



ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA REGIONAL - IQASR COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA¹.

Cristiano Nastro², Clélia Nobre de Oliveira³

1 - Trabalho de conclusão de curso, pré-requisito para a obtenção do título de Especialista em Soluções Ambientais para Pólos Industriais.

2 - Engenheiro Ambiental, Pós-graduando no curso de Soluções Ambientais para Pólos Industriais. Faculdade Senai-Cetind, Lauro de Freitas - BA. E-mail: crisnastro@gmail.com.br

3 - Engenheira Sanitarista, Mestre em Engenharia Ambiental Urbana, professora orientadora do quadro permanente do Senai-Cetind, Lauro de Freitas - BA. E-mail: clelianobre@cetind.fieb.org.br

RESUMO - A gestão da qualidade das águas no Brasil ganhou evidência com a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/97, a qual apresenta como um dos fundamentos gerir tais recursos, e, para suprir às demandas atreladas à insuficiência de informações sobre a qualidade das águas, o Governo se utilizou da implantação de programas de monitoramento. Na Bahia, o Pólo Industrial de Camaçari, para atendimento a condicionante de sua licença, criou o Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos – PGRH, no qual deve monitorar suas águas superficiais e subterrâneas, além de fazer parte do Programa Atuação Responsável (AR), da Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUIM), onde se valoriza uma melhor comunicação com o público em geral, com o uso de uma linguagem comum e cria um sinergismo maior entre as próprias indústrias, as comunidades e os órgãos de governo. Nesse contexto, o presente trabalho realizou um levantamento da criação e aplicabilidade de índices de qualidade de águas subterrâneas para destacar a importância dessa ferramenta para o mapeamento da qualidade de aquíferos, assim sugerindo-se a criação de um Índice de Qualidade de Água Subterrânea Regional - IQASR como ferramenta para gestão da água subterrânea pelo Pólo Industrial, com vistas a sintetizar informações, permitir uma leitura fácil, a ser entendida por qualquer pessoa e que atenda às legislações pertinentes.

Palavras – chave: água subterrânea, índice de qualidade de água, pólo industrial

ABSTRACT - The management of the quality of waters in Brazil, gained evidence with the National Politics of Hydric Features, Law n ° 9,433/97, which presents as one of the beddings to manage such features, and, to supply the demands to the insufficient information on the quality of waters, the Government used the implanted management programs. In Bahia, the region of Industry Complex in Camaçari, for attendance the condicionante of its license, created the Plan of Management of Hydric Features – PGRH, in which it must monitor its superficial and underground waters, beyond being part of the Responsible Performance Program (AR), of the Brazilian Association of Chemistry Industry (ABIQUIM), where it generate values for better communication with the public, using common language and creates a bigger synergy between the proper industries, the communities and the agencies of government. In this context, the present work carried through a survey of the creation and applicability of average of quality of underground waters to detach the importance of this tool for the mapping of the quality of water-bearing, suggesting it creation of an Regional Quality Index of Underground Water - IQASR as tool for management of the underground water for the Industry Pool region, with sights to synthesize information, to allow an easy reading, to be understood by any person and to takes care of pertinent legislations.

Key words: groundwater, water quality index, industrial complex

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso mineral multifuncional, vulnerável, finito e escasso, de valor relevante no bem estar de qualquer comunidade. Com o crescimento populacional e as novas necessidades de consumo do homem, a demanda pelo uso da água aumenta aliada a uma diminuição da oferta em termos de qualidade e quantidade (FRAGOSO JÚNIOR, FREIRE & BUARQUE, 2002).

O Brasil é um país de dimensões continentais, submetido a diferentes condições físico-climáticas, que está localizado sobre um embasamento geológico que inclui desde rochas pré-cambrianas do Arqueano (mais de 2,3 bilhões de anos atrás) até sedimentos quaternários recentes. Relacionada a esta ampla diversidade de condicionantes, as águas subterrâneas apresentam-se com variadas características físico-químicas que estão também associadas às condições de dissolução das rochas e de circulação em subsuperfície (ZOBY, 2008).

Fatores importantes desencadeadores do aumento do uso das águas subterrâneas, além disso, as condições climáticas e geológicas do país permitiram a formação de sistemas aquíferos, alguns deles de extensão regional, com potencial para suprir água em quantidade e qualidade necessárias às mais diversas atividades (ZOBY, 2008).

