salitre, rio principal da Bacia Hidrográfica do Salitre, inserida na região semiárida e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Após a identificação das fontes de poluição predominantes no trecho, selecionaram-se ações de saneamento básico para abatimento da carga poluidora afluyente, com foco no serviço de esgotamento sanitário, abrangendo tanto soluções coletivas quanto individuais. Para quantificar o abatimento da carga por essas ações foram analisados os parâmetros OD, DBO, Nitrogênio total, Fósforo total e Coliformes termotolerantes, com a utilização de modelo matemático de simulação da qualidade da água. Os resultados das simulações evidenciaram que ao obedecer estritamente aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, nenhuma das ações de saneamento implicaram em condições de qualidade da água, no trecho do rio, 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 individuais sem lançamento em corpo hídrico, bem como as alternativas coletivas “lagoas de estabilização” e “UASB+lagoa de polimento”, resultam em 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. Contudo, considerando as características da região e os custos relativos a cada alternativa, conclui-se que a adoção de soluções individuais é a alternativa mais viável, técnica e economicamente. 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 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Enquadramento de corpos hídricos. Abastecimento humano. Semiárido.

ABSTRACT

Water scarcity is recurrent situation in semiarid climate regions due to natural climatic conditions and the increasing anthropogenic pressure by direct or indirect pollutant launching in rivers. Human supply, priority use during water scarcity, requires quality better or equal to class 03 or 01 (brackish water) according to Resolution CONAMA 357/05. The Brazil Health Ministry Portaria 2.914/11 establishes drinking water quality standards, with no need of pre treatments before drinking. According to Resolution CONAMA 357/05 the water must be submitted to previous treatment processes even in the classes with possibility of human supplying. However, Resolution CONAMA 357/05 is for a parameters group more restrictive than Portaria MS 2914/11, what can be associated to other uses the classes are related beyond the human supplying. Based on these arguments, it is necessary to reevaluate the water bodies classification criterion, mainly in situations of water scarcity. This work aims to compare the possibility of water bodies destination for human supplying after basic sanitation actions application considering Resolution CONAMA 357/05 by itself as well as in set with Portaria MS 2914/11. As study area it has been used stretch of low Salitre River, Salitre basin's main river, located in Bahia State semiarid and São Francisco River sub basin. After identifying the predominant pollution sources in the stretch, wastewater treatment actions were selected for pollution reduction, considering both collective and individual solutions. To quantify the pollutant load reduction it has been analyzed the parameters DO, BOD, Total nitrogen, total phosphorus and thermotolerant coliforms using water quality mathematical model. The simulation results showed that strictly considering Resolution CONAMA 357/05 limits none of the action satisfied the standards required for human supply. Moreover, when evaluating the results together with the drinking water standards established by Brazil Health Ministry Portaria 2.914/11, it was found that the adoption of individual solutions with no effluent launching into water body and collective solutions "stabilization pond" and "UASB + polish pond" resulted in water quality conditions enough to human supply. However, according to region characteristics and the cost of each action, the adoption of individual solutions is the most feasible alternative, technically and economically. Based on the reached results, it is recommended the Resolution CONAMA 357/05 be reviewed with special attention to use for human

supplying use, being considered limits established in Brazil Health Ministry Portaria 2.914/11.

Key-words: Water bodies classification. Semiarid. Basic sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Delimitação do semiárido brasileiro	34
Figura 2: Divisão do corpo hídrico de acordo com o grau de autodepuração	57
Figura 3: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre	68
Figura 4 - Divisão da bacia do Salitre em pontos de confluência	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Contribuição de fontes pontuais e difusas para poluição hídrica	45
Quadro 2 - Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos Brasil – 1989/2008.....	49
Quadro 4 - Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras classe 01 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros inorgânicos	38
Tabela 2 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras classe 01 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros orgânicos.....	38
Tabela 3 - 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 – parâmetros inorgânicos	40
Tabela 4 - 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 – parâmetros orgânicos.....	41
Tabela 5 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 03 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros inorgânicos	42
Tabela 6 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 03 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros orgânicos.....	43
Tabela 7 - Demanda hídrica por PC.....	71
Tabela 8 - Disponibilidade hídrica por PC.....	71
Tabela 9 - Balanço hídrico por PC	72
Tabela 10 - Pontos de coleta de amostras de água	74
Tabela 11- Quantificação da carga difusa afluente ao rio – máxima por trecho	75
Tabela 12: Tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas (eficiências).....	76
Tabela 13 - Tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas (custo)	76
Tabela 14 - Concentração dos parâmetros de qualidade da água à montante do trecho em estudo.....	80
Tabela 15 - Coeficientes adotados para modelagem do nitrogênio.....	83
Tabela 16 - Coeficientes adotados para modelagem do fósforo	84
Tabela 17 - Avaliação da salinidade dos trechos em estudo.....	87
Tabela 18 - Coeficiente de determinação após calibração	93

Tabela 19 - Percentual de extensão do trecho 01, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce).....	94
Tabela 20 - Percentual de extensão do trecho 02, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce).....	94
Tabela 21 - Percentual de extensão do trecho 03, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce).....	94
Tabela 22 - Percentual (%) de extensão do trecho 01, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra).....	94
Tabela 23 - Percentual (%) de extensão do trecho 02, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra).....	95
Tabela 24 - Percentual (%) de extensão do trecho 03, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra).....	95
Tabela 25 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 01 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce.....	96
Tabela 26 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 02 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce.....	97
Tabela 27 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 03 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce.....	98
Tabela 28 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 01 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra.....	99
Tabela 29 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 02 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra.....	100
Tabela 30 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 03 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra.....	101
Tabela 31 - Trecho 01 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce.....	105
Tabela 32 - Trecho 02 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce.....	106
Tabela 33 - Trecho 03 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce.....	107
Tabela 34 - Trecho 01 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra.....	108

Tabela 35 - Trecho 02 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra.....	109
Tabela 36 - Trecho 03 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra.....	110
Tabela 37 - Custo de implantação médio das alternativas	112
Tabela 38 - Custos de operação e manutenção médios das alternativas.....	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação velocidade x vazão	81
Gráfico 2 - Relação cota x vazão	81
Gráfico 3 - Curva de permanência – estação de Abreus.....	87
Gráfico 4 - Resultado da calibração para DBO	91
Gráfico 5 - Resultado da calibração para OD.....	91
Gráfico 6 - Resultado da calibração para coliformes termotolerantes	92
Gráfico 7 - Resultado da calibração para fósforo total.....	92
Gráfico 8 - Resultado da calibração para nitrogênio total.....	93

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

BHS – Bacia hidrográfica do Rio Salitre

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco

CME – concentração média do evento

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – câmara técnica

DBO – demanda bioquímica de oxigênio

DQO – demanda química de oxigênio

EPA – (Environmental Protection Agency

GQA – General Quality Assessment

GRH/UFBA – Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia

GT – grupo de trabalho

IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos hídricos

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LDM – limite de detecção do método

MP/BA – Ministério Público da Bahia

MPG – melhor prática de gestão

MS – Ministério da Saúde

NMP – número mais provável

OD – oxigênio dissolvido

PC – ponto de confluência

pH – potencial hidrogeniônico

PLANGIS – Plano de Gerenciamento Integrado da Sub-bacia do Rio Salitre

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PROENQUA – Proposta Metodológica para Enquadramento de Corpos D'água em Bacia de Regiões Semiáridas

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

UASB – Upflow anaerobic sludge blanket

USACE – U. S. Army Corps of Engineers

WFD – European Water Framework Directive

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	22
2.1. Objetivo geral	22
2.2. Objetivos específicos.....	22
3. MARCO TEÓRICO	23
3.1. Enquadramento de corpos hídricos	23
3.2. Procedimentos para o enquadramento no Brasil.....	24
3.2.1. Elaboração da proposta de enquadramento	25
3.2.2. Seleção e aprovação da proposta de enquadramento	27
3.2.3. Efetivação e avaliação do enquadramento.....	27
3.3. Experiências internacionais de enquadramento de corpos hídricos superficiais	28
3.3.1. Reino Unido	28
3.3.2. África do Sul	30
3.3.3. Canadá	31
3.3.4. Japão.....	32
3.4. Semiárido brasileiro.....	32
3.4.1. Enquadramento de rios no semiárido brasileiro	35
3.5. Poluição de corpos hídricos.....	44
3.5.1. Poluição hídrica pontual.....	46
3.5.2. Poluição difusa	48
3.6. Quantificação da carga poluidora	51
3.7. Abatimento da carga poluidora.....	55
3.7.1. Autodepuração de corpos hídricos.....	55
3.7.2. Ações para abatimento de cargas poluidoras	57
3.7.3. Serviços públicos de saneamento básico.....	59
3.7.4. Ações adicionais para controle da poluição difusa	65
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - BACIA DO RIO SALITRE.....	67

4.1. Localização	67
4.2. Climatologia	68
4.2.1. Precipitação	68
4.2.2. Temperatura	69
4.2.3. Evaporação.....	69
4.2.4. Balanço climatológico	69
4.3. Solos e cobertura vegetal.....	69
4.4. Demanda hídrica	70
4.5. Disponibilidade hídrica	71
4.6. Balanço hídrico.....	71
5. METODOLOGIA	73
5.1. Delimitação da área de estudo.....	73
5.2. Identificação e quantificação das fontes de poluição existentes na área de estudo... 74	74
5.3. Relação das ações aplicáveis para redução da carga poluidora	75
5.4. Construção de cenários de abatimento da carga poluidora	77
5.5. Escolha do modelo de qualidade da água para simulação matemática dos cenários de abatimento das cargas poluidoras.....	78
5.5.1. Calibração.....	79
5.5.2. Validação.....	85
5.6. Verificação do efeito dos cenários sobre a qualidade da água	86
5.7. Avaliação da possibilidade de destinação ao consumo humano	88
5.8. Definição de custos (implantação, operação e manutenção) dos cenários.....	88
6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	89
6.1. Identificação das fontes de poluição.....	89
6.2. Resultado da calibração	90
6.3. Simulação dos cenários	93
7. CONCLUSÃO	114
8. RECOMENDAÇÕES	115

REFERÊNCIAS	116
ANEXO A – Relatórios de ensaios laboratoriais.....	121

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à manutenção da vida terrestre, imprescindível para o atendimento às necessidades básicas do seres vivos, assim como para o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais. Sendo um recurso natural finito, com a água doce representado pequena parcela do total disponível, tem-se quadro evidente de limitação na quantidade hídrica disponível ao consumo humano. Enquanto a oferta permanece inalterada, a demanda por água tende a crescer proporcionalmente ao crescimento populacional, gerando um quadro que tende ao conflito pelo acesso aos recursos hídricos. Além de aumentar a demanda, o crescimento populacional acarreta na degradação crescente da qualidade da água disponível, seja por fontes de poluição pontuais ou difusas, uma vez que os recursos hídricos são utilizados como destino final de efluentes domésticos e industriais, resíduos sólidos etc.

Nas regiões de clima semiárido o quadro de limitação de acesso à água é ainda mais grave, podendo ser listados três fatores, naturais e antrópicos, que contribuem fortemente para essa situação:

- Predominância de rios temporários, não havendo fluxo hídrico em períodos do ano, implicando em limitação quantitativa de água;
- Deficiência do serviço público de esgotamento sanitário e/ou adoção de soluções individuais inadequadas, com lançamento de esgoto bruto direta ou indiretamente na calha dos corpos hídricos. Tendo os rios capacidade de diluição e transporte já reduzida em virtude de sua natureza intermitente, tem-se, associado à limitação em quantidade, limitação em qualidade;
- Ocorrência de águas salobras devido ao elevado potencial de evapotranspiração associado à predominância da formação geológica embasamento cristalino, com conseqüente maior tendência de concentração de sais nas águas superficiais. Portanto, para que as águas salobras possam ser encaminhadas ao abastecimento humano são requeridos tratamentos mais avançados.

Nesse contexto de escassez e degradação da qualidade hídrica, a Lei Federal Nº 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos) 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”. Para que se atinja esse propósito, a referida Lei possui cinco instrumentos, quais sejam: plano de recursos hídricos, enquadramento de corpos d’água, outorga de uso, cobrança e sistema de informações.

Dentre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos merece destaque o enquadramento de corpos hídricos em classes, de acordo com os usos preponderantes da água, definido como o *“estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”*. O enquadramento em classes leva em consideração a salinidade (Resolução CONAMA 357/05) e visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como diminuir os custos de combate à poluição hídrica.

Caso a qualidade atual da água não seja compatível com os usos mais exigentes, são necessárias ações preventivas, mitigadoras e/ou corretivas que impliquem no alcance gradual da condição requerida. Tais ações integram o Programa de Efetivação, etapa integrante do processo de elaboração da proposta de enquadramento, devendo nele constar os prazos de execução, planos de investimentos e instrumentos de compromisso para viabilização das ações, conforme consta na Resolução CNRH 91/2005.

Em regiões de clima semiárido a aplicação do instrumento de enquadramento apresenta desafios, uma vez que, aliado às condições naturais (predominância de rios salobros, déficit hídrico, etc.) e à ação humana (poluição de origem difusa e pontal), inexistem normas legais específicas para a gestão da qualidade das águas.

De acordo com a Lei nº 9433/97, em situações de escassez os usos prioritários para a água são o consumo humano e a dessedentação animal. Ocorre que, em regiões de clima semiárido, a escassez hídrica não é uma situação de excepcionalidade e sim habitual, dadas as condições naturais associadas às pressões antrópicas. Assim, o enquadramento de corpos d’água em regiões semiáridas caracteriza-se como questão relevante

A Resolução CONAMA 357/05 define que para destinação ao consumo humano a água deve apresentar qualidade igual ou superior a classe 03 - em caso de águas

doces - ou à classe 01- no caso de 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.

Ao se avaliar a destinação para abastecimento humano, observa-se restrição superior ao definido como padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, ressaltando que os limites fixados nessa Portaria referem-se a águas após o devido tratamento, enquanto que a Resolução CONAMA 357/05 trata de águas brutas. Assim, especialmente em situações de escassez hídrica, é importante realizar avaliação sobre a possibilidade de consideração conjunta de padrões de documentos legais específicos para cada uso, sob pena de determinado trecho de corpo hídrico não poder ser destinado ao abastecimento humano face ao não atendimento de limites mais restritivos do que aqueles estabelecidos em legislação específica relativa à potabilidade de água.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar, à luz da Resolução CONAMA 357/05, isoladamente e em conjunto com a Portaria MS 2914/11, a possibilidade de destinação de corpos hídricos superficiais, localizados em regiões semiáridas, para abastecimento humano após a aplicação de ações de saneamento básico, tendo como estudo de caso o trecho baixo do rio Salitre.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico acerca das fontes de poluição e da qualidade atual da água no trecho em estudo;
- Identificar ações, com foco nos serviços de saneamento básico, que reduzam fontes de poluição aos corpos hídricos superficiais;
- Avaliar a eficiência técnica das ações para destinação da água ao consumo humano, à luz da Resolução CONAMA 357/05, isoladamente, e em conjunto com a Portaria MS 2914/11;
- Analisar os custos econômicos associados às ações de que implicaram na possibilidade de destinação da água para consumo humano.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Enquadramento de corpos hídricos

A Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, define enquadramento da seguinte forma:

Estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo

Já na Resolução CNRH 91/05, que dispõe sobre os procedimentos para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, o enquadramento é definido da seguinte forma

Estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados através de metas progressivas intermediárias e final de qualidade de água.

Percebe-se claramente que o fato de dado segmento de corpo hídrico estar enquadrado em determinada classe não significa que as condições de qualidade da referida classe estão sendo, de imediato, atendidas.

Utilizando-se do instrumento enquadramento é possível abordar a qualidade de determinado corpo hídrico não somente considerando sua qualidade atual, mas sim os níveis de qualidade necessários para o atendimento das demandas atuais e futuras potenciais.

Para que se atinjam os objetivos de qualidade são estabelecidas metas intermediárias e finais, as quais devem ser atingidas com a adoção de ações estratégicas, em conjunto, de forma progressiva e obrigatória, que tenham como efeito a prevenção da poluição e a redução da carga poluidora afluyente ao rio. Quando do estabelecimento das metas, para que as mesmas sejam perfeitamente

realizáveis e factíveis, devem ser observados aspectos de carácter institucional, legal, político e técnico (PERRY; VANDERKLEIN, 1996).

De acordo com Medeiros *et. al.* (2009) a quantidade de carga a ser abatida varia conforme a fonte poluidora, mas é determinada pela diferença entre a carga poluidora futura, calculada com base nos lançamentos de efluentes e na carga difusa gerada pelas atividades antrópicas previstas para a bacia (prognóstico) e a carga máxima que pode ser recebida pelos corpos hídricos da bacia (capacidade suporte), ou seja, a autodepuração dos corpos d'água.

De acordo com Pizella (2007), embora o enquadramento seja reconhecido na Resolução CONAMA 357/05 como um “sistema de planejamento que requer metas progressivas intermediárias e finais”, 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.

É importante trazer à discussão que o enquadramento não reflete somente nos aspectos estritamente relacionados à qualidade da água. Por se tratar de uma expressão dos usos preponderantes para dado segmento de corpo hídrico no qual o acesso à água é relacionado a usos por vezes conflitantes, o enquadramento assume um papel de pacto social, uma vez que os conflitos são discutidos e expressos em metas de qualidade de água. Tal discussão ocorre no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SINGREH, e a aprovação final acontece no respectivo Conselho de Recursos Hídricos, a depender do domínio do rio em questão (BRASIL, 2007). Da mesma forma, o enquadramento assume papel importante no tocante à saúde pública, uma vez que associa os usos possíveis para cada classe de acordo com o grau de qualidade.

Também se pode relacionar o enquadramento com o planejamento e uso do solo, uma vez que, baseado nos padrões de qualidade estabelecidos para determinada classe, empreendimentos potencialmente poluidores podem ser impedidos de se instalar em determinados locais.

3.2. Procedimentos para o enquadramento no Brasil

O enquadramento deve ser desenvolvido em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica e os Planos de Recursos Hídricos Estadual

ou Distrital, Regional e Nacional e, se não existirem ou forem insuficientes, com base em estudos específicos propostos e aprovados pelas respectivas instituições competentes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos.

No Brasil, os procedimentos para a realização do enquadramento são definidos na Resolução CNRH 91/05. Considerando o disposto nesse documento legal, pode-se dividir o processo de enquadramento em etapas, quais sejam:

1. Elaboração da proposta
2. Seleção e aprovação
3. Efetivação e avaliação

3.2.1 Elaboração da proposta de enquadramento

Cabe às Agências de Água, as quais exercem a função de secretaria executiva do Comitê de Bacia, propor ao(s) respectivo(s) Comitê(s) de Bacia o enquadramento dos corpos de água em classes, observando o disposto nas respectivas legislações de recursos hídricos e ambiental, obedecendo aos procedimentos presentes na Resolução CNRH 91/00. Inexistindo a Agência de Bacia, cabe ao órgão gestor de recursos hídricos, em articulação com o órgão ambiental, realizar a proposição do enquadramento ao Comitê de Bacia.

A Resolução CNRH 91/00 dispõe sobre o conteúdo mínimo necessário em uma proposta de enquadramento, a saber:

- **Diagnóstico:** trata-se do reconhecimento da bacia hidrográfica na qual está inserido o corpo hídrico para o qual será proposto enquadramento, assim como a identificação das potencialidades, limitações e riscos relativos aos recursos hídricos na região. Como conteúdo mínimo necessário no diagnóstico, a Resolução CNRH 91/05 lista:

- Caracterização geral da bacia hidrográfica e do uso e ocupação do solo ;
- Identificação e localização dos usos e interferências que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água;
- Identificação, localização e quantificação das cargas das fontes de poluição pontuais e difusas atuais;

- Disponibilidade, demanda e condições de qualidade das águas superficiais e subterrâneas;
- Potencialidade e qualidade natural das águas subterrâneas;
- Mapeamento das áreas vulneráveis e suscetíveis a riscos e efeitos de poluição, contaminação, super exploração, escassez de água, conflitos de uso, cheias, erosão e subsidência, entre outros;
- Identificação das áreas reguladas por legislação específica;
- Arcabouço legal e institucional pertinente;
- Políticas, planos e programas locais e regionais existentes;
- Caracterização socioeconômica da bacia hidrográfica;
- Capacidade de investimento em ações de gestão de recursos hídricos.

- **Prognóstico:** trata-se de avaliação do impacto sobre os recursos hídricos em decorrência da implementação dos planos e programas de desenvolvimento identificados para a região na fase de diagnóstico. Para tanto, de acordo com a Resolução CNRH 91/05, devem ser avaliados cenários de curto, médio e longo prazos, realizando-se projeções considerando: a potencialidade, disponibilidade e demanda hídrica; cargas poluidoras existentes; condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos; usos pretendidos para os recursos hídricos.

- **Propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento:** considerando os usos pretendidos, devem ser estabelecidas metas de qualidade da água, levando em conta os cenários de curto, médio e longo prazos, elaborados durante a fase de prognóstico.

As metas devem ser estabelecidas tomando por base dado conjunto de parâmetros de qualidade da água, selecionados de acordo com os usos pretensos, bem como considerando o diagnóstico e prognóstico, previamente realizados. O conjunto de parâmetros selecionados, posteriormente, servirá de referencial para a seleção de ações prioritárias de prevenção, controle e recuperação da qualidade da água.

É de suma importância frisar que a condição de qualidade da água desejada deverá ser alcançada progressivamente através de metas intermediárias que permitam o alcance gradual da meta final.

- **Programa para efetivação:** trata-se de programa contendo propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de

compromisso. Conforme Resolução CNRH 91/05, o programa de efetivação deve, no mínimo, conter:

- Recomendações para os órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente que possam subsidiar a implementação, integração ou adequação de seus respectivos instrumentos de gestão, de acordo com as metas estabelecidas, especialmente a outorga de direito de uso de recursos hídricos e o licenciamento ambiental;
- Recomendações de ações educativas, preventivas e corretivas, de mobilização social e de gestão, identificando-se os custos e as principais fontes de financiamento;
- Recomendações aos agentes públicos e privados envolvidos, para viabilizar o alcance das metas e os mecanismos de formalização, indicando as atribuições e compromissos a serem assumidos;
- Propostas a serem apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimento e dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento;
- Subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacia hidrográfica.

3. 2.2. Seleção e aprovação da proposta de enquadramento

Ao Comitê de Bacia cabe realizar discussão acerca do enquadramento proposto, realizando alterações que se fizerem necessárias, quando aprovado, encaminhá-lo ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos para deliberação. Na ocasião de não haver instituído Comitê de Bacia, a proposta de enquadramento deve ser encaminhada diretamente ao Conselho de Recursos Hídricos, o qual procederá à análise e deliberação da mesma.

3. 2.3. Efetivação e avaliação do enquadramento

Após aprovação do enquadramento de dado corpo hídrico, cabe aos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos monitorarem a qualidade da água, bem como controlar, fiscalizar e avaliar o cumprimento das metas do enquadramento.

Como produto dessa ação, deve ser encaminhado, a cada dois anos, relatório técnico para os respectivos Comitês de Bacia e Conselho de Recursos Hídricos versando acerca dos corpos hídricos que não atingiram as metas estabelecidas, bem como as causas possíveis para tanto.

3.3. Experiências internacionais de enquadramento de corpos hídricos superficiais

3.3.1. Reino Unido

No Reino Unido para a classificação dos corpos hídricos superficiais de acordo com a qualidade da água utilizava-se o indicador denominado *General Quality Assessment (GQA)*, o qual tomava por base critérios químicos, biológicos e de nutrientes.

Visando a possibilidade de analisar uma maior quantidade de fontes de poluição e, por conseqüência, alcançar-se uma melhor ação para melhoria da qualidade da água, a metodologia GQA foi aprimorada considerando a *European Water Framework Directive (WFD)*. São consideradas por volta de 30 (trinta) parâmetros, agrupados em “ecológicos” e “químicos”. A classificação resultante indica se a qualidade da água (e do ambiente) é boa, bem como se há necessidade de melhoria e onde se pode/deve melhorar.

- Classificação química

A classificação de corpos hídricos segundo critério químicos é feita com observância dos padrões ambientais de substâncias, perigosas ou não, contidas no documento *Environmental Quality Standards Directive (2008/105/EC)*. A classificação por critério químicos é dada em “boa” ou “falha”, sendo considerado o pior resultado dos parâmetros analisados, ou seja, basta que um esteja fora do padrão que a classificação será “falha”. É importante ressaltar que são efetivamente monitoradas somente as substâncias das quais se tenha conhecimento prévio da existência de fontes de poluição relacionadas. Não havendo histórico de lançamentos de dada substância, considera-se que o corpo hídrico tem qualidade “boa” para esse parâmetro.

- *Classificação ecológica*

A classificação de corpos hídricos de acordo com critérios ecológicos apresenta-se como a mais importante no sistema do Reino Unido, sendo a mesma divulgada para o público em geral, tomadores de decisão e parceiros. Para tanto, são considerados 03 (três) critérios:

- **Biológicos:** toma como referência a condição de espécies tal qual peixes, algas, etc. Considera também a presença de espécies invasivas e que venham a causar distúrbios na comunidade existente.
- **Físico-químicos:** toma como referência padrões ambientais para elementos como fósforo, amônia, oxigênio dissolvido, etc.
- **Poluentes específicos:** trata de determinados poluentes, como o arsênico, considerando os padrões ambientais estabelecidos em normas.

Como resultado da avaliação ecológica a qualidade da água do rio é classificada em “alta”, “boa”, “moderada”, “pobre” ou “má”, sendo a qualidade “alta” representativa de condições de baixa perturbação, com grande proximidade das condições naturais ou condições de referência. Decrescentemente, as outras classificações representam o afastamento das condições de referência, sendo esse desvio representado como uma “proporção de qualidade ecológica”, sendo o valor 0 (zero) indicador da situação de total desvio da condição de referência e 1(um) a melhor situação.

Além dos três critérios anteriormente expostos, em casos que a qualidade do corpo hídrico seja considerada “alta”, avalia-se o grau de distúrbio hidromorfológico do rio avaliado.

- *Classificação geral*

A classificação geral considera os resultados da avaliação química e os quatro critérios da análise ecológica. Da mesma forma que nas classificações química e ecológica, considera-se para a classificação geral o pior resultado. Assim, para que determinado corpo hídrico superficial seja considerado de boa qualidade na classificação geral, o mesmo deve ser classificado em boa qualidade química e boa ou alta qualidade ecológica.

3.3.2. África do Sul

Na África do Sul o sistema de classificação de corpos hídricos estabelece 03 (três) classes de qualidade da água, denominadas “classe 01”, “classe 02” e “classe 03”. Para cada classe, devem ser definidos os usos, as restrições, os objetivos de qualidade e a porção alocável para cada uso.

Por definição, tem-se que corpos hídricos classe 01 são minimamente usados e apresentam baixa alteração em relação às condições naturais, ou seja, previamente à intervenção humana. Corpos hídricos classe 02, por sua vez, são definidos como moderadamente usados e moderada alteração em relação às condições naturais. Já corpos hídricos classe 03 são aqueles altamente usados e com alteração significativa das condições naturais.

Para a definição da classe de qualidade de determinado corpo hídrico devem ser observados sete etapas, conforme expõe o regulamento do sistema de classificação:

1. Definir a unidade de análise (bacia ou sub-bacia hidrográfica) e o *status quo* do corpo hídrico de interesse;
2. Relacionar os critérios sociais, econômicos e padrões ecológicos à qualidade atual da água;
3. Quantificar as necessidades ecológicas para a água, bem como as alterações dos ecossistemas não aquáticos;
4. Definir um cenário base ecologicamente sustentável;
5. Avaliar cenários no âmbito do processo de gerenciamento integrado de recursos hídricos;
6. Avaliar os cenários com os tomadores de decisão e setores interessados;
7. Publicar e implementar a classificação adotada.

Já para a definição das restrições são definidas oito etapas, quais sejam:

1. Avaliar as demandas hídricas humanas e ecológicas;
2. Determinar “eco-regiões”, unidades de análise e regiões de estudo;
3. Determinar a condição de referência e a condição ecológica atual e definir a sensibilidade e importância de cada região de estudo;
4. Determinar as demandas hídricas e ecológicas para cada região de estudo;
5. Determinar cenários e avaliar suas conseqüências sociais e econômicas;

6. Avaliar os cenários com os tomadores de decisão e setores interessados;
7. Formatar um programa de monitoramento;
8. Publicar e implementar as restrições.

Por fim, para a determinação dos objetivos de qualidade da água são definidos seis etapas, quais sejam:

1. Identificar os usuários de água dentro da unidade de gerenciamento do corpo hídrico em questão;
2. Identificar a condição de qualidade da água para cada uso;
3. Determinar a qualidade de água desejada para cada uso;
4. Determinar as especificações para cada uso da água;
5. Determinar as necessidades de melhoria da qualidade da água;
6. Publicar e implementar os objetivos de qualidade da água.

3.3.3. Canadá

No ano de 1987, o Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente, o qual engloba os ministros de meio ambiente os governos federal e das províncias e territórios, lançou documento intitulado “Diretrizes Canadenses para a Qualidade da Água”, o qual englobava diretrizes para diversos usos da água. Posteriormente, com a crescente preocupação com o meio ambiente, foram elaboradas diretrizes para outros recursos naturais, tais como ar, solo e sedimentos.

As diretrizes são valores nacionalmente acordados de concentrações máximas ou mínimas de parâmetros físicos, químicos, biológicos e radioativos, obtidas após estudos científicos, permitidas para cada uso. Na prática, as diretrizes servem como base para que províncias e territórios desenvolvam, de acordo com as condições locais específicas e com participação social, as ferramentas de avaliação da qualidade hídrica (critérios, objetivos, diretrizes, padrões, etc.) (CCME, 2001).

Não há uma lista exaustiva de diretrizes, havendo constante aperfeiçoamento das existentes e inclusão de novas de acordo com estudos elaborados. Atualmente, são definidas diretrizes para a qualidade da água para os seguintes usos (CCME, 2012):

- Abastecimento humano
- Recreação (contato primário e secundário) e estético

- Proteção da vida aquática
- Irrigação e dessedentação de animais

3.3.4. Japão

No Japão são estabelecidos, na Lei Básica de Meio Ambiente (1992), padrões de qualidade da água, cujo objetivo é proteger a saúde humana e conservar adequadamente a biota. Esses padrões são inicialmente propostos pela Agência do Meio Ambiente e encaminhados para o Conselho Central de Meio Ambiente para posterior aprovação.

Para a classificação de rio, são utilizados os parâmetros pH, DBO, OD, sólidos em suspensão e coliformes fecais, sendo estabelecidas classe para os usos a que as águas podem ser destinadas (NICT, 1998):

- Classe AA – Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado e preservação ambiental.
- Classe A – Abastecimento doméstico após tratamento convencional; aquicultura e recreação de contato primário.
- Classe B – Abastecimento doméstico após tratamento avançado e aquicultura
- Classe C – Água industrial, requerendo purificação regular e aquicultura
- Classe D – Água industrial, requerendo purificação avançada e irrigação
- Classe E – Água industrial, requerendo tratamento especial, e manutenção ambiental

De acordo com Leeuwestein (2002), a classificação de corpos hídricos superficiais no Japão representa o objetivo a ser alcançado e mantido. Ainda conforme Leeuwestein (2002), no processo de definição de classe do corpo hídrico não há participação popular, bem como não são avaliadas as consequências econômicas da definição da classe.

3.4. Semiárido brasileiro

A região semiárida, segundo a Portaria Interministerial 01/05, compreende área com precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a

evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL 2005a; BRASIL, 2005b).

De acordo com esses critérios, o semiárido brasileiro é composto por 1.133 municípios, os quais ocupam 982.563,3 Km² (área equivalente a 11,54% do território nacional), abrangendo os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Piauí, Minas Gerais e Bahia (BRASIL, 2005a) (Figura 01).

A região semiárida tem como bioma característico a caatinga e clima tropical semiárido. Localizado em zona de baixas latitudes, apresenta temperaturas médias anuais em torno de 26°C, com aproximadamente 3.000 horas de sol por ano (SOUZA, 2008).

Além disso, a evapotranspiração é bastante elevada, variando entre 1.000 e 3.000 mm anuais. Constata-se, assim, a tendência à ocorrência de escassez hídrica em não se praticando uma gestão satisfatória da água (SOUZA, 2008).

As formações geológicas predominantes são os embasamentos cristalinos, havendo também a ocorrência de bacias sedimentares, em menor proporção. O embasamento cristalino caracteriza-se por solos rasos, baixa capacidade de infiltração e elevado escoamento superficial. Como consequência, tem-se a baixa capacidade de formação de reservas hídricas. Tais reservas hídricas existentes no domínio do embasamento cristalino ocorrem nas fraturas das rochas e em áreas de solos aluviais. As águas armazenadas no embasamento cristalino têm qualidade inferior, com tendência à salinização.



Figura 1- Delimitação do semiárido brasileiro

Fonte: BRASIL, 2005

O domínio das bacias sedimentares caracteriza-se pela existência de solos profundos, alta capacidade de infiltração e baixo escoamento superficial. Por conseqüência, tendem a ser formados significativos reservatórios de água subterrânea, os quais apresentam boa qualidade, uma vez que estão protegidos da evaporação.

O relevo na região semiárida é composto pelas seguintes formações: chapadas altas, chapada Diamantina, planalto da Borborema, superfícies retrabalhadas, depressão sertaneja, superfícies dissecadas dos Vales do Gurguéia, Parnaíba, Itapicuru e Tocantins, bacias sedimentares, superfícies carstícas, áreas de dunas continentais, maciços e serras baixas.

O solo da região é composto, basicamente, por 15 (quinze) tipos distintos, a saber: latossolos, latossolos vermelhos escuros, solos litólicos, podzólicos, solos brunos não cálcicos, areias quartzosas, planossolos, regossolos, cambissolos, solos aluviais, solonetz-solodizados, vertissolos, rendzinas, solonchaks e brunizéns avermelhados.

Como consequência dos baixos índices pluviométricos, elevada evapotranspiração e da baixa capacidade de retenção hídrica do solo, o sistema hidrográfico presente em regiões de clima semiárido tem como característica predominante a presença de rios intermitentes.

3.4.1. Enquadramento de rios no semiárido brasileiro

Na região semiárida o enquadramento possui importância ainda mais significativa, dada a predominância de rios intermitentes, os quais possuem calha bem definida e cuja alimentação ocorre primordialmente pelo escoamento superficial. Quando das estações chuvosas, o lençol freático eleva-se a nível superior ao do leito do rio em decorrência da infiltração, contribuindo também para o fluxo hídrico na calha do rio. Durante a estiagem, o lençol freático tem seu nível reduzido, bem como cessa o escoamento superficial, não mais havendo fluxo hídrico. Como consequência, tem-se a baixa capacidade de transporte, mistura e diluição natural dos poluentes lançados nos corpos hídricos.

Como fator complicador para a uma gestão hídrica adequada, além das condições naturais e à ação antrópica, tem-se a inexistência de documentos legais específicos para corpos d'água em regiões semiáridas, especificamente rios intermitentes.

Nesse sentido, Christofidis (2001) coloca como problema da Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil a não consideração das especificidades existentes em regiões e ecossistemas de relevante interesse, bem como regiões afetadas pela seca. Como exemplo, Souza (2008) insere 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. Entretanto, considerando que a Lei 9433/97, por se tratar de um diploma legal de abrangência nacional, tende a ser mais generalista, cabendo aos documentos que a regulamentem discutir questões específicas, é necessário partir para análise das resoluções que tratam (direta ou indiretamente) do instrumento enquadramento de corpos hídricos superficiais intermitentes, quais sejam: Resolução CONAMA 357/05, Resolução CONAMA 430/11 e Resolução CNRH 91/08.

A resolução CONAMA 357/05, art. 38, §5º, no que se refere a rios intermitentes dispõe:

Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

De forma semelhante, a Resolução CNRH 91/08, Art. 2º, § 3º, dispõe acerca da temática:

O processo de enquadramento deverá 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, art. 15, trata a questão dos rios intermitentes da seguinte forma:

Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

Percebe-se, assim, que a legislação vigente trata de forma lacônica a questão do enquadramento de corpos hídricos intermitentes. A indefinição de parâmetros específicos para a classificação da qualidade da água de rios intermitentes, principalmente nos trechos sem a presença de água superficial, acarreta no prejuízo ambiental do trecho de intermitência e nos trechos à jusante. 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.

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 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 faz com que não sejam realizados os respectivos enquadramentos e torna passível de ocorrência problemas tais como a classificação única do corpo hídrico em toda sua extensão, sem a consideração dos trechos intermitentes.

Considerando todo o corpo hídrico em uma classe única, tende-se a assumir a capacidade de assimilação de cargas poluidoras 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, 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 (preponderante em situações de escassez, recorrente no semiárido), ou seja, classe 01, é possível observar nas Tabelas 1 e 2 que o padrão estabelecido pela Portaria 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”. É possível observar, também, que há parâmetros exigidos na Resolução CONAMA 357/05 que sequer são definidos na Portaria 2914/2011.

Tabela 1 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras classe 01 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros inorgânicos

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357/05	Portaria MS 2914/11	Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05
Alumínio dissolvido	mg.L ⁻¹	0,1	0,2	menos restritivo
Arsênio total	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	igual
Berílio total	mg.L ⁻¹	5,3	não definido	-
Boro	mg.L ⁻¹	0,5	não definido	-
Cádmio total	mg.L ⁻¹	0,005	0,005	igual
Chumbo total	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	igual
Cianeto livre	mg.L ⁻¹	0,001	0,07	menos restritivo
Cloro residual livre	mg.L ⁻¹	0,01	5	menos restritivo
Cobre dissolvido	mg.L ⁻¹	0,005	2	menos restritivo
Cromo total	mg.L ⁻¹	0,05	0,05	igual
Ferro dissolvido	mg.L ⁻¹	0,3	0,3	igual
Fluoreto total	mg.L ⁻¹	1,4	1,5	menos restritivo
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0,124	não definido	-
Manganês total	mg.L ⁻¹	0,1	0,1	igual
Mercúrio total	mg.L ⁻¹	0,0002	0,001	menos restritivo
Níquel total	mg.L ⁻¹	0,025	0,07	menos restritivo
Nitrato	mg.L ⁻¹	0,4	10	menos restritivo
Nitrito	mg.L ⁻¹	0,07	1	menos restritivo
N amoniacal total	mg.L ⁻¹	0,49 ¹	1,5	menos restritivo
Polifosfatos	mg.L ⁻¹	0,062	não definido	-
Prata total	mg.L ⁻¹	0,005	não definido	-
Selênio total	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	igual
Sulfetos	mg.L ⁻¹	0,002	não definido	-
Zinco total	mg.L ⁻¹	0,09	5	menos restritivo

Fonte: O autor

Tabela 2 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras classe 01 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros orgânicos

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357/05	Portaria MS 2914/11	Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05
Aldrin+dielddrin	µg.L ⁻¹	0,0019	0,03	menos restritivo
Benzeno	µg.L ⁻¹	700	5	mais restritivo
Carbaril	µg.L ⁻¹	0,32	não definido	-
Clordano (cis+trans)	µg.L ⁻¹	0,004	0,2	menos restritivo

continua

¹ A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite em termos de mg.L⁻¹N, enquanto que a Portaria MS 2914/11 na forma mg.L⁻¹ NH₃. Assim, aplicou-se o fator de conversão 0,82 para transformação de mg.L⁻¹ N em mg.L⁻¹ NH₃.

conclusão

Tabela 2 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras classe 01 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros orgânicos

2,4 - D	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10	30	menos restritivo
DDT	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,001	1	menos restritivo
Demeton	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,1	não definido	-
Dodecacloro pentaciclodecano	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,001	não definido	-
Endrin	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,004	0,6	menos restritivo
Endossulfan	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,01	20	menos restritivo
Etilbenzeno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	25	200	menos restritivo
Fenóis totais	mg.L^{-1}	0,003	não definido	-
Gution	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,01	não definido	-
Heptacloro epóxido + heptacloro	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,001	não definido	-
Lindano	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,004	2	menos restritivo
Malation	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,1	não definido	-
Metoxicloro	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,03	não definido	-
Monoclorobenzeno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	25	120	menos restritivo
Paration	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,04	não definido	-
Pentaclorofenol	$\mu\text{g.L}^{-1}$	7,9	9	menos restritivo
PCBs - bifenilas policloradas	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,03	não definido	-
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	LAS	0,2	não definido	-
2,4,5 - T	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10	30	menos restritivo
Tolueno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	215	170	mais restritivo
Toxafeno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,0002	não definido	-
2,4,5, - TP	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10	não definido	-
Tributilestanho	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,01	não definido	-
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB+1,2,4-TCB)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	80	20	menos restritivo

Fonte: O autor

Nota-se, assim, que ao se considerar somente um limite máximo para todos os usos é possível que se inviabilize outros fins para os quais a água possa ser destinada. Tal fato, em regiões de semiárido e de água salobra ganha especial importância, uma vez que somente a classe 01 pode ser destinada ao abastecimento humano e, conforme observamos nas Tabelas 1 e 2, 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 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 (Tabelas 03 e 04).

Tabela 3 - 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 – parâmetros inorgânicos

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357/05	Portaria MS 2914/11	Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05
Alumínio dissolvido	mg.L ⁻¹	0,1	0,2	menos restritivo
Antimônio	mg.L ⁻¹	0,005	0,005	igual
Arsênio total	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	igual
Bário total	mg.L ⁻¹	0,7	0,7	igual
Berílio total	mg.L ⁻¹	0,04	não definido	-
Boro	mg.L ⁻¹	0,5	não definido	-
Cádmio total	mg.L ⁻¹	0,001	0,005	menos restritivo
Chumbo total	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	igual
Cianeto livre	mg.L ⁻¹	0,005	0,07	menos restritivo
Cloreto total	mg.L ⁻¹	250	250	igual
Cloro residual livre	mg.L ⁻¹	0,01	5	menos restritivo
Cobalto total	mg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
Cobre dissolvido	mg.L ⁻¹	0,009	2	menos restritivo
Cromo total	mg.L ⁻¹	0,05	0,05	igual
Ferro dissolvido	mg.L ⁻¹	0,3	0,3	igual
Fluoreto total	mg.L ⁻¹	1,4	1,5	menos restritivo
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Lítio total	mg.L ⁻¹	2,5	não definido	-
Manganês total	mg.L ⁻¹	0,1	0,1	igual
Merúrio total	mg.L ⁻¹	0,0002	0,001	menos restritivo
Níquel total	mg.L ⁻¹	0,025	0,07	menos restritivo
Nitrato	mg.L ⁻¹	10	10	igual
Nitrito	mg.L ⁻¹	1	1	igual
N amoniacal total	mg.L ⁻¹	0,61 a 4,51	1,5	depende do pH
Prata total	mg.L ⁻¹	0,01	não definido	-
Selênio total	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	igual
Sulfato total	mg.L ⁻¹	250	250	igual
Sulfetos	mg.L ⁻¹	0,002	não definido	-
Urânio	mg.L ⁻¹	0,02	0,03	menos restritivo
Vanádio	mg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Zinco total	mg.L ⁻¹	0,18	5	menos restritivo

Fonte: O autor

Tabela 4 - 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 – parâmetros orgânicos

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357/05	Portaria MS 2914/11	Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05
Acrilamida	µg.L ⁻¹	0,5	0,5	igual
Alacloro	µg.L ⁻¹	20	20	igual
Aldrin+dieltrin	µg.L ⁻¹	0,005	0,03	menos restritivo
Atrazina	µg.L ⁻¹	2	2	igual
Benzeno	µg.L ⁻¹	5	5	igual
Benzidina	µg.L ⁻¹	0,001	não definido	-
Benzo(a)antraceno	µg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
Benzo(a)pireno	µg.L ⁻¹	0,05	0,7	menos restritivo
Benzo(b)fluoranteno	µg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
Benzo(k)fluoranteno	µg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
Carbaril	µg.L ⁻¹	0,32	não definido	-
Clordano (cis+trans)	µg.L ⁻¹	0,04	0,2	menos restritivo
2-Clorofenol	µg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Criseno	µg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
2,4 - D	µg.L ⁻¹	4	30	menos restritivo
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Dibenzo(a,h)antraceno	µg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
1,2-Dicloroetano	µg.L ⁻¹	10	10	igual
1,1-Dicloroetano	µg.L ⁻¹	3	30	menos restritivo
2,4-Diclorofenol	µg.L ⁻¹	0,3	não definido	-
Diclorometano	µg.L ⁻¹	20	20	igual
DDT	µg.L ⁻¹	0,002	1	menos restritivo
Dodecacloro pentaciclodecano	µg.L ⁻¹	0,001	não definido	-
Endrin	µg.L ⁻¹	0,004	0,6	menos restritivo
Fenóis totais	mg.L ⁻¹	0,003	não definido	-
Glifosato	µg.L ⁻¹	65	500	menos restritivo
Gution	µg.L ⁻¹	0,005	não definido	-
Heptacloro epóxido + heptacloro	µg.L ⁻¹	0,01	não definido	-
Hexaclorobenzeno	µg.L ⁻¹	0,0065	não definido	-
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
Lindano	µg.L ⁻¹	0,02	2	menos restritivo
Malation	µg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Metolacloro	µg.L ⁻¹	10	10	igual
Metoxicloro	µg.L ⁻¹	0,03	não definido	-
Paration	µg.L ⁻¹	0,04	não definido	-
Pentaclorofenol	µg.L ⁻¹	9	9	igual
PCBs - bifenilas policloradas	µg.L ⁻¹	0,001	não definido	-
Simazina	µg.L ⁻¹	2	2	igual
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	LAS	0,5	não definido	-

continua

conclusão

Tabela 4 - 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 – parâmetros orgânicos

2,4,5 - T	µg.L ⁻¹	2	30	menos restritivo
Tetracloroeto de carbono	µg.L ⁻¹	2	4	menos restritivo
Tetracloroetano	µg.L ⁻¹	10	40	menos restritivo
Tolueno	µg.L ⁻¹	2	170	menos restritivo
Toxafeno	µg.L ⁻¹	0,01	não definido	-
2,4,5, - TP	µg.L ⁻¹	10	não definido	-
Tributilestanho	µg.L ⁻¹	0,063	não definido	-
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB+1,2,4-TCB)	µg.L ⁻¹	20	20	igual
Tricloroetano	µg.L ⁻¹	30	20	mais restritivo
2,4,6-Triclorofenol	µg.L ⁻¹	10	200	menos restritivo
Trifluralina	µg.L ⁻¹	0,2	não definido	-
Xileno	µg.L ⁻¹	300	300	igual
Estireno	µg.L ⁻¹	20	20	igual
Endossulfan	µg.L ⁻¹	0,056	20	menos restritivo
Etilbenzeno	µg.L ⁻¹	90	200	menos restritivo

Fonte: O autor

Para classe 03, entretanto, embora persista a exigência pela Resolução CONAMA 357/05 de parâmetros não definidos pela Portaria 2914/2011, entre aqueles definidos a Resolução CONAMA 357/05 mostra-se menos restritiva para a maioria dos parâmetros (Tabelas 05 e 06).