No entanto, as águas subterrâneas têm sido submetidas a vários tipos de poluição. Nos ambientes urbanos, os mananciais do aquífero freático são afetados e têm sua qualidade comprometida com o aumento da atividade industrial, concentração de postos de gasolina, oficinas mecânicas, empresas de ônibus e caminhões, ferros velhos, e também com a presença de cemitérios, hospitais, clínicas, e mais ainda com o aumento da população e, conseqüentemente, o volume de efluentes domésticos e depósitos de lixo (ALMEIDA, 2007).

Os recursos hídricos subterrâneos, semelhante aos superficiais, são também objetos de gestão, uma vez que ambos compõem o ciclo hidrológico. A procura pela água subterrânea vem crescendo rapidamente em todo o mundo estimulada não só pela degradação da água superficial, mas também por seus próprios atributos como, por exemplo, boa qualidade e baixo custo (FRAGOSO JÚNIOR, FREIRE & BUARQUE, 2002).

Devido a sua importância, faz-se necessário buscar meios eficientes para administrar seus usos e conflitos. A criação de leis com o objetivo de ordenar e estabelecer regras para o uso da água, como a implantação de instrumentos operacionais que proporcionem quantificar, controlar e conservar os recursos hídricos se fez então necessária e, em alguns casos, foi atribuído valor econômico aos recursos hídricos com a finalidade de incentivar a racionalização do uso e dar ao usuário uma indicação do seu real valor (FRAGOSO JÚNIOR, FREIRE & BUARQUE, 2002).

Nesse propósito o Decreto Nº 5.440, de 4 de Maio de 2005 determina a divulgação de informações sobre a qualidade e características físicas, químicas e microbiológicas da água para consumo humano, o Ministério da Saúde através da Portaria MS Nº 518, de 25 de Março de 2004, já havia estabelecido os padrões de potabilidade e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução Nº 357 de 17 de Março de 2005, já havia classificado e enquadrado os corpos hídricos nacionais (ALMEIDA, 2007).

Complementando essas iniciativas, no âmbito do compartimento subterrâneo destaca-se mais recentemente a criação de um grupo de trabalho para examinar e preparar propostas de resolução para classificar e estabelecer as diretrizes ambientais

para o enquadramento das águas subterrâneas (ALMEIDA, 2007, *apud* BRASIL, 2005f).

A região da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte, onde está inserido o Pólo Petroquímico de Camaçari, possui uma intensa atividade antrópica que vem acarretando interferências negativas nos recursos hídricos superficiais bem como comprometendo os recursos subterrâneos (OLIVEIRA, NEGRÃO & SILVA, 2007). A ocupação da terra nesta região não tem sido controlada, e as consequências de uma ocupação desordenada já se fazem notáveis em quase todos os mananciais superficiais desta região, que têm a qualidade de suas águas e disponibilidade hídrica comprometidas, a exemplo dos rios Joanes, Jacuípe e Capivara Grande (SANTOS, 2003).

Com a criação do Programa Atuação Responsável (AR), lançado pela Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUIM), evidencia-se a melhor comunicação com o público em geral, melhoria da imagem da empresa adoção de uma linguagem comum e criação de um sinergismo maior entre as próprias indústrias, as comunidades e os órgãos de governo. Esse Programa define, então, como sua função primordial estabelecer um canal de comunicação entre as indústrias e suas comunidades vizinhas, que permita, através de um contato transparente, o desenvolvimento de ações de interesse comum (BARBOSA, 2003).

Então se justifica o mapeamento da qualidade das águas subterrâneas, através da utilização de índices, pois representa uma excelente possibilidade de sintetizar informações. Na maioria das vezes eles possuem a vantagem de integrar diversas variáveis expressas através de um número que permite uma leitura fácil e aproxima o público não técnico, podendo ser entendido por qualquer pessoa, atendendo ao que se propõe o Programa Atuação Responsável (ALMEIDA, 2007).

O interesse do Brasil por tais índices vem crescendo, desde que o Conselho Nacional de Meio Ambiente, em seu relatório anual de 1982, sugeriu a utilização destes, para ajudar na gestão dos recursos naturais (OLIVEIRA, NEGRÃO & SILVA, 2007 *apud* PNMA, 2006).