Tabela 5 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 03 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros inorgânicos

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357/05	Portaria MS 2914/11	Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05
Alumínio dissolvido	mg.L ⁻¹	0,2	0,2	igual
Arsênio total	mg.L ⁻¹	0,033	0,01	mais restritivo
Bário total	mg.L ⁻¹	1	0,7	mais restritivo
Berílio total	mg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Boro	mg.L ⁻¹	0,75	não definido	-
Cádmio total	mg.L ⁻¹	0,01	0,005	mais restritivo
Chumbo total	mg.L ⁻¹	0,033	0,01	mais restritivo
Cianeto livre	mg.L ⁻¹	0,022	0,07	menos restritivo
Cloreto total	mg.L ⁻¹	250	250	igual
Cobalto total	mg.L ⁻¹	0,2	não definido	-
Cobre dissolvido	mg.L ⁻¹	0,013	2	menos restritivo
Cromo total	mg.L ⁻¹	0,05	0,05	igual
Ferro dissolvido	mg.L ⁻¹	5	0,3	mais restritivo

continua

conclusão

Tabela 5 - Comparação entre os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 03 e na Portaria 2914/2011 para água potável – parâmetros inorgânicos

Fluoreto total	mg.L ⁻¹	1,4	1,5	menos restritivo
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0,15	não definido	-
Lítio total	mg.L ⁻¹	2,5	não definido	-
Manganês total	mg.L ⁻¹	0,5	0,1	mais restritivo
Mercúrio total	mg.L ⁻¹	0,002	0,001	mais restritivo
Níquel total	mg.L ⁻¹	0,025	0,07	menos restritivo
Nitrato	mg.L ⁻¹	10	10	igual
Nitrito	mg.L ⁻¹	1	1	igual
N amoniacal total	mg.L ⁻¹	1,2 a 16,2	1,5	depende do pH
Prata total	mg.L ⁻¹	0,05	não definido	-
Selênio total	mg.L ⁻¹	0,05	0,01	mais restritivo
Sulfato total	mg.L ⁻¹	250	250	igual
Sulfetos	mg.L ⁻¹	0,3	não definido	-
Urânio	mg.L ⁻¹	0,02	0,03	menos restritivo
Vanádio	mg.L ⁻¹	0,1	não definido	-
Zinco total	mg.L ⁻¹	5	5	igual

Fonte: O autor

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

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357/05	Portaria MS 2914/11	Portaria MS 2914/11 em relação à Res. CONAMA 357/05
Aldrin+dieldrin	µg.L ⁻¹	0,03	0,03	igual
Atrazina	µg.L ⁻¹	2	2	igual
Benzeno	µg.L ⁻¹	5	5	igual
Benzo(a)pireno	µg.L ⁻¹	0,7	0,7	igual
Carbaril	µg.L ⁻¹	70	não definido	-
Clordano (cis+trans)	µg.L ⁻¹	0,3	0,2	mais restritivo
2,4 - D	µg.L ⁻¹	30	30	igual
DDT	µg.L ⁻¹	1	1	igual
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg.L ⁻¹	14	não definido	-
1,2-Dicloroetano	µg.L ⁻¹	10	10	igual
1,1-Dicloroetano	µg.L ⁻¹	30	30	igual
Dodecacloro pentaciclodecano	µg.L ⁻¹	0,001	não definido	-
Endrin	µg.L ⁻¹	0,2	0,6	menos restritivo
Endossulfan	µg.L ⁻¹	0,22	20	menos restritivo
Fenóis totais	mg.L ⁻¹	0,01	não definido	-
Glifosato	µg.L ⁻¹	280	500	menos restritivo
Gution	µg.L ⁻¹	0,005	não definido	-
Heptacloro epóxido + heptacloro	µg.L ⁻¹	0,03	não definido	-
Lindano	µg.L ⁻¹	2	2	igual
Malation	µg.L ⁻¹	100	não definido	-

continua

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

Metoxicloro	$\mu\text{g.L}^{-1}$	20	não definido	-
Paration	$\mu\text{g.L}^{-1}$	35	não definido	-
PCBs - bifenilas policloradas	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,001	não definido	-
Pentaclorofenol	$\mu\text{g.L}^{-1}$	9	9	igual
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	LAS	0,5	não definido	-
2,4,5 - T	$\mu\text{g.L}^{-1}$	2	30	menos restritivo
Tetracloroeto de carbono	$\mu\text{g.L}^{-1}$	3	4	menos restritivo
Toxafeno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,21	não definido	-
2,4,5, - TP	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10	não definido	-
Tributilestanho	$\mu\text{g.L}^{-1}$	2	não definido	-
Tricloroeteno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	30	20	mais restritivo
2,4,6-Triclorofenol	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10	200	menos restritivo

Fonte: O autor

3.5. Poluição de corpos hídricos

Para a elaboração de determinada proposta de enquadramento, bem como para a definição das ações necessárias para o alcance das metas de qualidade estabelecidas considerando os usos requeridos pela população, devem ser analisadas as fontes de poluição existentes. Nesse sentido, Freire *et. al.* (2001) afirma que, quando do gerenciamento da qualidade da água em bacias hidrográficas, devem-se levar em consideração as atividades desenvolvidas na área de análise, merecendo destaque:

- a disposição de águas residuárias de origem doméstica e industrial;
- o escoamento superficial proveniente de terras cultivadas ou de áreas sujeitas à erosão;
- o escoamento superficial proveniente de áreas submetidas à poluição atmosférica;
- compostos orgânicos tóxicos resultantes da aplicação de pesticidas na agricultura e silvicultura;
- a poluição por compostos orgânicos persistentes utilizados como catalisadores industriais, ou por compostos farmacêuticos de atividade desconhecida proveniente de rejeitos hospitalares, etc.

As fontes de poluição podem-se diferenciar como pontuais e difusas. As fontes pontuais caracterizam-se por ter a origem identificável, sendo possível o controle da qualidade, frequência e quantidade do efluente no lançamento. Como exemplo de fontes pontuais de poluição tem-se o lançamento de efluentes de indústrias e esgotos domésticos oriundos de sistemas formais de esgotamento sanitário.

As fontes difusas, por sua vez, não têm fonte de lançamento e frequência definíveis, implicando na variação da qualidade e conseqüente dificuldade de controle e monitoramento. As fontes difusas, por serem normalmente vinculadas ao escoamento superficial em resposta a um evento de precipitação atmosférica, dependem das características da bacia hidrográfica em questão, bem como do uso do solo. O lançamento de efluentes sanitários e a disposição de resíduos sólidos urbanos a céu aberto, dentre outros, são exemplos de fontes de poluição difusa.

No Quadro 01 (Novotny, 1995) indica, com base em dados obtidos nos Estados Unidos, que as fontes difusas contribuem mais significativamente que as fontes pontuais para determinados parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da água, merecendo principal atenção à DQO (Demanda Química de Oxigênio), fósforo e nitrogênio, indicativos de poluição por matéria orgânica.

Quadro 1 - Contribuição de fontes pontuais e difusas para poluição hídrica

Poluente	% das fontes pontuais	% das fontes difusas
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	30	70
Fósforo Total (P total)	34	66
Nitrogênio Total (N total)	10	90
Chumbo (Pb)	43	57
Cobre (Cu)	59	41
Cádmio (Cd)	84	16
Zinco (Zn)	30	70

Fonte: Adaptado de EPA (1984) *apud* Novotny (1995)

3.5.1. Poluição hídrica pontual

3.5.1.1. Áreas urbanas

Em áreas urbanas, como fonte pontual mais representativa tem-se o lançamento de esgoto sanitário, tratado ou não, em corpos hídricos. Para que exista essa fonte de poluição, na forma pontual, é necessário que exista ao menos serviço de coleta, transporte e destinação final de esgoto.

- Esgoto doméstico

Dentre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que apresenta menor cobertura à população. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (BRASIL, 2010), 55,2% dos municípios eram dotados de rede coletora de esgotos, enquanto que o serviço de abastecimento de água atendia a 99,4%, o serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos 100% e o serviço de drenagem e manejo das águas pluviais 94,5% dos municípios. Vale ressaltar que o valor referente ao atendimento ao serviço de esgotamento sanitário refere-se à simples existência da rede coletora, não implicando necessariamente na efetiva interligação da economia à rede.

A região Nordeste possui, ainda de acordo com a PNSB 2010, 22,4% dos domicílios com cobertura por esgotamento sanitário, enquanto o Estado da Bahia possui 28,8% dos domicílios com disponibilidade de interligação à rede. Em termos de municípios com rede coletora, o Nordeste apresenta 45,6% de cobertura e o Estado da Bahia 51,3%.

Em se tratando de esgoto tratado, entretanto, o percentual é ainda menor, com 28,5% de municípios brasileiros possuindo algum tipo de tratamento, enquanto que na Bahia apenas 20,4% dos municípios são dotados de sistemas de tratamento dos esgotos.

Como principais impactos atribuídos ao lançamento de esgoto sanitário *in natura* em corpos hídricos superficiais têm-se a redução da concentração de oxigênio dissolvido, emanação de gases e conferência de aspecto visual desagradáveis, além

da possibilidade de contaminação de animais e seres humanos através do contato, direto ou indireto, com a água.

- Esgoto industrial

O processo industrial, na maioria das cadeias produtivas, utiliza a água como auxílio no processo (lavagem de equipamentos e instalações fabris, sistemas de resfriamento, controle de finos, instalações sanitárias para funcionários etc.) e diretamente no processo (utilização nas etapas do processo ou incorporação ao produto). A parcela da água utilizada que não é incorporada a produto torna-se efluente, com características físicas, químicas e biológicas oriundas dos procedimentos e das matérias primas utilizadas no processo produtivo.

Dada a necessidade habitual de utilização de água no processo produtivo, tem-se a tendência ao desenvolvimento de atividades industriais nas proximidades de corpos hídricos superficiais, o que torna facilitada a captação de água. Por consequência, o corpo hídrico em questão pode vir a ser o destino final dos efluentes gerados pela empresa, com potencial de causar alterações de qualidade da água acima dos padrões permitidos para a classe na qual o rio esteja enquadrado, considerando seus usos preponderantes.

3.5.1.2. Áreas rurais

Em áreas rurais, além da possibilidade da existência de fontes semelhantes às áreas urbanas, como o esgoto doméstico e industrial, somam-se as atividades agropecuárias, principalmente quando se tratam de atividades desenvolvidas para produção em larga escala.

Como fontes pontuais agrícolas podem-se citar as criações intensivas de animais, havendo geração significativa de efluente concentrado, o qual pode vir a ter corpos hídricos como destinação final. Tem-se também o setor agro-industrial, sendo possível identificar e quantificar as fontes de poluição, diferentemente do que ocorre no setor agrícola de subsistência.

3.5.2. Poluição difusa

3.5.2.1. De origem atmosférica

Fontes de poluição difusa de origem atmosférica são provenientes de atividades industriais, emissões veiculares, centrais térmicas, dentre outras. As substâncias provenientes dessas atividades permanecem na atmosfera na forma de gases e/ou material particulado, sendo carregadas ao solo quando da ocorrência de precipitações atmosféricas. Através do escoamento superficial, tais poluentes alcançam corpos hídricos, afetando sua qualidade.

É importante ressaltar que, dada a grande capacidade de dispersão dos poluentes atmosféricos, o comprometimento a qualidade de determinado corpo hídrico superficial devido à poluição atmosférica não ocorre, necessariamente, em decorrência de atividades desenvolvidas nas proximidades.

3.5.2.2. Em áreas urbanas

Em áreas urbanas, com maior grau de impermeabilização do terreno, a resposta a eventos de precipitação resulta em maior volume de escoamento superficial. Como em áreas urbanas há maior concentração de habitantes, os quais geram resíduos, a carga de poluentes oriunda do escoamento superficial representa significativa fonte de poluição difusa.

Santos (2000) afirma que os principais poluentes associados à poluição difusa em meios urbanos são sedimentos, sólidos flutuantes, DBO, nutrientes, metais pesados, óleos e gorduras, agentes microbiológicos e outras substâncias tóxicas.

Dentre as fontes de poluição difusa urbana merecem destaque: o lançamento de efluentes a céu aberto, com as características do esgoto doméstico e industrial discutidas anteriormente no tópico relacionado a fontes pontuais, e a disposição inadequada de resíduos sólidos.

Conforme se observa no Quadro 2, de acordo com Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, no Brasil, embora o percentual de destinação de resíduos sólidos a aterros sanitários tenha aumentado de 1,1% (um inteiro e um décimo) em 1989 para 27,7% (vinte e sete inteiros e sete décimos) em 2008,

vazadouros a céu aberto, popularmente conhecidos como lixões, continuam representando parcela significativa do destino final dos resíduos sólidos urbanos, qual seja 50,8%(cinquenta inteiros e oito décimos).

Quadro 2 - Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos Brasil – 1989/2008

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos (%)		
	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,6	27,7

Fonte: BRASIL, 2010

Na região Nordeste 89,3% (oitenta e nove inteiros e três décimos) dos municípios dotados de serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos tem lixões como destinação final dos resíduos coletados (BRASIL, 2010).

Para o diagnóstico da situação relativa à disposição final dos resíduos sólidos na Bahia tomaram-se como base os resultados obtidos pelo programa institucional “Desafio do Lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas” elaborado pelo Ministério Público do Estado da Bahia (MP/BA) durante os anos de 2006 e 2007 (BAHIA, 2006).

Detectaram-se 438 (quatrocentos e trinta e oito) pontos de disposição de resíduos sólidos urbanos, localizados nas proximidades das sedes municipais ou de seus respectivos distritos. Destes, 326 (trezentos e vinte e seis) foram analisados segundo metodologia, desenvolvida durante o Programa Desafio do Lixo, denominada “avaliação padronizada”, sendo 276 (duzentos e setenta e seis) referentes a Lixões (84,7% - oitenta e quatro inteiros e sete décimos), 30 (trinta) a Aterros Simplificados (9,2% - nove inteiros e dois décimos) e 20 (vinte) a Aterros Convencionais (6,1% - seis inteiros e um décimo).

Percebe-se, então, que a situação da Bahia quanto à destinação final dos resíduos sólidos urbanos mostra-se pior que o cenário nacional mais atual, assemelhando-se aos dados apresentados referentes à pesquisa realizada em 1989.

Em se tratando de vazadouros a céu aberto inexistem procedimentos e estruturas para a cobertura sistemática dos resíduos, contenção e tratamento do lixiviado gerado, o qual alcança o solo e corpos hídricos superficiais em sua forma bruta, com elevado potencial de poluição.

3.5.2.3. *Em áreas rurais*

Em áreas rurais, somada aos impactos provenientes da disposição inadequada de esgoto e resíduos sólidos (comuns também a áreas urbanas), tem-se a poluição difusa em decorrência das atividades agrícolas, a qual se deve fundamentalmente à utilização de fertilizantes, levando ao incremento da concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) no corpo hídrico devido ao escoamento superficial, lixiviação e o fluxo nos macroporos.

Uma vez que há maior disponibilidade de nutrientes, a produção primária de algas e plantas aquática torna-se maior, havendo crescimento excessivo das mesmas e, por consequência, redução da concentração de oxigênio dissolvido. Dessa forma, há danos à biota aquática, além de a água tornar-se imprópria para atividades outras, tais como o abastecimento humano.

Além da poluição oriunda do aporte de nutrientes ao corpo hídrico, tem-se também a poluição por produtos químicos e metais pesados, provenientes de agrotóxicos, pesticidas e demais insumos utilizados no processo produtivo agrícola extensivo.

Em sistemas agrícolas praticados em ambientes ecologicamente frágeis, assim entendidas áreas com declividade acentuada, nascentes e margens de rios, áreas de recarga do aquífero, etc, Merten e Minella (2002) indicam que esses locais deveriam ser preservados ou submetidos a sistemas agroflorestais de baixo impacto ambiental, com a utilização dos nutrientes presentes no próprio solo e da água existente superficialmente e infiltrada devido a eventos pluviais.

Merten e Minella (2002) citam, também, sistemas de agricultura intensiva, caracterizados pela mecanização e utilização representativa de fertilizantes, herbicidas e inseticidas. A agricultura intensiva desenvolve-se, normalmente, em áreas com boa aptidão agrícola. Dessa forma, a poluição hídrica, uma vez que a operação ocorra dentro da normalidade, não apresenta riscos elevados, o que é mais comum em áreas com baixa aptidão agrícola. Entretanto, caso haja manejo inadequado do solo, com a preparação excessiva do solo ou reposição insuficiente do carbono orgânico, o solo torna-se susceptível a degradação física, tendo como consequência o aumento do escoamento superficial com o carreamento de sedimentos ao corpo hídrico, sendo que tais sedimentos contêm as substâncias oriundas dos insumos utilizados.

Associado ao uso intensivo de defensivos agrícolas e fertilizantes, a utilização de métodos pouco eficientes de irrigação incrementam a poluição difusa em áreas rurais. Por eficiência de dado sistema de irrigação pode-se entender, grosso modo, a razão entre o volume efetivamente aplicado e o volume captado para a utilização na irrigação.

Assim, percebe-se que para a minimização dos impactos negativos ao corpo hídrico, devido à poluição difusa de origem rural, é de fundamental importância a correta seleção do mecanismo de irrigação adotado. Para que se proceda à seleção da melhor forma possível devem ser consideradas as condições locais de topografia, clima, disponibilidade de energia, disponibilidade e qualidade da água, condições socioeconômicas, limitações ambientais e o tipo de cultura agrícola a ser desenvolvida.

No que tange à poluição difusa em áreas rurais, deve-se citar também a criação extensiva de animais, os quais têm livre acesso ao corpo hídrico, utilizando-o para dessedentação, higiene e disposição das excretas. Dessa forma, há contribuição de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio para o corpo hídrico, além de elevada carga de matéria orgânica, acarretando no processo de eutrofização e redução do OD no corpo hídrico.

3.6. Quantificação da carga poluidora

Questão imprescindível para que sejam adotadas quaisquer ações de melhoria da qualidade da água de determinado corpo hídrico é a quantificação das cargas poluidoras provenientes de fontes pontuais e difusas previamente identificadas.

No que se refere à carga poluidora oriunda de fontes pontuais, a quantificação não representa dificuldade significativa, uma vez que se tenha conhecimento da fonte geradora, além de ser possível a definição do regime e padrão de geração do agente poluidor. Desse modo, conhecidas as características do efluente, bem como quantidade e regime de lançamento, resta simplificada a tarefa de quantificação da carga poluente.

Quanto às cargas difusas, entretanto, a quantificação das cargas poluentes é tema que merece maior atenção devido às características desse tipo de fonte. Como dificultador para a tarefa de quantificar a carga difusa tem-se a inexistência de fonte

específica de geração, bem como a variação de qualidade e frequência de geração. Além disso, o potencial de determinada área para geração de poluição difusa é função do uso praticado, além de fatores naturais como tipo de solo, relevo, capacidade de suporte, dentre outras (GIANSANTE, 2005).

Assim, uma vez que a determinação das cargas difusas não ocorrem de forma direta, é necessário que sejam aplicadas metodologias específicas para tanto, tornando possível a estimativa da poluição de origem difusa e permitindo assim a adoção de medidas para o controle e minimização dos impactos negativos relacionados.

Novotny (2003) propõe classificação para as metodologias de quantificação das cargas difusas, da seguinte forma: unidade de carga, concentração média do evento (CME) e modelos matemáticos de simulação.

- **Unidade de carga**

Relaciona as categorias de uso do solo com valores médios de cargas poluentes por unidade de área e tempo. Ao se multiplicarem as áreas de contribuição com uso homogêneo, têm-se as cargas poluentes por unidade de tempo.

Como deficiência tem-se a não consideração das características hidrológicas e morfológicas da bacia.

- **Concentração média do evento – CME**

Por conceito, a CME é a razão entre a massa de poluente e o volume total escoado em determinado evento (HAUPT, 2009). Tem-se, assim, o potencial de geração de poluição difusa de cada evento. Conhecendo o evento e por meio de análises estatísticas estabelecem-se relações entre o pico do hidrograma, uso do solo, carga poluente etc.

Porto e Haupt (2004) afirmam que para a correta aplicação do método é necessária a realização de monitoramento de qualidade da água ao longo do desenvolvimento do hidrograma de modo a permitir a confecção do “polutograma”, que é um gráfico que relaciona a concentração de determinado poluente com o tempo.

Como fator dificultador para sua aplicação tem-se que, quanto maior seja a bacia hidrográfica, maior é a necessidade de pontos de amostragem e eventos avaliados, o que torna o custo bastante representativo.

- **Modelos matemáticos de simulação**

Existem diversos modelos, variando em complexidade e especificidade, que dão auxílio ao planejamento em uma bacia hidrográfica, abordando temas passíveis de modelação, dentre eles a poluição hídrica de origem difusa.

Como exemplo pode-se citar modelo desenvolvido por Liu, Che e Li (2005) para determinação da poluição difusa da cidade de Beijing, China, tomando por base unidades de bacia. Foram realizadas coletas de amostras (escoamento de telhados e vias) e análises laboratoriais (DBO, SS, N_{total} e P_{total}) que permitiram a dedução de modelo numérico capaz de quantificar a carga poluidora difusa considerando a variação da concentração do poluente e a intensidade do evento hidrológico.

Como o modelo baseia-se em equações obtidas diretamente de dados de monitoramento, os resultados serão tão mais confiáveis quanto maior for o número de amostras (HAUPT, 2009). Haupt (2009) afirma ainda que, devido às dificuldades associadas ao procedimento de amostragem, a aplicação do método em bacias rurais torna-se bastante dificultado.

Tem-se também, o modelo MQUAL, com origem durante o Programa de Saneamento Ambiental da Bacia de Guarapiranga, com a primeira versão elaborada em 1998 (HAUPT, 2009). O objetivo do modelo é estabelecer a relação entre uso, ocupação e manejo do solo e a qualidade da água para abastecimento público.

O modelo constitui-se de 03 (três) módulos, quais sejam: i. Geração de cargas poluidoras; ii. Abatimento da carga poluidora ao longo de rios e tributários; iii. Abatimento da carga poluidora em reservatórios.

Estudo de caso realizado em Itapeceira da Serra/SP por Lopes (2003), concluiu-se que o modelo MQUAL não apresenta sensibilidade no que se refere à implantação de MPG's que resultem na redução do aporte de cargas difusas a corpos hídricos.

Pode-se citar também o modelo XP-Aqualm, aplicado na bacia do Rio Oxley, na Austrália, por Phillips e Yu (2001). O objetivo do modelo é avaliar impactos da mudança de uso do solo e das cargas de poluição pontual e difusa para a elaboração de políticas públicas em bacias em urbanização.

O modelo XP-Aqualm possui módulo de transformação de chuva em vazão, módulo de poluição e módulo de qualidade da água. A implantação de MPG's é considerada com uma redução genérica da carga de poluentes.

O modelo matemático de qualidade da água QUAL-UFMG (Von Sperling, 2007) também possui capacidade para estimativa da carga difusa, o que ocorre por meio da aplicação da equação da mistura (eq. 01), a cada segmento do rio. Assim, a concentração de dado parâmetro no corpo hídrico à jusante do seu lançamento será resultante do cálculo de balanço de massa com as vazões e concentrações da fonte poluidora e do corpo receptor.

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

Sendo:

C_o = concentração do constituinte na mistura

C_1 = concentração do constituinte no componente 1

C_2 = concentração do constituinte no componente 1

Q_1 = vazão do componente 1

Q_2 = vazão do componente 2

O Banco Mundial, com colaboração da Organização Mundial da Saúde e da Organização Panamericana da Saúde, desenvolveu o programa DSS/IPC (Decision Support System for Integrated Pollution Control), o qual permite estimar a carga difusa poluidora em determinada área, bem como analisar estratégias, alternativas e políticas de controle da poluição. O DSS/IPC é composto de quatro bases de dados, quais sejam: processos de poluição para cada setor de atividades econômicas; principais opções de controle para cada uma das atividades poluidoras; fator de emissão para cada atividade; custos unitários para cada alternativa de controle; padrões de qualidade estabelecidos em legislação.

Para a estimativa da carga poluente, é necessário o fornecimento de informações sobre o corpo hídrico receptor, das concentrações iniciais de dado indicador de poluição, além das atividades existentes na região e dos agentes poluidores atrelados a cada uma delas. Dessa forma, o software atribui fatores de emissão para cada uma das atividades, sendo possível realizar estimativa da poluição difusa existente na área de estudo.

3.7. Abatimento da carga poluidora

Uma vez quantificada a carga poluidora, tanto de origem difusa quanto pontual, é possível verificar a necessidade de abatimento da mesma, levando-se em consideração a qualidade da água requerida para o desenvolvimento dos usos pretendidos para dado corpo hídrico.

É de fundamental importância o conhecimento de que todo corpo hídrico superficial possui capacidade intrínseca de restabelecer as condições iniciais de qualidade da água após o aporte de uma carga poluente, ao que se denomina autodepuração.

Ocorre que, por vezes, a capacidade de autodepuração de dado corpo hídrico pode não ser suficiente para a garantia do atendimento à qualidade da água requerida para o desenvolvimento satisfatório das atividades preponderantes em dado rio. Assim, é necessário que sejam previstas ações (preventivas, remediadoras e/ou corretivas) para a minimização dos impactos negativos das fontes de poluição (pontuais e difusas) sobre a qualidade das águas.

3.7. 1. Autodepuração de corpos hídricos

Corpos hídricos superficiais possuem capacidade de, após o lançamento de determinado composto, retornar às suas condições naturais iniciais. A tal característica dá-se o nome de capacidade de autodepuração, conceituada por Von Sperling (2007) como o restabelecimento do equilíbrio do meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos de efluentes. Dando maior enfoque aos compostos orgânicos, tem-se que a autodepuração consiste na estabilização da matéria orgânica, com a conversão dos compostos iniciais em gás carbônico e água, os quais não causam prejuízos ambientais (VON SPERLING, 2007).

Para que se lancem efluentes em dado corpo hídrico, portanto, devem-se considerar as capacidades de diluição, transporte e autodepuração do rio. Em se tratando de esgotos sanitários, previamente ao seu lançamento no corpo receptor, deve-se proceder ao seu tratamento, reduzindo a sobrecarga à capacidade do corpo hídrico e possibilitando-o, assim, a assimilar outras cargas de efluentes sem o comprometimento dos demais usos para os quais o rio seja destinado.

A autodepuração é, pois, um fenômeno de sucessão ecológica (Von Sperling, 2007), no qual determinada comunidade aquática tem seu equilíbrio afetado por um lançamento de despejos, resultando em desorganização e posterior reorganização, em condições diferentes das iniciais.

Após o lançamento da matéria orgânica no corpo hídrico, microrganismos aeróbios iniciam a decomposição, consumindo para tanto o oxigênio dissolvido presente na água. No consumo do oxigênio estão envolvidos os seguintes processos:

- Oxidação da matéria orgânica – os poluentes lançados são transformados em espécies mais estáveis e menos impactantes ao meio, tais como CO_2 , H_2O e NH_3^- .
- Nitrificação – bactérias autotróficas convertem a porção nitrogenada da matéria orgânica em nitritos e nitratos, usando para tal o oxigênio dissolvido na água.
- Demanda bentônica – a parcela da matéria orgânica que se deposita, por razão da sedimentação, nas porções de maior profundidade também consome oxigênio para a sua decomposição. Embora tal processo ocorra fundamentalmente pela via anaeróbia, a camada superior do lodo sedimentado, em contato direto com a massa d'água, utiliza o oxigênio dissolvido.

Além do consumo, há também produção de oxigênio, tendendo a voltar às condições iniciais, considerando que não haja novos lançamentos. A introdução de oxigênio na massa líquida ocorre por meio da reaeração atmosférica e fotossíntese.

A reaeração atmosférica consiste em um processo de troca gasosa entre a massa líquida e a atmosfera, ocorrida na interface entre os dois meios por meio de mecanismos denominados difusão turbulenta e difusão molecular.

Ocorre, verdadeiramente, uma relação de simbiose entre as bactérias decompositoras da matéria orgânica lançada no corpo d'água e as algas que reintroduzirão por meio da fotossíntese, concomitantemente com o processo de reaeração atmosférica, o oxigênio na massa líquida.

Inicialmente, com o lançamento do efluente rico em matéria orgânica, as bactérias decompositoras agirão sobre a carga poluente com o objetivo de degradá-la e transformá-la em espécies mais estáveis e menos poluidoras, utilizando para isso o oxigênio dissolvido na água. Os subprodutos resultantes dessa decomposição,

entretanto, são utilizados pelas algas em presença da luz solar para a realização da fotossíntese, reintroduzindo oxigênio na massa líquida.

Von Sperling (2007) identifica zonas no corpo hídrico de acordo com o grau de autodepuração presente (Figura 2), quais sejam:

- **Zona de águas limpas** – região anterior ao lançamento e posterior à zona de recuperação, caracterizando-se por elevada concentração de OD.
- **Zona de degradação** – região imediatamente após o lançamento, caracterizando-se por redução do OD e elevação abrupta da DBO.
- **Zona de decomposição ativa** – região na qual a concentração de OD atinge o valor mínimo.
- **Zona de recuperação** – região na qual se inicia a retomada das condições iniciais de concentração de OD e DBO.

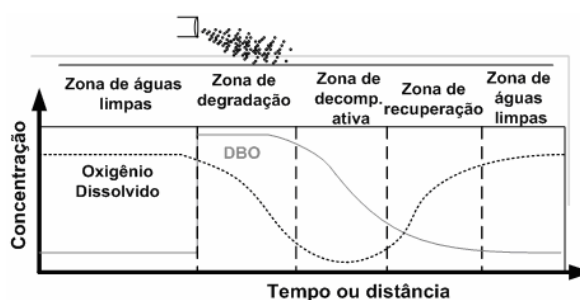


Figura 2: Divisão do corpo hídrico de acordo com o grau de autodepuração

Fonte: Von Sperling, 2007

3.7.2. Ações para abatimento de cargas poluidoras

Ao conjunto de ações que contribuem para a prevenção da poluição e abatimento das cargas poluidoras, com conseqüente melhoria da qualidade da água de corpos hídricos superficiais, dá-se o nome de “melhores práticas de gestão (MPG)” (SANTOS, 2000; TOMAZ, 2009).

Em Brasil (2007), percebe-se a importância das MPG quando se afirma que, dentre as ações necessárias para que se implemente o enquadramento de corpos hídricos, devem ser adotadas aquelas que apresentarem maior benefícios no aspecto técnico e econômico. Afirma também que as ações devem estar relacionadas a metas intermediárias progressivas, relacionando-se à redução da carga poluente e levando à melhoria da qualidade da água. Porto (1995) cita como exemplos de MPG ações

de controle de erosão, adoção de melhores práticas agrícolas e sistemas de retenção de águas pluviais.

Tomaz (2009) divide as MPG em não-estruturais e estruturais. Enquanto aquelas objetivam minimizar o aporte de poluentes e/ou reduzir o volume do escoamento superficial por meio de práticas preventivas, estas assumem a geração do escoamento e a poluição e, por meio de estruturas físicas construídas, atenuam o grau de impacto que o escoamento “bruto” geraria no corpo hídrico receptor.

Ainda de acordo com Tomaz (2009), embora ações não-estruturais tenham menor custo e maior vida útil, os benefícios resultantes de sua implantação são de quantificação mais complicada.

No que se refere às ações não-estruturais, podem-se citar medidas de planejamento, planos diretores de manejo de águas pluviais, estabelecimento de práticas de manutenção dos sistemas existentes, campanhas com foco na redução da sedimentação e erosão, programas com foco na problemática do lançamento de esgotos domésticos na rede de drenagem de águas pluviais, alteração de métodos produtivos, etc.

Castro (1986), por sua vez, propõe uma divisão diferente da realizada por Tomaz (2009) tomando por base o grau de contribuição das ações estratégicas para controle da poluição difusa contemplando ações de controle direto e indireto.

O controle indireto refere-se a ações que contribuem indiretamente para a redução da poluição por fontes difusas. Enquadram-se nessa classificação medidas punitivas (como a aplicação de impostos e/ou multas devido práticas inadequadas de gestão) e medidas compensatórias (como a concessão de subsídios em decorrência da adoção de práticas benéficas).

Já o controle direto relaciona-se a ações que contribuem diretamente para a redução da poluição por fontes difusas. Dividem-se em ações a nível macro e ações a nível micro.

O controle direto em nível macro são todas as ações não estruturais, em nível de planejamento, que tenham como resultado a redução da poluição por fontes difusas, tais como zoneamentos urbanos, disposições legais para utilização de fertilizantes pesticidas, construções de empreendimentos potencialmente poluidores, etc.

O controle direto em nível micro, por sua vez, dividem-se, de acordo com o grau de intervenção no local e geração de infraestrutura, em não-estruturais (não implicam em execução de obras de infraestrutura), semi-estruturais (são executados determinados trabalhos na área, tais como a estabilização do solo, revegetação etc.) e estruturais (relacionadas à execução de obras de infraestrutura, como a construção de tanques de armazenamento, pavimentos porosos etc.).

Adotando como critério o nível no qual se dá o controle da poluição difusa, Novotny & Olem (1994) estabelece classificação para as ações estratégicas em medidas de controle a partir da fonte, modificações hidrológicas, controle de emissão e tratamento.

As medidas de controle a partir da fonte objetivam evitar que o poluente entre em contato com o escoamento superficial. Podem ser citados como exemplo de medidas de controle na fonte (Santos, 2000): coleta sistemática de folhas em logradouros; programas informativos ao público; controle na aplicação de fertilizantes e pesticidas; gestão de resíduos sólidos; coibição a lançamentos de efluentes a céu aberto; limpeza sistemática de logradouros; implantação de sumidouros com decantação e/ou com cestos.

As modificações hidrológicas objetivam controlar a poluição difusa emitida e transportada na superfície de escoamento, tendo como exemplos as trincheiras drenantes, pavimentos permeáveis, canais poucos profundos etc. (SANTOS, 2000).

O controle de emissão objetiva atenuar os poluentes entre as áreas de origem e o meio receptor. Têm-se como exemplos as valas de filtração com vegetação, canais gramados etc. (SANTOS, 2000).

O tratamento de efluentes representa o último recurso a ser adotado, admitindo-se que não foi realizado nenhum controle na fonte ou quaisquer ações minimizadoras.

3.7.3. Serviços públicos de saneamento básico

Os serviços públicos de saneamento básico, de acordo com a Lei Federal Nº. 11.445/07, englobam: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais. Tais serviços, à exceção do abastecimento de água, implicam na redução

da carga poluente afluente a corpos hídricos superficiais, seja pela redução da concentração de dado constituinte do efluente, pelo ordenamento do escoamento superficial e conseqüente possibilidade de tratamento do mesmo ou não geração de aporte ao corpo hídrico superficial.

Vale ressaltar que na ausência de alternativas públicas de abastecimento de água e coleta, transporte e destinação final de esgoto sanitário são admitidas soluções individuais, desde que observados critérios definidos por entidades reguladoras e vinculadas à questão.

3.7.3.1. Drenagem e manejo de águas pluviais

Definido na Lei Federal Nº. 11.445/07 como “conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas”, esse serviço de saneamento atua no ordenamento do escoamento superficial gerado quando da ocorrência de eventos de precipitação atmosférica, transformando a poluição difusa em pontual e tornando possível, assim, o planejamento e a adoção de medidas que impliquem na redução da carga poluidora afluente ao corpo hídrico.

3.7.3.2. Manejo de resíduos sólidos

A decomposição natural dos resíduos sólidos gerados durante o desenvolvimento das atividades humanas tem como produto resultante o chorume, líquido com alto poder poluente. Desse modo, uma vez que a disposição dos resíduos se dê inadequadamente, ou seja, em vazadouros a céu aberto, popularmente conhecidos como “lixões”, o chorume gerado permanecerá no solo, contaminando-o e com potencial de atingir corpos hídricos superficiais, seja de forma direta ou indireta.

Como solução para que esse problema seja eliminado existem os aterros sanitários, alternativa baseada em princípios de engenharia na qual os resíduos são dispostos em células impermeabilizadas e compactados ao menor volume possível, com posterior recobrimento por solo. O chorume gerado é coletado por drenos existentes na base da célula e encaminhado para tratamento na área do aterro, havendo ou não posterior lançamento em corpo hídrico.

Embora solução tecnicamente adequada e satisfatória, é importante salientar que a mesma reflete pensamento “fim de tubo”, no qual se assume a geração de resíduos. É necessário que se evolua nesse raciocínio, com a implantação progressiva de ações que objetivem, hierarquicamente, a não geração, redução, reutilização, reciclagem de resíduos.

3.7.3.3. *Tratamento de esgoto sanitário*

Em decorrência dos riscos à saúde humana e ao ambiente natural devido à inadequada destinação final, torna-se necessário que o esgoto sanitário seja submetido a processos de tratamento previamente ao seu lançamento em corpo hídrico superficial.

O tratamento de esgoto sanitário pode ser classificado de acordo com o grau de remoção de determinado constituinte que se deseja atingir, bem como com os processos predominantes para a consecução dos objetivos (VON SPERLING, 2005).

- Tratamento preliminar – consiste, basicamente, na remoção de sólidos de maiores dimensões, além de areia e gordura flotante. Nesse grau de tratamento são realizados processos exclusivamente físicos, com o objetivo de proteger as unidades integrantes do sistema de tratamento (bombas, tubulações, etc.), bem como aumentar a eficiência das unidades seguintes. Como exemplos de equipamentos que realizam o tratamento preliminar têm-se grades, peneiras, desarenadores etc.
- Tratamento primário – tem como predominância a ocorrência de fenômenos físicos para a remoção de sólidos sedimentáveis e parcela da matéria orgânica. É possível que sejam aplicados produtos químicos que auxiliem na formação de flocos mais densos que tornem a sedimentação mais eficaz. Como exemplos de alternativas que se caracterizam por realizar o tratamento em grau primário podem-se citar tanques sépticos, tanques Imhoff etc.
- Tratamento secundário – predominam os fenômenos biológicos para a remoção da carga de matéria orgânica e nutrientes. Como exemplos podem-se citar lagoas de estabilização, sistemas de lodo ativado etc.
- Tratamento terciário – o objetivo desse grau de tratamento é a remoção de organismos patogênicos, bem como nutrientes e poluentes específicos. Podem-se

citar como tecnologias adotadas para o alcance do grau terciário de tratamento sistemas que consistem na aplicação de compostos de cloro, ozônio e sistemas formados por lâmpadas de radiação ultravioleta.

Existem variadas alternativas tecnológicas para a realização do tratamento do esgoto doméstico. Assim, é necessário que sejam realizadas análises técnicas, sociais e econômicas para que haja adequação entre a concepção do tratamento adotado e a realidade local. Como principais fatores a serem considerados quando da seleção da melhor alternativa de tratamento de esgoto merecem destaque (FRANÇA, 2012):

- Classe de qualidade da água na qual está enquadrado o corpo hídrico receptor, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, não devendo ser ultrapassados os limites dos parâmetros de qualidade da água estabelecidos para a referida classe (exceção possível na zona de mistura);
- Capacidade de autodepuração do corpo hídrico receptor;
- Eficiência requerida para o tratamento em virtude das características do esgoto bruto, devendo ser atendidas as condições mínimas de lançamento estabelecidas na Resolução CONAMA 430/11;
- Disponibilidade de área para implantação do tratamento, em face da existência de opções tecnológicas que ocupam áreas de elevadas dimensões (ex. sistemas de lagoas), assim como unidades compactas (ex. sistema de lodos ativados);
- Custos associados à alternativa (implantação, operação e manutenção), associado à realidade econômica local, uma vez que os serviços de saneamento devem ser economicamente sustentáveis, conforme preconizado na Lei 11.445/07;
- Possíveis impactos ambientais associados à alternativa, merecendo destaque, de acordo com Von Sperling (2005): geração excessiva de odores; atração de insetos; geração de ruídos; destinação inadequada do lodo; contaminação do ar, solo, subsolo, águas superficiais e subterrâneas; influência no valor de mercado dos terrenos vizinhos; incômodos diversos à população vizinha;

Como alternativas de tratamento de esgoto mais comumente utilizadas (Von Sperling, 2005) têm-se:

- Tanque séptico

- Lagoa facultativa
- Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa
- Lagoa facultativa aerada
- Lagoa aerada de mistura completa seguida de lagoa de sedimentação
- Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e lagoa de maturação
- Tanque séptico seguido de filtro anaeróbio
- Lodo ativado convencional
- Lodo ativado de aeração prolongada

Em localidades com baixa densidade demográfica e com habitações espaçadas, a adoção de soluções coletivas torna-se menos indicada, uma vez que os custos inerentes para implantação do sistema (rede coletora, estação de tratamento e demais unidades) tornam-se excessivamente altos quando rateados pela comunidade local. Desse modo, é preferível que sejam aplicadas soluções individuais para encaminhamento, tratamento e destinação final do esgoto doméstico.

As soluções individuais podem ser diferenciadas em:

- Alternativas sem veiculação hídrica (via seca): não ocorre transporte das excretas por água. Tais soluções são recomendadas principalmente para regiões em que não há oferta pública de água ou em que existe escassez hídrica. Como exemplos de soluções sem veiculação hídrica podem ser listadas:
 - fossa seca – buraco escavado no solo, com ou sem revestimento, para o qual as excretas são encaminhadas sem o uso de água. As fezes serão decompostas pelo processo de digestão anaeróbia, enquanto que os efluentes líquidos serão infiltrados no solo. Em decorrência do processo de infiltração no solo, deve-se tomar especial cuidado quanto à localização da fossa seca, sendo recomendada distância mínima de 1,5m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água; 3,0 m de qualquer árvore e rede pública de água; 15m de poços freáticos ou outras fontes de água (NBR 7229).
 - fossa estanque – diferencia-se da fossa seca pela inexistência de infiltração no solo, sendo recomendada para locais com terreno de baixa capacidade de absorção ou de lençol freático muito elevado.

○ fossa seca de fermentação – solução semelhante à fossa seca, diferenciando-se devido à existência de duas câmaras, mais rasas que a da fossa seca e com vida útil mais elevada, uma vez que cada câmara é utilizada por vez.

• **Alternativas com veiculação hídrica** – em locais com oferta de água que possibilite o uso da mesma para transporte das excretas, a solução individual mais amplamente utilizada é a fossa séptica (tanque séptico), a qual pode tanto ser aplicada como solução individual como coletiva. É uma solução de simples implantação, manutenção e operação, além de apresentar baixos custos.

O efluente proveniente do tanque séptico ainda possui elevada concentração de DBO e coliformes termotolerantes (Nuvolari *et al.*, 2003), não apresentando qualidade suficiente para lançamento em corpos hídricos e requerendo um pós-tratamento ou destinação final mais adequada.

Como pós-tratamento/destino final de efluentes de tanques sépticos podem-se citar:

• Sumidouro – também denominados poços absorventes, são indicados em terrenos com capacidade de absorção superior $40 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Quanto aos critérios locais, recomenda-se que o fundo da estrutura esteja 3,00 m acima do lençol freático (Batalha, 1986 *apud* Nuvolari *et al.*, 2003). Não há encaminhamento direto do efluente para corpos hídricos superficiais.

• Vala de infiltração – recomendadas para terrenos com capacidade de absorção entre 20 e $40 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Quanto à localização, Batalha (1986) *apud* Nuvolari *et al.*(2003) indica afastamento de ao menos 7 m de árvores de grandes raízes, 20 m dos poços ou outras fontes de água de abastecimento e 3 m acima do lençol freático. Semelhantemente aos sumidouros, não há encaminhamento de efluente a corpos hídricos superficiais.

• Vala de filtração – em terrenos com capacidade de absorção inferior a $20 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou que não atenda aos requisitos locais das opções anteriores, a vala de filtração mostra-se como destinação viável do efluente dos tanques sépticos. Diferentemente do sumidouro e vala de infiltração, haverá lançamento posterior em corpo hídrico.

3.7.4. Ações adicionais para controle da poluição difusa

A geração de poluição difusa, embora possível de ser minimizada, não pode ser eliminada totalmente, uma vez que as estruturas para coleta e direcionamento do fluxo hídrico que escoam superficialmente são projetadas considerando precipitações com tempo de recorrência que tendem a ser ultrapassados periodicamente. Assim, torna-se necessário a adoção de ações para o batimento do impacto dessas fontes difusas sobre a qualidade da água de corpos hídricos superficiais.

Assim, podem-se citar ações adicionais para controle da poluição difusa, de acordo com *Arizona Department of Environmental Quality – ADEQ* (2010):

Camada arbustiva (*Brush layer*) – trata-se de mudas de espécies vegetais plantadas nos taludes do corpo hídrico, prevenindo a ocorrência de erosão, além da redução da carga de sedimentos, matéria orgânica/nutrientes e salinidade.