No âmbito nacional existem lacunas no que se refere ao estabelecimento de índices de qualidade dos mananciais subterrâneos, sobretudo para aqueles localizados em áreas com forte presença humana. A oportunidade de avaliá-los de forma diferenciada decorre, sobretudo porque as fontes e os processos de poluição desses mananciais são diferentes das fontes que degradam os recursos superficiais, além do que uma vez poluídos sua recuperação é lenta e onerosa (ALMEIDA, 2007).

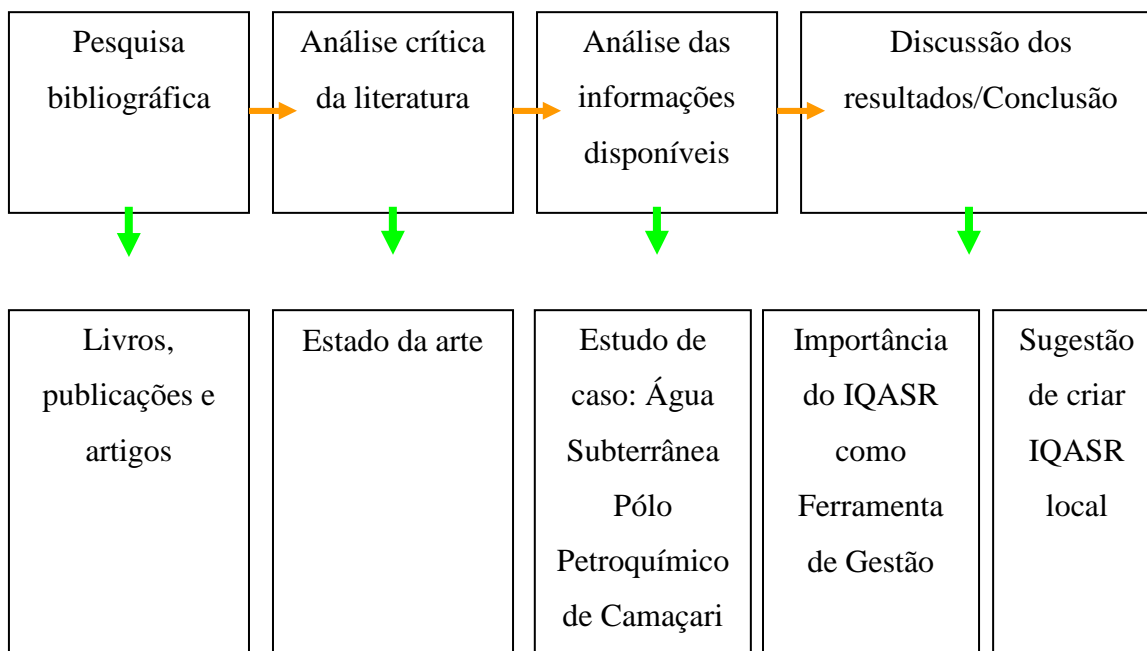
Este trabalho tem como objetivo principal, demonstrar que a criação de um Índice de Qualidade da Água Subterrânea Regional (IQASR) servirá como ferramenta de gestão da água subterrânea, para o Pólo Petroquímico de Camaçari.

Como objetivos específicos propõem-se:

- Verificar a aplicabilidade do IQARS como ferramenta de gestão de recursos hídricos, através de pesquisas bibliográficas de estudos realizados com IQAs.
- Verificar a utilização do IQARS como ferramenta de informação para o público não técnico no entorno do Pólo de Camaçari, através de pesquisas bibliográficas de estudos realizados na região do Pólo de Camaçari.
- Identificar IQA utilizados no mundo e como eles são desenvolvidos.
- Sugestão de criação de um Índice de Qualidade da Água Subterrânea Regional que atenda as especificidades da água subterrânea na região.

2. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa levou em consideração diversas fontes de informações para pesquisa. Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada a seqüência metodológica descrita a seguir:



3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA: INSTRUMENTO DE GESTÃO

A gestão da qualidade das águas ganhou evidência com a na Política Nacional de Recursos Hídricos Lei nº 9.433/97, a qual apresenta como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (PROENÇA, 2004).

O atendimento das condições de usos tornou-se prioritário com a efetivação do enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água, sendo um importante instrumento de gestão da sua qualidade (PROENÇA, 2004).

Em 2007, foi elaborada a resolução Conama nº 396, que dispõe sobre classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. A atribuição de usar a classificação para enquadrar de forma integrada os recursos hídricos superficiais e subterrâneos em classes de água é do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Assim, foi publicado no Diário Oficial da União em 6/2/2009 a Resolução CNRH nº 91, de 5 de novembro de 2008, que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos para fazer o enquadramento da água artificial e subterrânea na bacia hidrográfica (FINETTO, 2009).

Para suprir às demandas atreladas à insuficiência de informações sobre a qualidade das águas, faz-se necessário a implantação de programas de monitoramento físico-químico, químico e biológico dos corpos hídricos. Esses dados são fundamentais ao controle e à avaliação da poluição, à tomada de decisões e ao desenvolvimento socioeconômico (INGÁ, 2009).

4. USOS DA ÁGUA

A utilização dos recursos hídricos subterrâneos na área de influência do Pólo Industrial de Camaçari tende a aumentar nos próximos anos não só devido à expansão econômica. Dessa forma, esse recurso constitui uma reserva estratégica e vital para o abastecimento do Pólo e exige uma atenção especial com relação à proteção dos aquíferos (SANTOS, 2010).

Nos últimos anos, tem sido verificado um crescimento em escala acentuada na exploração das águas subterrâneas. Crescimento este, nem sempre de forma ordenada

principalmente nas áreas urbanas e nos novos pólos industriais recém instalados na região limítrofe ao Pólo Industrial de Camaçari, como por exemplo, o Pólo Plástico (Camaçari) e o Pólo de Apoio (Dias D'Ávila), além da expansão dos sistemas de abastecimento de algumas empresas do Pólo e da Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA (SANTOS, 2010).

Segundo Santos (2010), uma atenção permanente tem sido exigida para a gestão das águas subterrâneas da área, devido a vários fatores:

- Taxas de exploração praticadas, muitas vezes, sem um acompanhamento dos níveis de rebaixamentos e interferências entre as zonas de captura dos poços;
- O desconhecimento e a falta de estudos, em nível de detalhe, do arcabouço hidrogeológico da região;
- A falta de um planejamento do uso e ocupação territorial e
- A avaliação da vulnerabilidade e risco à poluição do sistema aquífero Marizal / São Sebastião, por fontes potenciais de contaminação e ou reais ainda existentes.

4. ASPECTOS AMBIENTAIS

A caracterização dos sistemas aquíferos tem importância fundamental no estudo de impacto ambiental, requerendo uma abordagem sistêmica adequada. Um sistema aquífero é definido como sendo um sistema de armazenamento e escoamento de água subterrânea, no qual os efeitos de impulsos se propagam, influenciando o funcionamento do sistema, num período de tempo determinado. Um impulso pode ser uma entrada ou uma saída no volume de controle (SILVEIRA JUNIOR, 2004).

Constituem-se entradas: as recargas naturais do aquífero, como as chuvas, ou artificiais, como a recarga induzida por bombeamento, a infiltração de águas poluídas e os vazamentos de redes de esgotos. Já as saídas podem ser: naturais, como a recarga de base dos rios e as perdas por evapotranspiração, ou artificiais, como os volumes extraídos de poços e outras obras de captação (SILVEIRA JUNIOR, 2004).

O Plano Diretor do COPEC (Complexo Industrial de Camaçari), elaborado em 1974, identificou uma série de problemas ambientais já vigentes na RMS (Região Metropolitana de Salvador), os quais poderiam trazer impactos sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, destacam-se entre eles: as deficiências de esgotamento de efluentes urbanos e industriais na área onde o Pólo seria implantado; e os despejos das indústrias do COPEB (Companhia Petroquímica da Bahia), já ali

localizadas, lançados sem tratamento no sistema hídrico da região. (SILVEIRA JUNIOR, 2004 apud OLIVEIRA 1998).

No **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão apresentadas de forma sumarizada, por grupos de atividades, fontes potenciais e reais de contaminação na região de influência do Pólo de Camaçari para as águas subterrâneas e os principais poluentes dispostos no ecossistema.