Colchão arbustivo (*Brush mattress*) – trata-se de ramos de espécies vegetais entrelaçados que recobrem a face do talude, tornando o risco de erosão menor, além de realizar a redução da carga de sedimentos, matéria orgânica/nutrientes e salinidade.

Revestimento arbustivo (*Brush revetment*) – controle da erosão do talude por meio de ancoragem com árvores de maior porte. Essa MPG realiza também a redução da carga de sedimentos, matéria orgânica/nutrientes e salinidade.

Trincheira arbustiva (*Brush trench*) – mudas de espécies vegetais são colocadas no topo do talude, protegendo-o contra erosão além de agir na minimização da carga de sedimentos, matéria orgânica/nutrientes e salinidade.

Wetland construída – Wetlands, de acordo com definição da EPA (Environmental Protection Agency) e do U. S. Army Corps of Engineers (USACE) *apud* Tomaz (2009), são “áreas que estão inundadas ou saturadas na superfície ou na água subterrânea numa frequência ou duração suficiente e sob condições normais de suportar uma vegetação típica adaptada para a vida em solo saturado”.

Recobrimento vegetal da área – com o revestimento do solo por cultura agrícola tende-se a prevenir a erosão, além de atuar no controle da carga de sedimentos, salinidade e organismos patogênicos.

Bacia de detenção – bacia construída para armazenar, temporariamente, água proveniente do escoamento superficial, bem como sedimentos. Como funções principais das bacias de detenção têm-se a redução da carga de metais pesados, sedimentos, matéria orgânica, nutrientes, bem como controle da salinidade.

Faixa de filtro gramada – também denominado de biofiltro e plano de infiltração, a faixa de filtro gramada caracteriza-se como uma área recoberta por vegetação, localizada entre terrenos com diferentes usos, cujo objetivo é realizar tratamento do escoamento superficial por meio dos processos de filtração, adsorção e infiltração.

Recobrimento do solo com folhagem (*Mulching*) – com o recobrimento do solo por material não nativo, há redução do escoamento superficial, bem como proteção à erosão. Conseqüentemente, o aporte de nutrientes, matéria orgânica e sedimentos ao rio torna-se menor.

Estaqueamento vivo – trata-se de possibilitar a regeneração da mata ciliar através da implantação de mudas de espécies nativas nos taludes do corpo hídrico.

Cercamento com barreira – trata-se de cerca associada a material filtrante, que impede que sedimentos, matéria orgânica e nutrientes fluam ao corpo hídrico.

Barramento com fardos de palha – barreiras semipermeáveis para controle do aporte de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes.

Terraceamento – construção de canais ou aterros ao longo do declive para interceptar o escoamento superficial, reduzindo o aporte de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes.

Dedo de rocha (*toe rock*) – camada de rocha localizada na base de talude em processo erosivo, com o objetivo de redução do aporte de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes. Comumente é utilizado associado a outras MPG.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - BACIA DO RIO SALITRE

As informações a respeito da caracterização da Bacia Hidrográfica do Salitre (BHS) são oriundas dos seguintes documentos:

- Plano de Gerenciamento Integrado da Sub-bacia do Rio Salitre – PLANGIS, desenvolvido no ano de 2003 pelo Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia – GRH/UFBA (GRH, 2003)
- Proposta Metodológica para Enquadramento de Corpos D'água em Bacia de Regiões Semiáridas – PROENQUA, desenvolvido no ano de 2007 pelo Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia – GRH/UFBA (GRH, 2007)
- Relatório Técnico Balanço Hídrico para a Revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos, elaborado pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA (IICA, 2010)

4.1. Localização

Totalmente inserida em território baiano, a BHS localiza-se entre as longitudes de 40°22' e 41°30' oeste, e latitudes 9°27' e 11°30' sul. Como limites geográficos tem as bacias do rio Itapicuru e do Submédio São Francisco (leste), Lago do Sobradinho (norte), sub-bacias dos rios Verde e Jacaré (oeste) e bacia do rio Paraguaçu (sul). Encontra-se inserida no polígono das secas, possui balanço hídrico deficitário, com a maior parte dos rios que integram a malha de drenagem sendo intermitentes.

A área total de drenagem da bacia é de 13.467,93 Km², fazendo parte desse montante os municípios de Campo Formoso, Jacobina, Juazeiro, Miguel Calmon, Mirangaba, Morro do Chapéu, Ourulândia, Umburanas e Várzea Nova. O baixo Salitre possui 1.301,17 Km² de área, com população total de 9.330 habitantes (IICA, 2010).

A nascente do rio Salitre ocorre na Boca da Madeira, município de Morro do Chapéu, percorrendo 333,24 Km até desembocar no rio São Francisco. Os principais afluentes do Rio Salitre na margem direita são: riacho da Conceição, riacho Baixa do Sangrador, Vereda Caatinga do Moura, Riachão, riacho das Piabas e, na margem esquerda, riacho Orlando, rio do Morim, rio Preto, rio Pacuí, riacho do Escurial.

A bacia divide-se em trechos (Figura 3), quais sejam:

- Alto Salitre: da nascente até a confluência com o riacho Taquarandi.
- Médio Salitre: da confluência com o riacho Taquarandi até a confluência com o riacho Pacuí.
- Baixo Salitre: da confluência com o Riacho Pacuí até a foz no rio São Francisco.

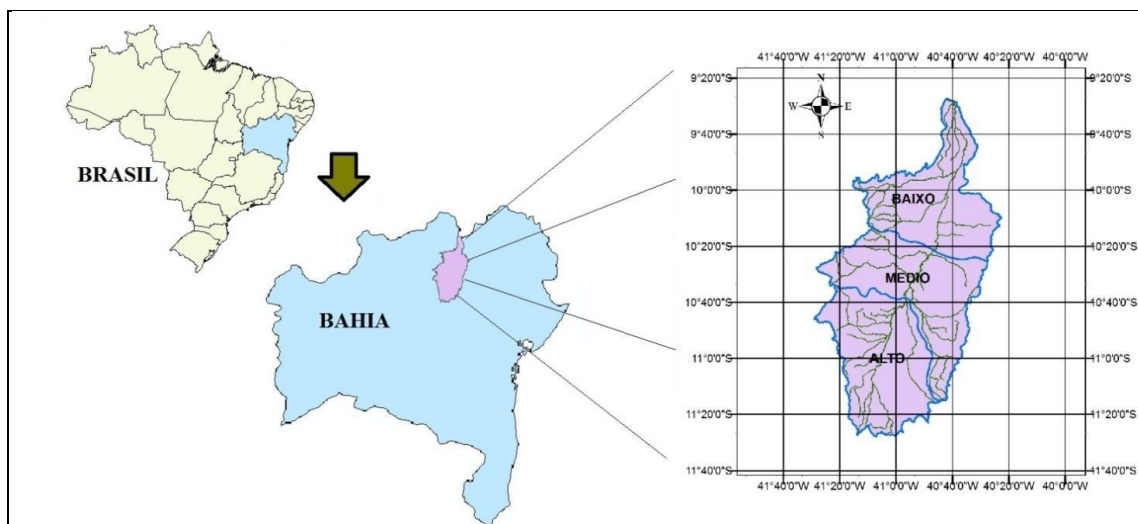


Figura 3: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre

Fonte: GRH, 2003

4.2. Climatologia

Serviram de base para o estudo climatológico da bacia do Salitre dados coletados das estações hidroclimatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a saber: Petrolina (código 00940031), Jacobina (código 001140013) e Morro do Chapéu (código 001141003).

4.2.1. Precipitação

Localizada em região de clima semiárido, a bacia do Salitre apresenta precipitação média anual em torno de 500mm, com longos períodos de estiagem. O trimestre de maior concentração de chuvas ocorre de janeiro a março, enquanto que a maior estiagem acontece entre julho e setembro.

4.2.2. Temperatura

A temperatura média na bacia do Salitre varia entre 17,1°C e 28,2°C, com julho sendo o mês com temperaturas mais baixas e o período entre os meses de novembro e fevereiro sendo o mais quente do ano.

4.2.3. Evaporação

A evaporação mensal varia de 83,1 mm a 343,4 mm, com o mês de novembro sendo aquele a apresentar os índices de evaporação mais elevados.

4.2.4. Balanço climatológico

Para a avaliação do balanço climatológico da BHS são utilizadas duas estações climatológicas, sendo uma em Morro do Chapéu (alto Salitre) e em Petrolina (mais próxima do baixo Salitre). Na estação climatológica de Petrolina tem-se excesso hídrico nos meses de fevereiro, março e abril, com déficit no restante do ano. Na estação de Morro do Chapéu ocorre déficit hídrico nos meses de maio, julho, agosto, setembro e outubro, o mesmo ocorrendo na estação de Jacobina.

4.3. Solos e cobertura vegetal

Nos trechos alto e médio da bacia, ocorre predominância de solos oriundos do granito, gnaiss, siltito e calcário, com baixa fertilidade natural.

No baixo Salitre, próximo à foz, há duas situações distintas: na zona de confluência há predominância de solos do tipo planossolo solódicos eutróficos, com baixa fertilidade para práticas agrícolas, enquanto que às margens predominam solos do tipo bruno não cálcico, com alta fertilidade natural.

A vegetação típica é a caatinga, com formação arbórea densa (baixadas) e arbórea aberta (leste da bacia). Há ocorrência também de cerrado, dos tipos arbóreo denso com floresta de galeria e arbóreo denso sem floresta de galeria.

4.4. Demanda hídrica

Em GRH (2007) subdividiu-se a bacia do Salitre em 8 pontos de confluência (PC) conforme se observa na Figura 4.

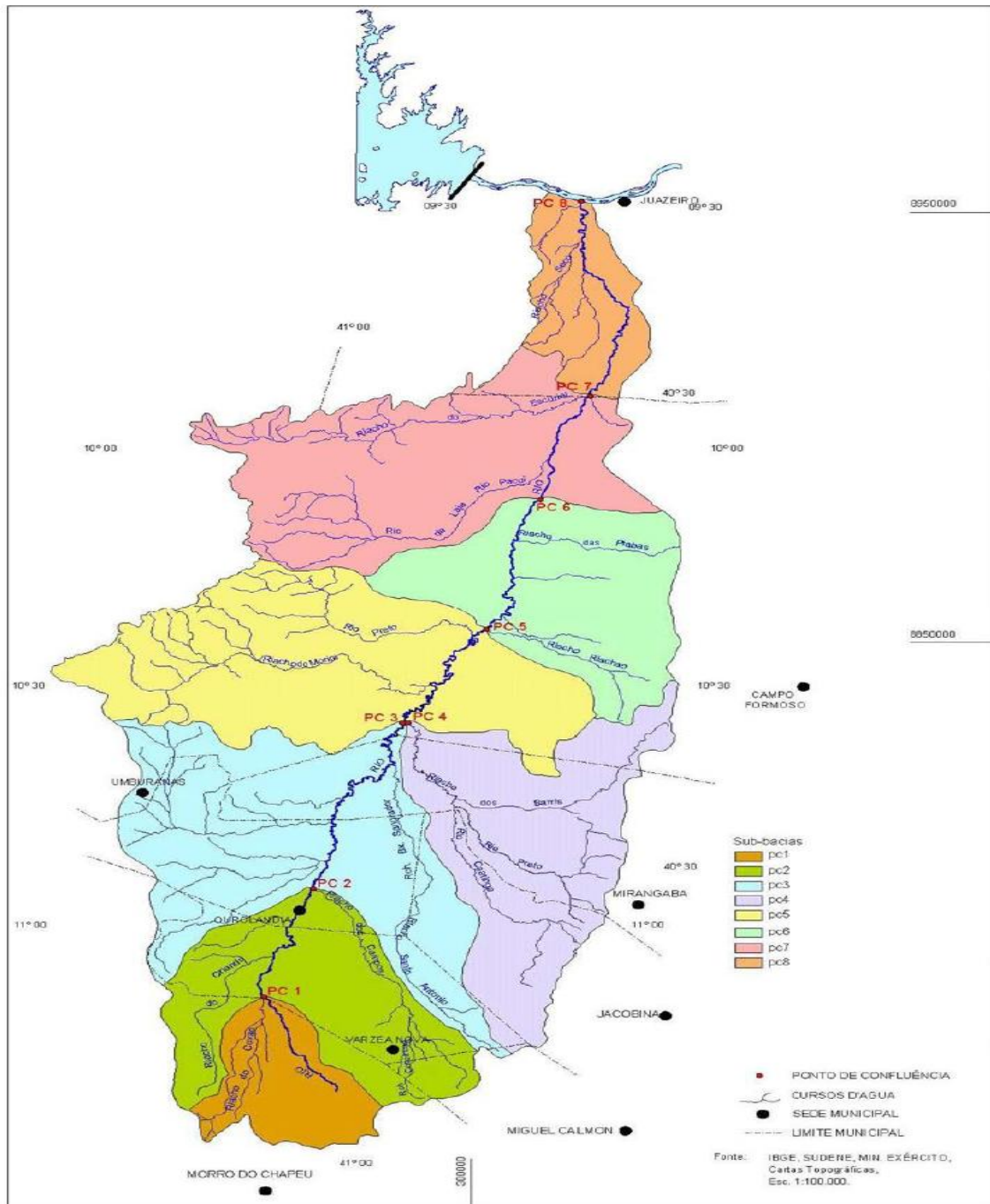


Figura 4 - Divisão da bacia do Salitre em pontos de confluência

Fonte: GRH, 2007

Foram calculadas, por PC, as demandas hídricas referentes ao abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação, usos mais comuns na bacia (Tabela 7).

Tabela 7 - Demanda hídrica por PC

PC	Demanda por setor de abastecimento (m ³ .s ⁻¹)			
	Humana	Animal	Irrigação	Total
1	0,00	0,00	1,98	1,98
2	0,03	0,01	12,76	12,80
3	0,05	0,03	39,65	39,74
4	0,01	0,02	14,52	14,55
5	0,07	0,07	71,92	72,06
6	0,08	0,07	80,73	80,88
7	0,08	0,08099	93,48	93,65
8	0,09	0,09	98,41	98,59

Fonte: GRH, 2007

4.5. Disponibilidade hídrica

De igual forma, calculou-se a disponibilidade hídrica, considerando tanto águas subterrâneas quanto superficiais (Tabela 8).

Tabela 8 - Disponibilidade hídrica por PC

PC	Disponibilidade hídrica (m ³ .s ⁻¹)		
	Superficial	Subterrânea	Total
1	0,03	0,02	0,05
2	0,06	0,12	0,18
3	0,60	0,14	0,74
4	0,16	0,09	0,25
5	1,38	0,56	1,94
6	1,42	0,93	2,35
7	1,99	1,33	3,32
8	2,14	1,76	3,90

Fonte: GRH, 2007

4.6. Balanço hídrico

Confrontando os resultados de demanda e disponibilidade, pode-se verificar quadro de déficit hídrico na bacia do Salitre (Tabela 9).

Tabela 9 - Balanço hídrico por PC

PC	Demanda hídrica (m ³ .s ⁻¹)	Disponibilidade hídrica (m ³ .s ⁻¹)	Balanço hídrico (m ³ .s ⁻¹)
1	1,98	0,05	-1,93
2	12,80	0,18	-12,62
3	39,74	0,74	-39,00
4	14,55	0,25	-14,304
5	72,06	1,94	-70,11
6	80,88	2,35	-78,53
7	93,65	3,32	-90,33
8	98,59	3,90	-94,68

Fonte: GRH, 2007

Conforme se observa na Tabela 9, o trecho do baixo Salitre, representado a partir do PC6 até o PC8, apresenta quadro desigualdade entre disponibilidade e demanda.

5. METODOLOGIA

A presente pesquisa tem por objetivo avaliar, à luz da Resolução CONAMA 357/05, isoladamente e em conjunto com a Portaria MS 2914/11, a possibilidade de destinação de corpos hídricos superficiais, localizados em regiões semiáridas, para abastecimento humano após a aplicação de ações de saneamento básico.

A metodologia adotada para alcançar os objetivos da pesquisa foi aplicada na bacia do Rio Salitre, por se tratar de bacia hidrográfica localizada em região semiárida e com limitação de disponibilidade de água para consumo humano.

5.1. Delimitação da área de estudo

Para a melhor proposição de ações para redução da carga poluidora afluente ao corpo hídrico, contribuindo assim para o alcance das metas intermediárias e final constantes do processo de enquadramento, faz-se necessário o reconhecimento dos aspectos naturais, sociais e econômicos da área de estudo.

Foi foco do presente estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Salitre, sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, localizada no semiárido nordestino. Realizou-se recorte espacial na Bacia, para efeito de análise, sendo objeto do estudo o trecho do Baixo Salitre a partir da estação fluviométrica de Abreus (ANA) até ponto no qual ocorre influência da água do Rio São Francisco, com extensão aproximada de 38 (trinta e oito) quilômetros.

Optou-se por delimitar essa área de estudo por se tratar de bacia hidrográfica característica de região semiárida, caracterizada pelo balanço hídrico deficitário. A escolha pelo trecho do baixo Salitre ocorreu por ser zona de intenso conflito relacionado ao acesso à água, bem como devido à existência de estudos anteriores sobre o enquadramento de corpos hídricos superficiais (Medeiros *et. al.*, 2009), os quais possibilitam uma melhor compreensão dos fatores naturais, sociais e econômicos presentes na região e, por consequência, tornam a proposição de ações mais segura.

Nessa etapa, utilizaram-se dados secundários e dados primários provenientes de campanhas de campo para diagnóstico situacional.

5.2. Identificação e quantificação das fontes de poluição existentes na área de estudo

A identificação das fontes de poluição afluentes ao rio, pontuais e difusas, ocorreu por meio do levantamento de dados secundários, assim como através de dados primários de coleta de amostra de água obtidos em diagnóstico de campo realizado durante as campanhas de caracterização da área de estudo.

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

Para a realização da coleta, foram selecionados pontos com base na campanha de campo para diagnóstico situacional, bem como estudos previamente realizados na área. Assim, foram definidos 04 (quatro) pontos de coleta, listados na Tabela 10.

Tabela 10 - Pontos de coleta de amostras de água

Ponto	Localização	Latitude (<i>datum</i> WGS84)	Longitude (<i>datum</i> WGS84)	Distância (Km)
1	Abreus	-09°59'49"	-40°41'34"	-
2	Curral Velho	-09°55'37"	-40°39'25"	10,5
3	Sal-Sal	-09°50'39"	-40°36'48"	12,7
4	Alegre	-09°44'52"	-40°35'24"	14,7

Fonte: O autor

As amostras coletadas foram analisadas no laboratório SENAI, no município de Petrolina – PE. Tal escolha por laboratório deveu-se à proximidade do local de coleta. Analisaram-se os parâmetros turbidez, cor, sólidos totais, DBO, OD, pH, cloreto, cobre dissolvido, fósforo total, nitrato, nitrito, N total, N-Amoniacal, sulfato, coliformes termotolerantes. Os laudos com os respectivos resultados encontram-se no Anexo A.

Considerando os valores nos limites dos trechos, aplicou-se a equação da mistura (eq.1) para a quantificação das cargas difusas presentes em cada trecho. Posteriormente, utilizou-se a ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel® para melhor ajuste.

Dessa forma, obtiveram-se os seguintes valores para poluição difusa, por trecho (Tabela 11):

Tabela 11- Quantificação da carga difusa afluente ao rio – máxima por trecho

Trecho	DBO (mg.L ⁻¹ .100m ⁻¹)	Ntotal (mg.L ⁻¹ .100m ⁻¹)	Ptotal (mg.L ⁻¹ .100m ⁻¹)	Coliformes termotolerantes (NMP.100mL ⁻¹ .100m ⁻¹)
1	0,0	20,3	3,0	1,96E+04
2	100,0	100,3	0,0	3,38E+04
3	150,0	0,5	2,0	3,13E+06

Fonte: O autor

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

5.3. Relação das ações aplicáveis para redução da carga poluidora

Para identificação de ações que resultam na redução do aporte de carga poluente aos corpos hídricos, com especial atenção a regiões semiáridas, buscaram-se informações acerca de ações de cunho estrutural e não-estrutural. Entretanto, nesta busca maior ênfase foi dada às medidas de cunho estrutural relacionadas aos serviços públicos de saneamento básico.

A seleção das ações para abatimento da carga poluidora baseou-se nas fontes de poluição com maior potencial de impacto sobre a qualidade da água do rio Salitre, com foco nos serviços de saneamento básico. Assim, a ausência de soluções adequadas de esgotamento sanitário mostrou-se a mais representativa. A questão relacionada aos resíduos sólidos não foi considerada significativa, uma vez que inexitem “lixões” no trecho em estudo.

Para abatimento da carga poluidora em decorrência da inexistência de soluções satisfatórias para destinação final dos efluentes domésticos, selecionaram-se as tecnologias mais largamente utilizadas para tratamento de esgoto, de acordo com Von Sperling (2005). Além das soluções coletivas, considerou-se a alternativa de soluções individuais, implicando na inexistência de lançamento de efluente, mesmo que tratado, na calha do rio. Não foi considerada a contribuição ao lençol freático e posterior recarga subterrânea, por conta de não ser possível tal representação no modelo de qualidade da água utilizado.

Uma vez elencadas as ações, as mesmas foram caracterizadas, com a descrição dos objetivos, eficiências na redução de cargas poluentes e custos associados à implantação, manutenção e operação de cada uma delas, o que posteriormente

subsidiará a escolha do comitê de bacia, juntamente com os dados referentes ao alcance das metas intermediárias e final do enquadramento.

Na Tabela 12, são apresentadas as eficiências típicas de remoção de DBO, Nitrogênio, Fósforo e coliformes termotolerantes, enquanto que na Tabela 13 são exibidos os custos de implantação, operação, e manutenção para cada uma das alternativas de tratamento de esgoto selecionadas.

É importante salientar que não foram considerados os custos de implantação de rede coletora, uma vez que não há diferenciação de valor por alternativa de tratamento (à exceção das alternativas individuais, nas quais não há rede coletora). A presença de estações elevatórias e outras unidades do sistema de esgotamento sanitário além da estação de tratamento não foram consideradas, uma vez que seria necessária a elaboração de projeto para a identificação dessa necessidade.

Tabela 12: Tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas (eficiências)

Ação	DBO₅ (%)	N_{total} (%)	P_{total} (%)	Coliformes termotolerantes (unidade log)
Tanque séptico	30 a 35	< 30	< 35	< 1
Lagoa facultativa	75 a 85	< 60	< 35	1 a 2
L. anaeróbia + L. facultativa	75 a 85	< 60	< 35	1 a 2
L. facultativa aerada	75 a 85	< 30	< 35	1 a 2
L. aerada mistura completa + L. sedimentação	75 a 85	< 30	< 35	1 a 2
L. anaeróbia + L. facultativa + L. maturação	80 a 85	50 a 65	> 50	3 a 5
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80 a 85	< 60	< 35	1 a 2
Lodo ativado convencional	85 a 93	< 60	< 35	1 a 2
Lodo ativado (aeração prolongada)	90 a 97	< 60	< 35	1 a 2
UASB	75	< 60	< 35	1
UASB + lagoa de polimento	77 a 87	50 a 65	> 50	3 a 5

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005

Tabela 13 - Tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas (custo)

Ação	Custo médio (R\$.hab⁻¹)	
	Implantação	Operação e manutenção
Tanque séptico	40	2
Lagoa facultativa	60	3
L. anaeróbia + L. facultativa	52,5	3
L. facultativa aerada	70	7
L. aerada mistura completa + L. sedimentação	70	7
L. anaeróbia + L. facultativa + L. maturação	75	3,75

continua

Tabela 13 - Tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas (custo)

Tanque séptico + filtro anaeróbio	105	8
Lodo ativado convencional	130	15
Lodo ativado (aeração prolongada)	105	2,5
UASB	60	2,5
UASB + lagoa de polimento	82,5	3,25

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005

5.4. Construção de cenários de abatimento da carga poluidora

Relacionou-se o elenco de ações que implicam na redução da carga poluente proveniente das fontes de poluição previamente identificadas, considerando as características naturais, sociais e econômicas da região de estudo.

Foram construídos cenários de abatimento da carga poluidora por meio da aplicação das tecnologias mais utilizadas de tratamento de esgoto sanitário. As tecnologias 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 reflete meta final a ser atingida, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, para grupo de tratamento coletivo foram simulados cenários referentes à cobertura de 50%, 75% e 100% da população, sendo o alcance da meta final (cobertura total) estimada em 15 (quinze) anos. Elaborou-se, também, cenário de abatimento da carga poluidora considerando a aplicação de soluções individuais (sem pós lançamento), para o qual se adotou 100% de implementação em 05 (cinco) anos.

Desse modo, construiu-se um total de 14 (quatorze) cenários de abatimento da carga poluidora, englobando a condição inicial, sem quaisquer ações, 12 (doze) alternativas de tratamento coletivo de esgoto com diferentes percentuais de cobertura e 01 (um) cenário com a adoção de soluções individuais (sem lançamento).

- **Cenário 01** – Condição inicial, sem tecnologia de tratamento de esgoto
- **Cenário 02** – Tratamento aeróbio/aerado – 50% de cobertura
- **Cenário 03** – Tratamento aeróbio/aerado – 75% de cobertura

- **Cenário 04** – Tratamento aeróbio/aerado – 100% de cobertura
- **Cenário 05** – Tratamento anaeróbio – 50% de cobertura
- **Cenário 06** – Tratamento anaeróbio – 75% de cobertura
- **Cenário 07** – Tratamento anaeróbio – 100% de cobertura
- **Cenário 08** – Lagoas de estabilização – 50% de cobertura
- **Cenário 09** – Lagoas de estabilização – 75% de cobertura
- **Cenário 10** – Lagoas de estabilização – 100% de cobertura
- **Cenário 11** – UASB+lagoa de polimento – 50% de cobertura
- **Cenário 12** – UASB+lagoa de polimento – 75% de cobertura
- **Cenário 13** – UASB+lagoa de polimento – 100% de cobertura
- **Cenário 14** – Soluções individuais – 100% de cobertura

Considerando que a poluição na área tem característica difusa, a simulação do efeito dos cenários sobre a carga poluidora se deu em relação à carga distribuída total, uma vez que não foi possível realizar quantificação discriminada entre a carga oriunda do esgoto doméstico e da atividade agrícola.

5.5. Escolha do modelo de qualidade da água para simulação matemática dos cenários de abatimento das cargas poluidoras

Para a simulação dos cenários e estabelecimento de classificação dos trechos consideraram-se as classes de qualidade estabelecidas na Resolução CONAMA 357/05 para o enquadramento de corpos hídricos. Uma vez que se dispunha somente de valores de concentração de parâmetros para os limites dos trechos, o que resultaria em classificação de todo o trecho na classe de pior qualidade, buscou-se ferramenta para a determinação do comportamento da qualidade da água em toda a sua extensão. Para a realização desse estudo, foi utilizado o modelo matemático de qualidade da água QUAL-UFMG, o qual realiza a modelagem dos parâmetros DBO, OD, fósforo total, nitrato, nitrito, N total, N-Amoniacal, coliformes termotolerantes.

A escolha pelo QUAL-UFMG deveu-se à simplicidade e facilidade de uso do software, bem como da possibilidade de realização de ajustes que resultem em dados de saída que respondam às questões do estudo, já que o modelo se apresenta em formato Microsoft Office Excel®. Ademais, os parâmetros simulados

representam satisfatoriamente as principais fontes de poluição diagnosticadas na região (atividades agrícolas com fertilizantes/defensivos e esgoto doméstico).

Com a simulação tornou-se possível a determinação do percentual dos trechos em cada classe de qualidade da água, de acordo com o estabelecido da Resolução CONAMA 357/05. Antes da aplicação do modelo, entretanto, buscou-se efetuar a calibração e a validação do mesmo.

A calibração consiste no ajuste do modelo, através da variação dos coeficientes, com o objetivo de se obter uma maior proximidade entre os dados observados (medidos) e os dados estimados (calculados pelo modelo), pode ser feita manualmente ou de forma automatizada através de algum método de otimização. A validação, por sua vez, consiste no teste do ajuste realizado, que se dá com a simulação do modelo com dados diferentes dos utilizados na calibração.

5.5.1. Calibração

- Dados de entrada iniciais

Inicialmente, foram determinados os seguintes dados de entrada referentes ao corpo hídrico em estudo:

- Dados do rio à montante (cabeceira)

Referem-se à vazão e à concentração dos parâmetros de qualidade da água no ponto à montante do trecho de estudo. A vazão foi obtida no sistema *HidroWeb* da ANA, enquanto que as condições de qualidade da água foram obtidas a partir das análises laboratoriais realizadas no laboratório do SENAI/PE (campanha fev/2012).

- Qualidade da água à montante do trecho em estudo

As concentrações dos parâmetros de qualidade da água à montante do trecho em estudo refere-se ao ponto 1, na estação fluviométrica de Abreus. Utilizaram-se para tanto os resultados oriundos da campanha de campo realizada em 14/02/2012, representativa do período úmido na bacia do Rio Salitre. Optou-se por realizar a calibração com dados do período úmido por o mesmo ser mais crítico em relação à concentração de poluentes no corpo hídrico, em decorrência de ser nessa época que ocorre maior aporte de poluentes ao rio por escoamento superficial e a natureza da poluição na área ser essencialmente difusa. Caso se optasse em utilizar as

informações do período seco, as concentrações dos poluentes na calha do rio seriam menores.

As concentrações dos parâmetros de qualidade no ponto à montante do trecho em estudo são listadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Concentração dos parâmetros de qualidade da água à montante do trecho em estudo

Parâmetros	OD (mg.L ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)	Ntotal (mg.L ⁻¹)	Ptotal (mg.L ⁻¹)	Coliformes termotolerantes (NMP.100mL ⁻¹)
Ponto 01	6,4	5,0	1,63	0,01	< 1,8

Fonte: O autor

- Determinação da vazão

Para calibração, utilizou-se a vazão diária de 14/02/2012 da estação fluviométrica de Abreus, cujo valor foi 1,43 m³.s⁻¹. A escolha por essa data deveu-se ao fato de os dados de qualidade de água utilizados na calibração serem referentes à coleta realizada no mesmo dia.

- Dados físicos do rio

Essa etapa da calibração do modelo refere-se à determinação do comprimento total do trecho em estudo, altitude em relação ao nível do mar, bem como a relação entre a velocidade e a profundidade com a vazão.

Com o auxílio dos softwares *ArcGis* e *AutoCad* calculou-se o comprimento total do trecho do rio, resultando em 37,9 (trinta e sete inteiros e nove décimos) quilômetros e a altitude em relação ao nível do mar, sendo obtido o valor de 509 (quinhentos e nove) metros.

Para a estimativa da velocidade e da profundidade do curso d'água, utilizou-se ajuste por análise de regressão das curvas resultantes da fórmula de *Manning*, em função da vazão, adotando-se para tal um perfil trapezoidal com largura de 1,0 (um) metro e inclinação do talude de 45° (Z=1). Para isso foram utilizados dados da estação fluviométrica de Abreus disponível no sistema HidroWeb- ANA, referentes ao período de fevereiro de 2012.

Para definição do coeficiente de *Manning*, que caracteriza a calha do rio quanto à sua rugosidade, adotou-se a média aritmética dos valores obtidos ao se aplicar a fórmula de *Manning* com os valores de vazão e seção transversal (HidroWeb –

ANA). Desse modo, o valor do coeficiente de *Manning* utilizado foi 0,019, valor equivalente a canais com leito de terra em boas condições (PORTO, 2004).

Com o auxílio do software Microsoft Office Excel® foram obtidas as curvas (velocidade x vazão) e (cota x vazão) para a obtenção das equações da velocidade e da profundidade em função da vazão, conforme se observa nos Gráficos 1 e 2.

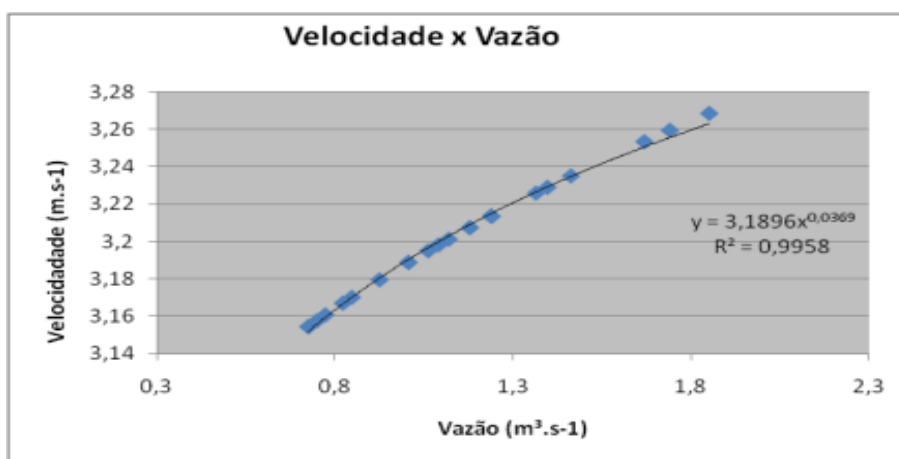


Gráfico 1 - Relação velocidade x vazão

Fonte: O autor

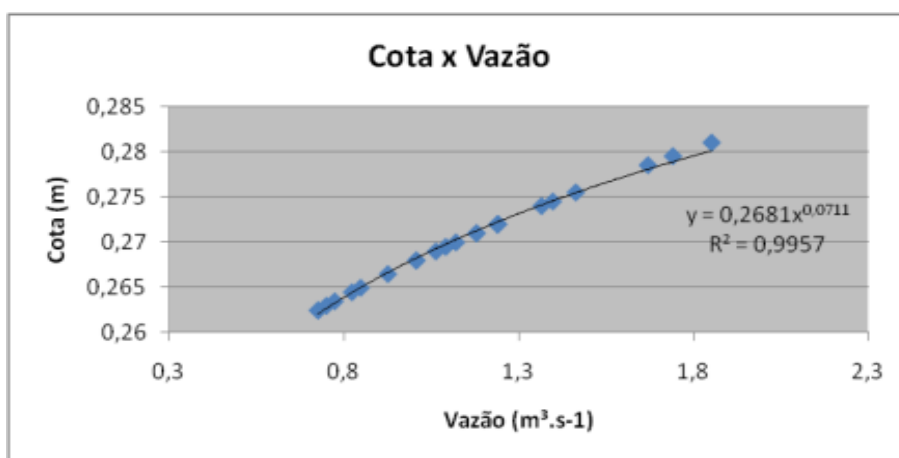


Gráfico 2 - Relação cota x vazão

Fonte: O autor

Com isso têm-se as seguintes equações (Eq. 02 e Eq.03):

$$\text{- Velocidade: } V = aQ^b \rightarrow V = 3,1896.Q^{0,0369} \quad (2)$$

$$\text{- Profundidade: } H = cQ^d \rightarrow H = 0,2681.Q^{0,0711} \quad (3)$$

A partir da escolha da vazão de entrada do modelo, pode-se obter automaticamente com as equações acima a velocidade e a profundidade do curso d'água no trecho.

Para cálculo da declividade foram utilizados os dados de perfil transversal mais recentes disponíveis no sistema *HidroWeb*. Tais dados referem-se à estação de Abreus e mais 17 (dezesete) pontos espaçados em 12 (doze) metros à jusante. Dessa forma, calculou-se a média das declividades parciais entre cada um dos pontos. Uma vez que o espaçamento entre os pontos não é constante, adotou-se a distância entre pontos como fator de ponderação a relação entre a distância ponto a ponto e a distância entre os pontos inicial e final. Dessa forma, obteve-se como declividade média o valor de $0,035 \text{ m.m}^{-1}$.

Por efeito prático, devido às limitações de dados disponíveis ao longo do trecho modelado (apenas uma estação fluviométrica atualmente em operação), optou-se por considerar estas equações representativas ao comprimento total do trecho a ser modelado assim como as respectivas variáveis fixas envolvidas.

- Coeficientes do modelo

- DBO

Os coeficientes relativos à remoção de DBO (K_1 , K_d e K_s), variáveis ao longo do rio, foram selecionados considerando a média dos valores propostos por Von Sperling (2007), presentes no Quadro 4. Para tanto, adotou-se que o trecho de corpo hídrico estudado trata-se de rio raso com contribuição de esgoto bruto concentrado. Posteriormente, para melhor ajuste, utilizou-se a ferramenta SOLVER integrante do software Microsoft Office Excel. Por fim, visando suavizar as curvas de calibração, realizou-se ajuste manual dos valores utilizados.

Quadro 3 - Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO

Origem	K_1 (laborat)	Rios rasos			Rios profundos		
		Decomp. K_d	Sediment. K_s	Remoção K_r (= K_s+K_d)	Decomp. K_d	Sediment. K_s	Remoção K_r (= K_s+K_d)
Curso d'água recebendo esgoto bruto concentrado	<u>0,35-0,45</u>	<u>0,50-1,00</u>	<u>0,10-0,35</u>	<u>0,60-1,35</u>	0,35-0,50	0,05-0,20	0,40-0,70
Curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração	0,30-0,40	0,40-0,80	0,05-0,25	0,45-1,05	0,30-0,45	0,00-0,15	0,30-0,60
Curso d'água recebendo efluente primário	0,30-0,40	0,40-0,80	0,05-0,10	0,45-0,90	0,30-0,45	0,00-0,05	0,30-0,50
Curso d'água recebendo efluente secundário	0,12-0,24	0,12-0,24	-	0,12-0,24	0,12-0,24	-	0,12-0,24
Curso d'água com águas limpas	0,08-0,20	0,08-0,20	-	0,08-0,20	0,08-0,20	-	0,08-0,20

Nota: rios rasos: profundidade inferior a cerca de 1,0 ou 1,5 m; rios profundos: profundidade superior a cerca de 1,0 ou 1,5 m

Fonte: Von Sperling, 2007

- OD

Para a definição do coeficiente de reaeração consideraram-se os valores de velocidade e profundidade de cada sub-trecho do trecho em estudo, os quais direcionaram para a aplicação da equação proposta por Owens *et. al. apud* Branco (1978) (eq.04).

$$K_2 = 5,3 \times v^{0,67} \times H^{-1,85} \quad (4)$$

Para:

$$0,1\text{m} \leq H \leq 0,6\text{m}$$

$$0,05\text{m.s}^{-1} \leq v \leq 1,5\text{m.s}^{-1}$$

Posteriormente, para melhor ajuste, utilizou-se a ferramenta SOLVER integrante do software Microsoft Office Excel. Por fim, visando suavizar as curvas de calibração, realizou-se ajuste manual dos valores utilizados.

- Nitrogênio

Para a determinação dos coeficientes relativos à modelagem do nitrogênio (K_{so} , K_{oa} , K_{an} , K_{nn} , K_{nitr} , S_{namon} , O_2N_{amon} , O_2N_{nitri}) consideraram-se as faixas de valores propostos no modelo QUAL-UFMG para características distintas de corpos hídricos.

Posteriormente, para melhor ajuste, utilizou-se a ferramenta SOLVER integrante do software Microsoft Office Excel. Por fim, visando suavizar as curvas de calibração, realizou-se ajuste manual dos valores utilizados (Tabela 15).

Tabela 15 - Coeficientes adotados para modelagem do nitrogênio

Coeficiente	Símbolo	Valor adotado
Coef. sedimentação Norg (1/d)	K_{so}	0,05
Coef. conversão Norg-Namon (1/d)	K_{oa}	0,2
Coef. conversão Namon-Nnitrito (1/d)	K_{an}	0,1
Coef. conversão Nnitrito-Nnitrito (1/d)	K_{nn}	1,00
Coef. liberação Namon pelo sedimento de fundo (g/m ² .d)	S_{namon}	0,50
O ₂ equiv. conversão Namon-Nnitrito (mgO ₂ /mgNamon oxid)	O_2N_{amon}	3,30
O ₂ equiv. conversão Nnitrito-Nnitrito (mgO ₂ /mgNnitrito oxid)	O_2N_{nitri}	1,10
Coef. inibição da nitrificação por baixo OD	k_{nitr}	0,60
Fração de amônia livre	f_{NH_3}	0,031

Fonte: O autor

- Fósforo

Para a determinação dos coeficientes relativos à modelagem do fósforo (K_{spo} , K_{oi} , $Spinorg$) consideraram-se as faixas de valores propostos no modelo QUAL-UFMG para características distintas de corpos hídricos.

Posteriormente, para melhor ajuste, utilizou-se a ferramenta SOLVER integrante do software Microsoft Office Excel. Por fim, visando suavizar as curvas de calibração, realizou-se ajuste manual dos valores utilizados (Tabela 16).

Tabela 16 - Coeficientes adotados para modelagem do fósforo

Coeficiente	Símbolo	Valor adotado
Coef. sedimentação Porg (1/d)	K_{spo}	0,1
Coef. conversão Porg-Pinorg (1/d)	K_{oi}	0,01
Coef. liberação Pinorg pelo sedimento de fundo (g/m ² .d)	$Spinorg$	0

Fonte: O autor

- Coliformes termotolerantes

Para a determinação do coeficiente relativo à modelagem da variação de concentração de coliformes termotolerantes (K_b), partiu-se da média da faixa de valores propostos por Von Sperling (2007). Para melhor ajuste, posteriormente utilizou-se a ferramenta SOLVER integrante do software Microsoft Office Excel. Por fim, visando suavizar as curvas de calibração, realizou-se ajuste manual dos valores utilizados. Após a realização dos devidos ajustes, adotou-se $K_b=1,5 \text{ d}^{-1}$.

• Vazão distribuída incremental

Para a determinação da vazão distribuída incremental utilizou-se informação presente em GRH (2003) relativo à demanda 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 $0,00021 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

• Captação

Uma vez que se realizou raciocínio que possibilitou estimar a vazão distribuída incremental com base na demanda para irrigação, estimou-se a captação necessária para tanto. Assim, considerando que do volume captado há retorno de 20% para o corpo hídrico, chegou-se ao valor de captação de $0,00105 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Tal valor mostrou-se coerente com a realidade, uma vez que foi constatado *in loco* que ao fim do

trecho 3 o fluxo hídrico cessa, sendo encontrado o mesmo resultado no modelo QUAL-UFMG.

5.5.2. Validação

Os pontos de limite dos trechos na área de estudo não dispõem de banco de dados com séries de informações relativas à qualidade da água. Assim, com objetivo de viabilizar a realização da validação foram realizadas duas campanhas de coleta para cada período (úmido e seco). Uma vez que a calibração se deu para o período úmido (coleta 14/02/2012), no qual há maior contribuição por poluição difusa, a validação ocorreria com os resultados da outra campanha realizada no período úmido (09/04/2012).

Entretanto, os resultados obtidos mostraram-se deveras incoerentes. Tal fato pode ser atribuído à natureza essencialmente difusa da poluição existente na área, sendo a carga afluente devida ao escoamento superficial decorrente de precipitações atmosféricas ou retorno da atividade irrigante. Desse modo, é possível ocorrer a variação da qualidade da água em diferentes períodos de coleta a depender do volume de escoamento superficial no intervalo de tempo recente antes do momento da coleta.

Há de se ressaltar também problemas com o laboratório SENAI/Petrolina, no qual se realizaram as análises das amostras de água. Após exame dos laudos laboratoriais expedidos pela referida instituição, foram constatadas diversas incoerências e irregularidades nos documentos, podendo ser listadas a título de exemplo: a ausência do valor ou atribuição de valor zero ao LDM (limite de detecção do método), data de realização do ensaio acima do prazo mínimo para garantia da validade da amostra (as quais foram entregues imediatamente após a coleta), etc. Estabeleceu-se contato com o laboratório na tentativa de sanar os problemas verificados, mas não se obteve sucesso.

Assim, além da possibilidade de variação das condições naturais do rio Salitre, soma-se a possibilidade de existência de falhas no laboratório utilizado. Desse modo, não foi possível a realização da etapa de validação da calibração realizada.

Para que tal dificuldade fosse sanada seria necessária a realização de séries de campanhas de campo para coleta e análises de amostras de água em quantidade

que permitisse o ajuste fino da calibração e uma validação satisfatória. Entretanto, dada a limitação de tempo existente para a realização dessa pesquisa, não foram possíveis novas idas a campo.

A ausência da validação não permite a verificação da qualidade da calibração realizada. Desse modo, existe a possibilidade de os resultados do modelo QUAL-UFMG apresentarem margem de variação significativa em relação à realidade.

Entretanto, uma vez que a modelagem matemática não foi o objetivo principal do trabalho, servindo como ferramenta para explicitar a restrição excessiva da Resolução CONAMA 357/05 no que tange à possibilidade de destinação da água para consumo humano, a ausência da validação não prejudicou demasiadamente a discussão.

5.6. Verificação do efeito dos cenários sobre a qualidade da água

A avaliação da eficiência das ações na remoção de poluentes realizou-se de acordo com informações existentes em literatura específica relacionada à questão. O efeito da aplicação das mesmas sobre a qualidade da água da área em estudo ocorreu tomando por base os resultados da simulação realizada com o modelo matemático de qualidade da água QUAL-UFMG.

De acordo com o artigo 10 da Resolução CONAMA 357/05, que dispõe que os “valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referencia”, bem como para a simulação de condições de maior escassez hídrica, a simulação dos cenários foi realizada considerando a vazão de referência.

No Estado da Bahia adota-se como vazão de referência aquela com 90% de garantia de ocorrência (Q_{90}), conforme se verifica na Instrução Normativa nº 01 /2007 (INEMA). Pela análise da série histórica da estação de Abreus, foi visto que a mesma entrou em operação a partir de agosto de 1984 e se encontra em operação até os dias atuais.

Após análise do Gráfico 8, que demonstra a curva de permanência construída verifica-se que o valor da Q_{90} para o trecho em questão é de aproximadamente 0,3 m³/s.

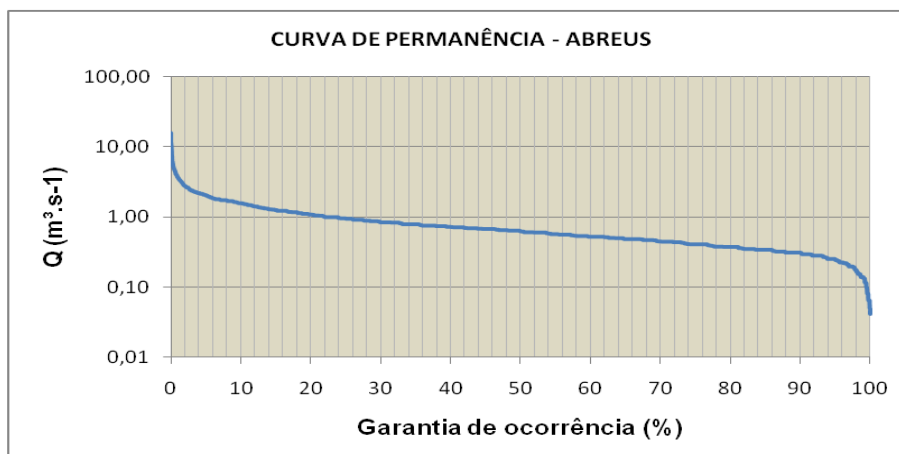


Gráfico 3 - Curva de permanência – estação de Abreus

Fonte: O autor

Avaliou-se, inicialmente, a salinidade da água em todos os pontos pelo método da clorinidade (Salinidade (‰) = 1,80655 x concentração de cloretos). O resultado é exibido na Tabela 17.

Tabela 17 - Avaliação da salinidade dos trechos em estudo

Ponto	Cloretos (‰)	S (‰)	Classificação
Ponto 01	0,094	0,170	DOCE
Ponto 02	0,079	0,143	DOCE
Ponto 03	0,120	0,218	DOCE
Ponto 04	0,122	0,221	DOCE

Fonte: O autor

Embora a definição da salinidade indique que a água do rio Salitre seja doce, foram simulados os cenários também considerando água salobra, uma vez que a região semiárida possui como característica a presença de rios com águas salobras, além do fato de a classificação quanto à salinidade do rio Salitre refletir situação pontual do momento da coleta.

Considerando o disposto na Resolução CONAMA 357/05, Art.8º, §6º, os valores de referência dos parâmetros nitrogênio e fósforo para a situação de água salobra foram iguais aos estabelecidos para as classes equivalentes na condição de água doce.

Os resultados para cada cenário foram apresentados em termos de extensão do trecho em cada classe de qualidade. É importante ressaltar que para a classificação do trecho considerou-se a classe de qualidade mais baixa dentre os parâmetros observados (OD, DBO, N_{total} , P_{total} , Coliformes termotolerantes).

5.7. Avaliação da possibilidade de destinação ao consumo humano

Avaliou-se a possibilidade de destinação das águas superficiais do rio Salitre para consumo humano tomando como referência os padrões da Resolução CONAMA 35705 isoladamente e em conjunto com a Portaria MS 2914/11.

5.8. Definição de custos (implantação, operação e manutenção) dos cenários

Os custos das ações (implantação, operação e manutenção) foram definidos com base em literatura relacionada ao tema.

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Identificação das fontes de poluição

Para a realização do diagnóstico qualitativo do rio Salitre no trecho estudado foi realizada campanha de campo em agosto de 2011. Verificou-se que o trecho em estudo, compreendendo porções dos municípios de Campo Formoso e Juazeiro, possui características essencialmente rurais.

Não há desenvolvimento de atividades industriais, sendo a agricultura irrigada a prática de maior destaque. A ocupação humana se dá nas proximidades da calha do Rio Salitre, com a distribuição de residências ocorrendo de forma esparsa, havendo pequenos núcleos populacionais isolados. Não existe representativa contribuição por poluição pontual, predominando a forma difusa. Como principais fontes de poluição identificadas, merecem destaque:

- **Disposição inadequada de resíduos sólidos** – como problema recorrente em diversos municípios da Bahia, notadamente na zona rural, inexistem 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, ocorre 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 ser prática comum a lavagem de roupas na calha do rio, com as embalagens e demais resíduos dos produtos de limpeza sendo deixados no 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. Uma vez que se utilizam sabões e detergentes para o desenvolvimento dessa atividade, os quais são ricos em nutrientes, há comprometimento da qualidade da água do rio em decorrência da aceleração do processo de eutrofização.

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

Embora a adoção de soluções individuais seja adequada em regiões com distribuição esparsa de residências, como parcela significativa do trecho estudado, é necessário que as mesmas sejam devidamente projetadas e operadas. Uma vez que não haja observância a critérios técnicos quando da implantação, operação e manutenção das soluções individuais, 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 corpos hídricos, 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 CODEVASF e CHESF, bem como propriedades privadas nas quais se desenvolve a agricultura irrigada.

Associado ao uso não ordenado de agrotóxicos e fertilizantes, tem-se a utilização, na maioria das atividades agrícolas irrigadas, do método de sulcos, método de baixa eficiência. Como consequência, há retorno ao rio de parcela significativa do volume hídrico utilizado, carreando agrotóxicos e demais substâncias ao corpo hídrico.

6.2. Resultado da calibração

Após o procedimento de calibração realizou-se análise visual (Gráficos 3 a 7) e do coeficiente de determinação R^2 (Tabela 18). Assim, obtiveram-se resultados satisfatórios para os parâmetros OD, DBO e coliformes em todos os trechos. Para os parâmetros “nitrogênio total” e “fósforo total” observou-se má representação após a ocorrência de picos de concentração dos parâmetros, sendo a recuperação da qualidade do corpo hídrico demonstrada abaixo do observado pelos resultados das análises da qualidade da água. Tal fato, entretanto, é preferível a uma má

representação de picos de concentração, uma vez que se objetiva com o presente trabalho verificar o resultado de ações para a redução da carga poluidora.

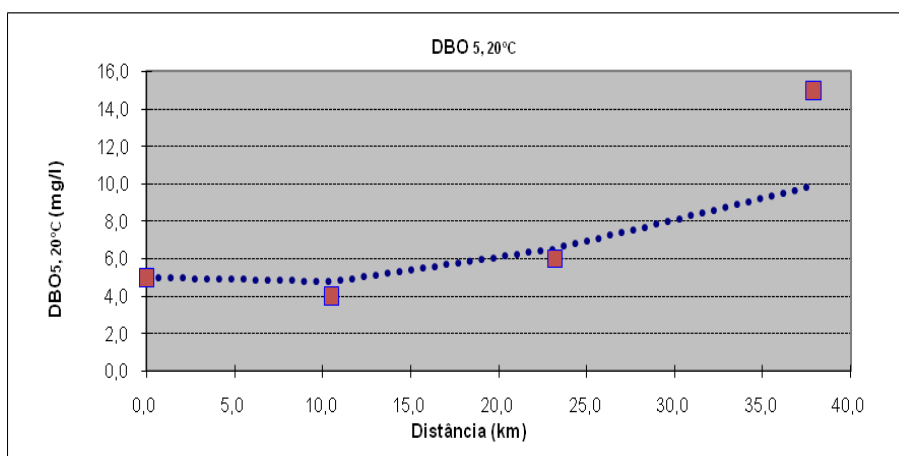


Gráfico 4 - Resultado da calibração para DBO

Fonte: O autor

Obs.: Os quadrados em vermelho representam os limites dos trechos

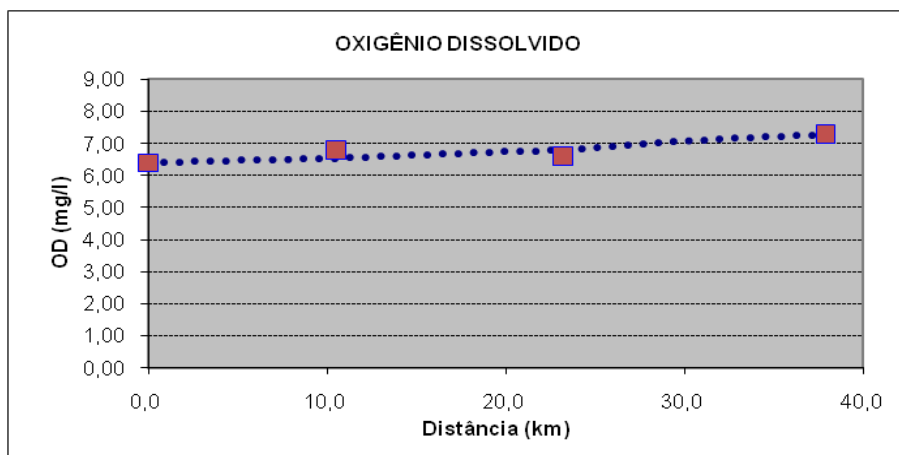


Gráfico 5 - Resultado da calibração para OD

Fonte: O autor

Obs.: Os quadrados em vermelho representam os limites dos trechos

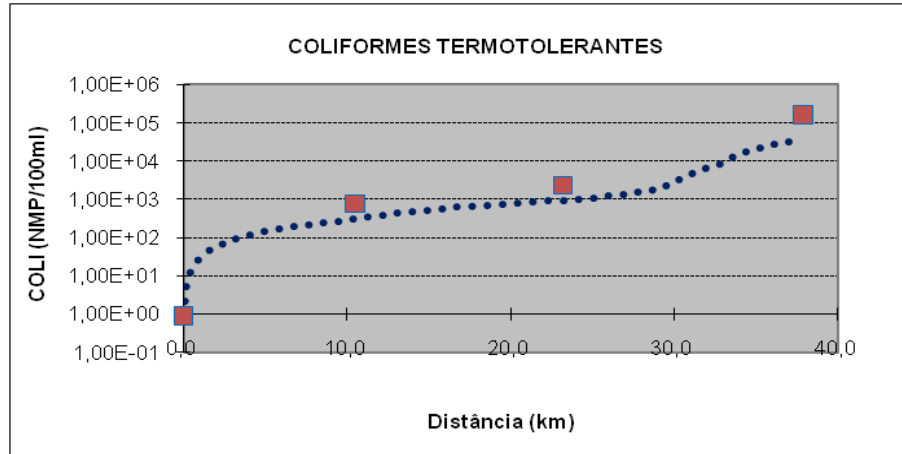


Gráfico 6 - Resultado da calibração para coliformes termotolerantes

Fonte: O autor

Obs.: Os quadrados em vermelho representam os limites dos trechos

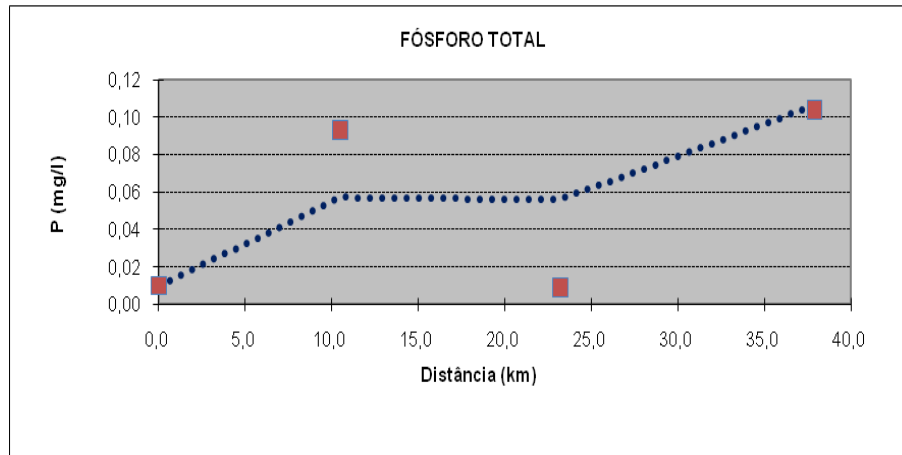


Gráfico 7 - Resultado da calibração para fósforo total

Fonte: O autor

Obs.: Os quadrados em vermelho representam os limites dos trechos

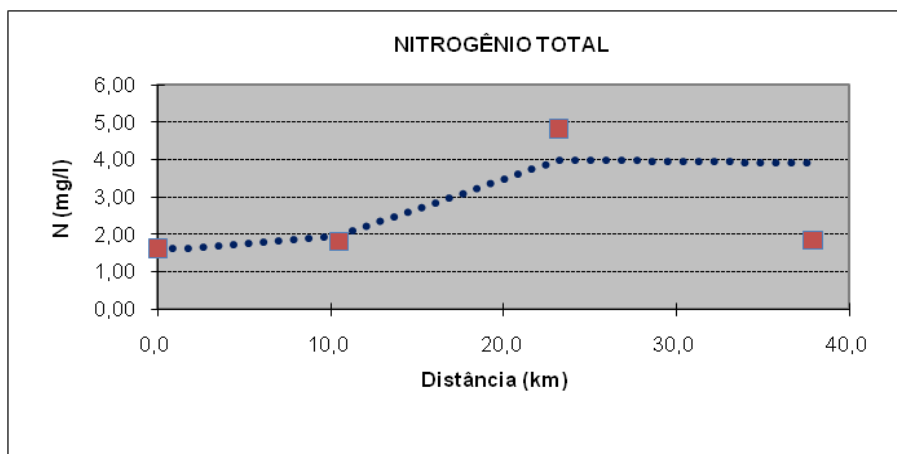


Gráfico 8 - Resultado da calibração para nitrogênio total

Fonte: O autor

Obs.: Os quadrados em vermelho representam os limites dos trechos

Tabela 18 - Coeficiente de determinação após calibração

Parâmetro	R ²
DBO	0,96
OD	0,78
Ntotal	0,40
Ptotal	0,57
Colif. Termotolerantes	0,99

Fonte: O autor

6.3. Simulação dos cenários

As tabelas 19, 20, 21, 22, 23 e 24 mostram os resultados para a condição inicial, tanto em termos de percentual de extensão em cada classe de qualidade como a redução necessária para alcance de classe de qualidade mais nobre. 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 o que a água pudesse ser destinada ao consumo humano seria necessário qualidade compatível com a classe 03 ou superior, ainda sendo necessário tratamento convencional ou avançado para tal uso.

Tabela 19 - Percentual de extensão do trecho 01, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce)

	OD	DBO	P	COLI	NTOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Classe 01	100,00	0,00	39,05	13,33	100,00	
Classe 02	0,00	100,00	0,00	56,19	0,00	4
Classe 03	0,00	0,00	20,00	30,48	0,00	
Classe 04	0,00	0,00	40,95	0,00	0,00	

Fonte: O autor

Tabela 20 - Percentual de extensão do trecho 02, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce)

	OD	DBO	P	COLI	NTOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Classe 01	100,00	0,00	0,00	0,00	68,75	
Classe 02	0,00	9,38	0,00	0,00	0,00	4
Classe 03	0,00	42,19	0,00	73,44	21,88	
Classe 04	0,00	48,44	100,00	26,56	9,38	

Fonte: O autor

Tabela 21 - Percentual de extensão do trecho 03, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água doce)

	OD	DBO	P	COLI	NTOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Classe 01	94,59	0,00	0,00	0,00	18,92	
Classe 02	5,41	0,00	0,00	0,00	0,00	4
Classe 03	0,00	0,00	0,00	0,00	8,78	
Classe 04	0,00	100,00	100,00	100,00	72,30	

Fonte: O autor

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, igualmente à condição de água doce classe 04, a navegação e a harmonia paisagística.

Vale observar que para os parâmetros coliformes termotolerantes 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 22 - Percentual (%) de extensão do trecho 01, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra)

	OD	DBO	P	COLI	NTOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Classe 01	100,00	-	39,05	69,52	100,00	
Classe 02	0,00	-	0,00	30,48	0,00	3
Classe 03	0,00	-	20,00	0,00	0,00	

Fonte: O autor

Tabela 23 - Percentual (%) de extensão do trecho 02, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra)

	OD	DBO	P	COLI	NTOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Classe 01	100,00	-	0,00	0,00	68,75	
Classe 02	0,00	-	0,00	31,25	0,00	3
Classe 03	0,00	-	0,00	42,19	21,88	

Fonte: O autor

Tabela 24 - Percentual (%) de extensão do trecho 03, por classe de qualidade e classificação atual considerando a Resolução CONAMA 357/05 (água salobra)

	OD	DBO	P	COLI	NTOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Classe 01	100,00	-	0,00	0,00	18,92	
Classe 02	0,00	-	0,00	0,00	0,00	3
Classe 03	0,00	-	0,00	0,00	8,78	

Fonte: O autor

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) e fósforo e nitrogênio (indicando contribuição de atividades agrícolas). Assim, resta indubitável a necessidade de aplicação de ações para que a água superficial disponível na região torne-se apta à destinação 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.

A seguir, são exibidos os resultados das simulações dos cenários construídos (Tabelas 25, 26 e 27 – água doce; Tabelas 28, 29 e 30 – água salobra):

Tabela 25 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 01 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Ptotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	47	52	59	28	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	72	47	0	4	4	4
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	27	30	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	21	11	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	47	52	59	28	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	72	47	0	4	4	4
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	27	30	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	21	11	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	51	61	75	27	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	73	47	0	4	4	4
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	31	25	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	8	0	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa polimento	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	51	61	75	27	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	73	47	0	4	4	4
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	31	25	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	8	0	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Tabela 26 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 02 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Ptotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	20	45	100	0	0	0	0	0	0	16	70	0	4	4	4
		3	0	0	0	80	55	0	7	0	0	0	0	26	84	30	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	74	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	17	30	100	0	0	0	0	0	16	70	0	4	4	4	
		3	0	0	0	76	70	0	0	0	0	0	26	84	30	0				
		4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	100	100	74	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	17	30	100	0	0	0	0	0	16	70	0	4	4	4	
		3	0	0	0	76	70	0	0	0	0	46	100	84	30	0				
		4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	100	54	0	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa polimento	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	17	31	100	0	0	0	0	0	16	70	0	4	4	4	
		3	0	0	0	78	69	0	0	0	0	46	100	84	30	0				
		4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	100	54	0	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	5	5	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	95	95	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			2
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Tabela 27 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 03 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Ptotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	0	0	89	69	100	100	0	0	0	0	0	43			
		2	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4	4	4
		3	0	0	0	3	48	0	31	0	0	0	0	2	24	40	18			
		4	0	0	0	97	52	0	0	0	0	100	100	98	76	60	22			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	0	0	0	69	100	100	0	0	0	0	0	43			
		2	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4	4	4
		3	0	0	0	0	24	91	31	0	0	0	0	2	24	40	18			
		4	0	0	0	100	76	0	0	0	0	100	100	98	76	60	22			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	0	0	0	78	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4
		3	0	0	0	0	24	91	22	0	0	0	4	16	23	40	0			
		4	0	0	0	100	76	0	0	0	0	100	96	84	77	60	0			
11 a 13	UASB+lagoa polimento	1	100	100	100	0	0	0	78	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4
		3	0	0	0	0	27	77	22	0	0	0	4	16	23	40	0			
		4	0	0	0	100	73	0	0	0	0	100	96	84	77	60	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	64	64	64	100	100	100			
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	24	0	0	0			4
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	11	0	0	0			

Fonte: O autor

Tabela 28 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 01 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Ptotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	47	52	59	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	25	27	30	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	47	52	59	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	25	27	30	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	51	61	75	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	27	31	25	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa de polimento	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	51	61	75	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	27	31	25	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Obs. Para águas salobras, não há definição de limite de DBO

Obs. Para os parâmetros coliformes termotolerantes 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 29 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 02 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Ptotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	0	0	0	16	70	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	84	30	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	26	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	0	0	0	16	70	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	84	30	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	26	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	0	0	0	16	70	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	84	30	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	46	100	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa de polimento	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	0	0	0	16	73	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	84	27	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	46	100	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Obs. Para águas salobras, não há definição de limite de DBO

Obs. Para os parâmetros coliformes termotolerantes 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 30 - Resultado da aplicação dos cenários para o trecho 03 (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Ptotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	-	-	-	69	100	100	0	0	0	0	0	61			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	30	10	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	31	0	0	0	0	2	22	10	7			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	-	-	-	69	100	100	0	0	0	0	0	61			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	30	10	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	31	0	0	0	0	2	22	10	7			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	-	-	-	78	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	30	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	22	0	0	0	4	16	22	10	0			
11 a 13	UASB+lagoa de polimento	1	100	100	100	-	-	-	78	100	100	0	0	0	0	0	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	30	0	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	22	0	0	0	4	16	22	9	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	64	64	64	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0			3
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	24	24	24	0	0	0			

Fonte: O autor

Obs. Para águas salobras, não há definição de limite de DBO

Obs. Para os parâmetros coliformes termotolerantes 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.

Para a condição de água doce, verifica-se que nos trechos 01 e 02 o cenário 14 (soluções individuais com posterior infiltração no solo) resulta em qualidade equivalente com classe 01 (trecho 01) e classe 02 (trecho 02), respectivamente. 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 torna 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 além das alternativas de tratamento de esgoto.

Ao se considerar a água salobra, o cenário 14 (soluções individuais com posterior infiltração no solo) proporciona 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 implica em evolução da qualidade da água a ponto de alteração de classe, permanecendo, classe 03.

Os parâmetros P_{total} 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 implicaria em conclusão de que para a destinação da água do Rio Salitre (trecho 01 e 02) para consumo humano somente soluções individuais seriam viáveis. Uma conclusão nesse sentido em localidades com adensamento populacional mais elevado, nas quais a adoção de soluções individuais é pouco viável, geraria um problema insolúvel.

Para localidades com características semelhantes ao trecho 03, nem mesmo as alternativas de soluções individuais seriam suficientes para destinação da água ao consumo humano, sendo a população privada de acesso água.

Nesse ponto, cabe uma reflexão acerca dos parâmetros utilizados para a classificação do trecho em estudo do rio Salitre, com objetivo de relacionar cada um deles com o consumo humano e realizar análise mais coerente com relação às

ações propostas. Uma vez que se pretende analisar a qualidade da água para consumo humano, será também utilizada para fundamentar a discussão a Portaria MS 2.914/2011, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

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 1×10^3 NMP.100mL⁻¹ para a classe 01 (água salobra) e 4×10^3 NMP.100mL⁻¹ 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 coliformes termotolerantes 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 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.

Para nitrogênio, a Portaria MS 2.914/2011 estabelece como limites:

- nitrato – 10 mg.L⁻¹;
- nitrito – 1,0 mg.L⁻¹;
- amônia – 1,5 mg.L⁻¹ NH₃.

Já a Resolução CONAMA 357/05 estabelece como limites para possibilidade de destinação ao consumo humano:

- Água doce:
 - Classes 01 e 02:
 - nitrato – 10,0 mg.L⁻¹;

- nitrito – $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$;
- amônia
 - $3,7 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($4,51 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $\text{pH} \leq 7,5$
 - $2,0 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($2,44 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
 - $1,0 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($1,22 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
 - $0,5 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($0,61 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $\text{pH} > 8,5$
- Classe 03:
 - nitrato – $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$;
 - nitrito – $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$;
 - amônia – $1,0$ a $13,3 \text{ mg.L}^{-1}$ (depende do pH)
 - $13,3 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($16,22 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $\text{pH} \leq 7,5$
 - $5,6 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($6,83 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
 - $2,2 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($2,68 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
 - $1,0 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ($1,22 \text{ mg.L}^{-1} \text{NH}_3$), para $\text{pH} > 8,5$
- Água salobra: uma vez que se trata de corpo d'água salobro continental seguindo o disposto na Resolução CONAMA 357/05, art. 8º, §6º, os limites de nitrogênio são os mesmos da classe correspondente em 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.

Adotando os critérios acima descritos, chega-se à classificação exposta nas Tabelas 31, 32, 33, 34,35 e 36.

Tabela 31 - Trecho 01 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce

Cenário	Tratamento	Class	OD			DBO			Ntotal			Classe resultante				
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos		
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	47	0	2	2	2
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	47	0	2	2	2
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	47	0	2	2	2
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa polimento	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	53	100			
		2	0	0	0	100	100	100	0	0	0	47	0	2	2	2
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Tabela 32 - Trecho 02 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	20	45	100	0	0	0	16	70	0	3	3	2
		3	0	0	0	80	55	0	7	0	0	84	30	0			
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	17	30	100	0	0	0	16	70	0	4	3	2
		3	0	0	0	76	70	0	0	0	0	84	30	0			
		4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	17	30	100	0	0	0	16	70	0	4	3	2
		3	0	0	0	76	70	0	0	0	0	84	30	0			
		4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa polimento	1	100	100	100	0	0	0	100	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	17	31	100	0	0	0	16	70	0	4	3	2
		3	0	0	0	78	69	0	0	0	0	84	30	0			
		4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	5	5	5	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	95	95	95	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2	
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Tabela 33 - Trecho 03 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água doce

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	0	0	89	69	100	100	0	0	43			
		2	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	18			
		3	0	0	0	3	48	0	31	0	0	24	40	18	4	4	4
		4	0	0	0	97	52	0	0	0	0	76	60	22			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	0	0	0	69	100	100	0	0	43			
		2	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	18			
		3	0	0	0	0	24	91	31	0	0	24	40	18	4	4	4
		4	0	0	0	100	76	0	0	0	0	76	60	22			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	0	0	0	78	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	24	91	22	0	0	23	40	0	4	4	3
		4	0	0	0	100	76	0	0	0	0	77	60	0			
11 a 13	UASB+lagoa polimento	1	100	100	100	0	0	0	78	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	27	77	22	0	0	23	40	0	4	4	3
		4	0	0	0	100	73	0	0	0	0	77	60	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Tabela 34 - Trecho 01 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa de polimento	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0		1	
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Obs. Para águas salobras, não há definição de limite de DBO

Obs. Para os parâmetros coliformes termotolerantes 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 35 - Trecho 02 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	16	70	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	84	30	0	2	2	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	16	70	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	84	30	0	2	2	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	16	70	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	84	30	0	2	2	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
11 a 13	UASB+lagoa de polimento	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	16	73	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	84	27	0	2	2	1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0		1	
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Obs. Para águas salobras, não há definição de limite de DBO

Obs. Para os parâmetros coliformes termotolerantes 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 36 - Trecho 03 – classificação sob novo critério (resultados exibidos em % dentro de cada classe)-água salobra

Cenário	Tratamento	Classe	OD			DBO			Ntotal			Colif. Termotol.			Classe resultante		
			5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos	5 anos	10 anos	15 anos
2 a 4	Aeróbio	1	100	100	100	-	-	-	69	100	100	0	0	61			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	1	30	10	3	3	2
		3	0	0	0	-	-	-	31	0	0	22	10	7			
5 a 7	Anaeróbio	1	100	100	100	-	-	-	69	100	100	0	0	61			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	1	30	10	3	3	3
		3	0	0	0	-	-	-	31	0	0	22	10	7			
8 a 10	Lagoas de estabilização	1	100	100	100	-	-	-	78	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	1	30	0	3	3	1
		3	0	0	0	-	-	-	22	0	0	22	10	0			
11 a 13	UASB+lagoa de polimento	1	100	100	100	-	-	-	78	100	100	0	0	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	1	30	0	3	3	1
		3	0	0	0	-	-	-	22	0	0	22	9	0			
14	Soluções individuais (com infiltração no solo)	1	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	100			
		2	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			1
		3	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0			

Fonte: O autor

Obs. Para águas salobras, não há definição de limite de DBO

Obs. Para os parâmetros coliformes termotolerantes 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.

Tem-se, assim, que para o trecho 01, para a condição de água doce, todos os cenários são capazes de tornar a água do rio Salitre apta a ser destinada ao consumo humano, após tratamento simplificado (cenário 14) ou convencional (cenários 2 a 13). Para a hipótese de água salobra, todos os cenários resultam em qualidade da água apta 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, implicam 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 individuais) alcançam 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 coletivas 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 individuais 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, devem ser analisados os aspectos individuais de cada uma delas, de modo que a escolha ocorra 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, será avaliado somente o aspecto econômico, englobando os custos de implantação, operação e manutenção de cada uma das alternativas, cujos dados podem ser conferidos nas Tabelas 37 e 38.

Tabela 37 - Custo de implantação médio das alternativas

Tratamento	Custo médio de implantação (R\$.hab. ⁻¹ .ano ⁻¹)		
	Mínimo	Médio	Máximo
Lagoas de estabilização	44,0	65,5	87,0
Soluções individuais (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.

Tabela 38 - Custos de operação e manutenção médios das alternativas

Tratamento	Custo médio de operação e manutenção (R\$.hab. ⁻¹ .ano ⁻¹)		
	Mínimo	Médio	Máximo
Lagoas de estabilização	3,3	4,8	6,2
Soluções individuais (com infiltração no solo)	1,5	2,0	2,5
UASB + lagoa de polimento	2,5	3,3	4,0

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

Tópico 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 na Tabela 39 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 individuais, os custos apresentados são relativos a tanques sépticos, devendo ser acrescidos 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 individuais 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 individuais 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 individuais 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 individuais, 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.

7. CONCLUSÃO

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 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 determinado uso devido a limitações decorrentes dos demais para os quais a classe seja destinada.

Em se tratando de regiões com clima semiárido, nas quais há predominância de rios temporários e de águas salobras, nos quais há menor capacidade de diluição e a qualidade requerida para destinação ao abastecimento humano é mais restritiva do que para águas doces, em sendo possível, devem ser adotadas soluções em que o lançamento direto do efluente no corpo hídrico seja minimizado.

Para os parâmetros analisados nesse estudo, a consideração conjunta da Resolução CONAMA 357/05 e Portaria MS 2914/11 apontou que soluções individuais sem lançamento em corpo hídrico, bem como as alternativas coletivas “lagos de estabilização” e “UASB+lagoa de polimento”, resultam em 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 todos o trecho avaliado.

Avaliando-se a região de estudo, a qual possui características essencialmente rurais, sem rede coletora de esgoto e com baixo adensamento populacional, a escolha por soluções individuais mostra-se mais adequada. Além dos critérios técnicos, tem-se que os custos associados às soluções individuais 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, onerando ainda mais os custos das soluções coletivas.

8. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se revisão da Resolução CONAMA 357/05, com especial atenção quanto ao enquadramento de corpos hídricos em regiões de clima semiárido. Indica-se a adoção de limites específicos para a destinação da água ao consumo humano, considerando concomitantemente a Resolução CONAMA 357/05 e a Portaria MS 2914/11. Desse modo, evita-se a indisponibilidade da água para tal fim por força de restrições associadas aos demais usos.
- Baseado nos resultados obtidos, em regiões semiáridas recomenda-se o direcionamento de esforços para a minimização de lançamento de efluentes, mesmo que tratados, na calha do rio. Para tanto, sugere-se que sejam avaliados em estudos posteriores ações, além dos serviços de saneamento básico, que tenham como resultado a minimização de geração de efluentes, tais como mudanças nos métodos de irrigação, reuso agrícola etc.
- Em regiões predominantemente rurais e nas quais haja baixa adensamento populacional recomenda-se a preferência pela adoção de soluções individuais para destinação dos esgotos domésticos, visto os menores custos *per capita* de implantação e operação se comparadas às soluções coletivas.
- Para que estudos posteriores sejam realizados com maior grau de precisão na modelagem da dinâmica de autodepuração do Rio Salitre, recomenda-se a implantação de outras estações fluviométricas e de monitoramento da qualidade da água. Com isso, o comportamento do rio será melhor representado, sendo necessárias menos simplificações. Também, havendo séries históricas de dados fluviométricos e de qualidade da água torna-se possível a realização e análise estatística da etapa de validação de processo de modelagem matemática.

REFERÊNCIAS

ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY – ADEQ. **Arid Southwest Best Management Practices (BMPs) for the Control of Nonpoint Source Pollution**. 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

BAHIA. Ministério Público. **Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas: Relatório 2006/2007** / Ministério Público do Estado da Bahia. Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Justiça de Meio Ambiente.- Salvador: Ministério Público, 2006.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília, DF, 2005a.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 1, de 09 de março de 2005. Brasília, DF, 2005b.

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.

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. Lei nº 11445 de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde. Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. / coordenação geral, João Gilberto Lotufo Conejo; coordenação executiva, Marcelo Pires da Costa, José Luiz Gomes Zoby. 124 p.: il. (Caderno de Recursos Hídricos, 5). Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Resolução CNRH nº 91 de 5 de novembro de 2008. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, DF, 2010.

CASTRO, P. P. **Estudo Ambiental do Estuário do Tejo - Estimação e Controlo da Poluição Difusa no Estuário do Tejo.** [s.i.], 1986

CCME – Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

CCME – Canadian Council of Ministers of the Environment. 2012. Disponível em <<http://ceqg-rcqe.ccme.ca/>>. Último acesso: 10/12/2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Circular Técnica 14: Seleção do sistema de irrigação**, 2001.

FLECK, E. **Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** Dissertação (mestrado). Programa de pós-graduação em engenharia de recursos hídricos e saneamento ambiental. Porto Alegre, 2003.

FRANÇA, J. T. L. **Avaliação do desempenho da modificação de um sistema de tratamento de esgoto composto por tanque séptico e filtro anaeróbio por um modelo de aeração compartimentada.** Tese (doutorado). Programa de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2012.

FREIRE, R. H.; FURTADO, W. D. P.; ALMEIDA, M. M. M. **Monitoramento qualitativo como ferramenta de gestão dos corpos d'água superficiais do estado do Ceará.** XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, 2001.

GIANSANTE, A.E., TAVARES, L. G. & ALMEIDA, F. **Metodologia de avaliação de cargas difusas para fins de planejamento ambiental: o caso da bacia do ribeirão pirai – sp**, in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, 2005.

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.

HAUPT, J.P.O. **Metodologia para avaliação do potencial de produção de poluição difusa: estudo de caso da bacia do rio Jundiá**. Dissertação (mestrado) – Mestrado em engenharia. Escola politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária. São Paulo, 2009.

LEEUWESTEIN, J.; CORDEIRO NETTO, O.M.. 2002. Avaliação da aplicação do instrumento de enquadramento de corpos de água em países selecionados. Anais do II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Campo Grande, MS.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80ispcurr5frx0q4.pdf>. Último acesso: 05 jul. 2012.

LIU, Y.; CHE, W.; LI, J. **Monitor-based evaluation of pollutant load from urban stormwater runoff in Beijing**. Water science and technology. v. 52, n.9, p. 191-197, 2005.

LOPES, F.F.P. **A utilização do módulo geração de cargas do modelo de correlação de uso do solo X qualidade da água (MQUAL) na gestão da bacia Guarapiranga: o caso do município de Itapeverica da Serra**. Dissertação (mestrado). Mestrado do programa de pós-graduação em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. Brasília: EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 11, 1998.

MEDEIROS, Y. D. P. FARIA, A. da 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: Pedro Roberto Jacobi; Paulo de Almeida Sinisgalli. (Org.). Governança da Água na América Latina e Europa: Atores Sociais, Conflitos e Territorialidade. 100 ed. SP: ANNABLUME, 2009, v. III, p. 99-124.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez, 2002.

MIRANDA, J.M.G. *et al.*. **Balanço Hídrico para a Revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos: QUARTO PRODUTO – RELATÓRIO TÉCNICO**. Salvador: Instituto Interamericano de Cooperação Para A Agricultura (IICA), 2010. 347 p.

NOVOTNY, V. OLEM, H. **Water Quality-Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution**. Van Nostrand Reinhold. New York. 1994

NOVOTNY, V. **Nonpoint Pollution and Urban Stormwater Management**. Water Quality Management Library. Vol. 9, Technomic Publication, 1995.

NOVOTNY, V. **Water quality: diffuse pollution and watershed management**. 2ª ed. Nova Iorque, 2003.

NUVOLARI, A.; TELLES, D.D.; RIBEIRO, J.T.; MIYASHITA, N.J.; RODRIGUES, R.B.; ARAUJO, R. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 1ª ed. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 2003.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN**. Brasília: ONS; FAHMA-DREER, ANA; ANEEL; MME, 2003.

PHILLIPS, B.C.; YU, S. **Catchment based water quality modeling in urbanising catchments in Australia**. Urban drainage modeling, p. 238-249, 2001.

PORTO, M. F. A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial urbano**. In: TUCCI, C.E.M. *et al*. Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428 p.

PORTO, M. F. A. **Nota técnica apresentada ao Grupo de Trabalho do CONAMA, que revisou a Resolução n. 20/86**. Brasília, 2000.

PORTO, M. F. A.; HAUPT, J.P.O. **Carga difusa de poluição gerada em áreas urbanas**. In Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luis, 2004.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. 3.ed. São Carlos: EESC-USP, 2004.

SANTOS, D. M. G. dos. **Modelação da Poluição Difusa em Águas Superficiais**. Dissertação (mestrado) – Mestrado em Engenharia Sanitária. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2000.

SOUTO, G.D.B. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros – estudo de remoção de nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“stipping”)**. Tese (doutorado). Programa de pós-graduação em engenharia hidráulica e saneamento. São Carlos, 2009.

SOUZA, L. C. **Desafios da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos no semiárido nordestino: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Dissertação (mestrado) – Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2008.

TOMAZ, P. **Curso Manejo de Águas Pluviais**. São Paulo, 2009.

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

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

ANEXO A – RELATÓRIOS DE ENSAIOS LABORATORIAIS

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
ESCOLA TÉCNICA SENAI PETROLINAAv. Monsenhor Ângelo Sampaio, 287, Vila Eduardo, CEP 58.302-290
Petrolina - PE, BrasilFone (87) 3202-1380/1380 Fax (87) 3202-1376
CNPJ 03.789.272/0008-87 e-mail laboratorios@pe.senai.br

Revisão de Relatório de Ensaio LAB N° 0068/12A

Revisão 01

Este relatório substitui as suas revisões emitidas anteriormente

Cliente	YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS	Telefone	71-32478742
Endereço	RUA ARISTIDES NOVIS,02	Contato(s)	YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS
e-mail	yvonilde.medeiros@gmail.com.br	Fax	(71)3245-9927
Amostra(s)	Águas	Recepção	14/02/12

Motivo da revisão 01: Inserir legislação.

Amostra	Água bruta ponto 1			Código	0068/12-01	Coleta em:	14/02/12 10:00
Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LDM	Método	Data do Ensaio	
Cloreto Totais (Método de Mohr)	84,21	mg/L Cl	-	0	ME-3.19.11 (BM 4500-Cl-B)	24/02/12	
Cor Aparente	25,0	mgPt-Co/L	-	0	ME-3.19.18 (BM 2120A/B)	23/02/12	
DBO	5,0	mg/L O ₂	-	0	BM 5210B	21/02/12	
Fósforo Reativo Total	0,008	mgP/L	-	0	BM 4500-P	20/02/12	
Fósforo Total	0,010	mg/L	0,030 máx.	0,01	ME-3-19-38 (BM-4500P C)	20/02/12	
Nitrogênio - Amônia	0,30	mg/L-N NH ₃	2 máx.	0	BM 4500	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrato	0,03	mg/L-N NO ₂	1 máx.	0	ME-3-19-35 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrito	1,3	mg/L-N NO ₃	10 máx.	0	ME-3-19-39 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio Total	1,83	mg/L	-	0	BM 4500	16/02/12	
pH	7,84	-	6,0-9,0	0	ME-3.19.15 (BM-4500 H+ B)	15/02/12	
Oxigênio Dissolvido - OD	8,4	mg/L O	Menor que 6,0	0	BM 4500 O C	16/02/12	
Turbidez	0,02	NTU	100 máx.	0	ME-3.19.19 (BM 2130B)	15/02/12	
Coliformes Termotolerantes TM (Águas)*	<1,8	NMP/100mL	1000 máx.	Ausência	BM 9221 - 3.19.01	14/02/12	

Amostra	Água bruta ponto 2			Código	0068/12-02	Coleta em:	14/02/12 10:00
Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LDM	Método	Data do Ensaio	
Cloreto Totais (Método de Mohr)	78,18	mg/L Cl	-	0	ME-3.19.11 (BM 4500-Cl-B)	24/02/12	
Cor Aparente	25,0	mgPt-Co/L	-	0	ME-3.19.18 (BM 2120A/B)	23/02/12	
DBO	4,0	mg/L O ₂	-	0	BM 5210B	21/02/12	
Fósforo Reativo Total	0,008	mgP/L	-	0	BM 4500-P	20/02/12	
Fósforo Total	0,083	mg/L	0,030 máx.	0,01	ME-3-19-38 (BM-4500P C)	20/02/12	
Nitrogênio - Amônia	0,87	mg/L-N NH ₃	2 máx.	0	BM 4500	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrato	0,04	mg/L-N NO ₂	1 máx.	0	ME-3-19-35 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrito	0,8	mg/L-N NO ₃	10 máx.	0	ME-3-19-39 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio Total	1,81	mg/L	-	0	BM 4500	16/02/12	
pH	7,81	-	6,0-9,0	0	ME-3.19.15 (BM-4500 H+ B)	15/02/12	
Oxigênio Dissolvido - OD	8,8	mg/L O	Menor que 6,0	0	BM 4500 O C	16/02/12	
Turbidez	4,17	NTU	100 máx.	0	ME-3.19.19 (BM 2130B)	15/02/12	
Coliformes Termotolerantes TM (Águas)*	7,8x10 ²	NMP/100mL	1000 máx.	Ausência	BM 9221 - 3.19.01	14/02/12	


**SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
ESCOLA TÉCNICA SENAI PETROLINA**

 Av. Moncenhor Ângelo Sampaio, 287, Vila Eduardo, CEP 56.302-280
 Petrolina - PE, Brasil

 Fone (87) 3202-1380/1380 Fax (87) 3202-1376
 CNPJ 03.789.272/0008-87 e-mail laboratorios@tpe.senai.br

Revisão de Relatório de Ensaios LAB N° 0068/12A

Revisão 01

Este relatório substitui as suas revisões emitidas anteriormente



Cliente	YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS	Telefone	71-32476742
Endereço	RUA ARISTIDES NOVIS,02	Contato(s)	YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS
e-mail	yvonilde.medeiros@gmail.com.br	Fax	(71)3245-9927
Amostra(s)	Águas	Recepção	14/02/12

Motivo da revisão 01: Inscrição.

Amostra	Água bruta ponto 3			Código	0068/12-03	Coleta em:	14/02/12 10:00
Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LDM	Método	Data do Ensaio	
Cloreto Total (Método de Mohr)	120,44	mg/L Cl	-	0	ME-3.19.11 (BM 4500-Cl-B)	24/02/12	
Cor Aparente	10,0	mgPt-Co/L	-	0	ME-3.19.13 (BM 2120A/B)	23/02/12	
DBO	8,0	mg/L O ₂	-	0	BM 5210B	21/02/12	
Fósforo Reativo Total	0,001	mgP/L	-	0	BM 4500-P	20/02/12	
Fósforo Total	0,008	mg/L	0,030 máx.	0,01	ME-3.19.38 (BM-4500P C)	20/02/12	
Nitrogênio - Amônia	0,59	mg/L-N NH ₃	2 máx.	0	BM 4500	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrato	0,04	mg/L-N NO ₃	1 máx.	0	ME-3.19.35 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrito	4,2	mg/L-N NO ₂	10 máx.	0	ME-3.19.39 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio Total	4,83	mg/L	-	0	BM 4500	16/02/12	
pH	8,18	-	6,0-9,0	0	ME-3.19.15 (BM-4500 H+ B)	15/02/12	
Oxigênio Dissolvido - OD	8,8	mg/L O	Maiores que 6,0	0	BM 4500 O C	16/02/12	
Turbidez	1,08	NTU	100 máx.	0	ME-3.19.19 (BM 2130B)	15/02/12	
Coliformes Termotolerantes TM (Águas) (*)	2,3x10 ²	NMP/100mL	1000 máx.	Ausência	BM 9221 - 3.19.01	14/02/12	

Amostra	Água bruta ponto 4			Código	0068/12-04	Coleta em:	14/02/12 10:00
Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LDM	Método	Data do Ensaio	
Cloreto Total (Método de Mohr)	122,38	mg/L Cl	-	0	ME-3.19.11 (BM 4500-Cl-B)	24/02/12	
Cor Aparente	80,0	mgPt-Co/L	-	0	ME-3.19.13 (BM 2120A/B)	23/02/12	
DBO	16,0	mg/L O ₂	-	0	BM 5210B	21/02/12	
Fósforo Reativo Total	0,021	mgP/L	-	0	BM 4500-P	20/02/12	
Fósforo Total	0,104	mg/L	0,030 máx.	0,01	ME-3.19.38 (BM-4500P C)	20/02/12	
Nitrogênio - Amônia	0,48	mg/L-N NH ₃	2 máx.	0	BM 4500	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrato	0,08	mg/L-N NO ₃	1 máx.	0	ME-3.19.35 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio - Nitrito	1,3	mg/L-N NO ₂	10 máx.	0	ME-3.19.39 (BM 4500)	16/02/12	
Nitrogênio Total	1,84	mg/L	-	0	BM 4500	16/02/12	
pH	7,63	-	6,0-9,0	0	ME-3.19.15 (BM-4500 H+ B)	15/02/12	
Oxigênio Dissolvido - OD	7,3	mg/L O	Maiores que 6,0	0	BM 4500 O C	23/02/12	
Turbidez	17,0	NTU	100 máx.	0	ME-3.19.19 (BM 2130B)	15/02/12	
Coliformes Termotolerantes TM (Águas) (*)	1,8x10 ²	NMP/100mL	1000 máx.	Ausência	BM 9221 - 3.19.01	14/02/12	

Petrolina, 16 de Março de 2012.

Jussara Carla Limoeiro Tecnóloga de Alimentos Físico-Química	 Maria Aparecida de Souza Técnica em Química/Alimentos Microbiológico Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos	 Silvana Souza Martins Bióloga CRQ 01 4.00138 Gerência Laboratórios Silvana Souza Martins SENAI Gerente Téc. Laboratório
--	---	--

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial da presente obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

Salvador, 25 de junho de 2013

ZÚRI BAO PESSÔA.

AV. OCEÂNICA, 3375, AP. 203, EDF. FRAGATA - ONDINA