Tabela 1 - Atividades potencialmente poluidoras para as águas subterrâneas na região de influência do Pólo de Camaçari

Atividade Potencialmente Poluidora	Principais Fontes	Contaminantes Principais
Agricultura	Lançamento de efluentes de Abatedouro/matadouro, currais e pocilgas, atividade agropecuária, reflorestamento.	Nitrato, agrotóxicos, patógenos, fósforo, pesticidas.
Comercial	Lavagem de veículos leves e pesados, cemitérios, posto de gasolina, cerâmicas, ferro velho, comércio de produtos fitossanitários; linha férrea, estrada	BTEX, metais pesados fármacos, patógenos, compostos orgânicos, necrochorume.
Industrial	Curtume, oficinas mecânicas, fundição / usinagem / esquadrias, extração mineral, indústrias químicas e petroquímicas, indústria petrolífera/efluentes industriais, bacias de detenção, oleodutos e gasodutos. Aterros industriais.	Metais pesados, sais inorgânicos e orgânicos, hidrocarbonetos aromáticos, HAP, solventes organoclorados, compostos organonitrogenados.
Residencial/Urbana	Fossas sépticas, jardinagem, efluentes domésticos, aterros domésticos e hospitalares.	Vírus, coliformes, bactérias, fármacos, fertilizantes, nitrato, DBO.
Disposição de Resíduos	Aterros industriais e domésticos, bota-fora, áreas industriais abandonadas.	Metais pesados, solventes clorados, hidrocarbonetos aromáticos, sais inorgânicos e orgânicos, nitratos, fármacos.

Fonte: Santos (2010), adaptado Santos e Oliveira 2007.

Segundo dados informados na Tabela 1, os contaminantes principais em alguns casos se repetem em mais de uma atividade potencialmente poluidora, exemplo de metais pesados que são contaminantes oriundos tanto em indústrias como em disposição de resíduos. Não havendo as informações que constam em estudos de monitoramento das águas subterrâneas, torna-se impossível saber a real fonte daquele impacto, dificultando a eliminação dessa fonte e a conservação das águas.

5. PGRH DO PÓLO

A Resolução nº. 620/92 do Conselho Estadual de Proteção Ambiental – CEPRAM, estabeleceu condicionantes para as atividades do Pólo, entre estas, a implantação do Programa de Gerenciamento das Águas Subterrâneas - PGAS do Pólo (SANTOS & OLIVEIRA, 2007).

Os principais objetivos do PGAS foram: evitar e minimizar o impacto ambiental que poderia ser causado por seus diversos processos; monitorar sistematicamente a qualidade das águas subterrâneas, em vários níveis de profundidade, e em toda extensão e vizinhança do Pólo; além da racionalização do uso da água subterrânea (SANTOS & OLIVEIRA, 2007).

Em 2006 o PGA passou a entregar as águas superficiais passando a se chamar Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos – PGRH, que é coordenado e executado pela CETREL, contando com o apoio financeiro de todas as empresas do Pólo.

As ações de controle do PGRH foram embasadas essencialmente, nos resultados consolidados, gerados anualmente pelo monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, e nas informações fornecidas pelas empresas quanto aos registros de acidentes e incidentes, tais como: transbordamentos, vazamentos ou derramamentos de produtos, subprodutos e resíduos para o solo e águas subterrâneas (SILVEIRA JUNIOR, 2004).

Segundo Santos e Oliveira (2007), na versão 2006 do PGRH estão cadastrados 938 poços de uma rede de monitoramento, sendo: 642 poços de monitoramento (PM); 119 poços de monitoramento multinível (PMM); 6 poços de monitoramento multinível profundos (PMMP); 01 poço de monitoramento multinível sentinela (PMMS); 156 poços de produção (PP) e 14 poços de extração (PE) no sistema Barreira Hidráulica do Pólo.

As ações de gestão realizadas no âmbito do PGRH, foram idealizadas numa ótica de cooperação e de responsabilidade sócio-ambiental, visando o ordenamento da

exploração e do uso racional das águas subterrâneas da área de influência do Pólo Petroquímico de Camaçari, demonstrando uma evolução no gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais do Pólo (SANTOS & OLIVEIRA, 2007).

Os resultados gerados pelo PGAS, nos seus primeiros cinco anos de atuação, indicaram já ter sido este programa capaz de identificar e eliminar a maioria das fontes de perdas causadoras de contaminação das águas subterrâneas na área do Pólo, como também identificar unidades industriais com fontes secundárias de contaminação baseadas nos resultados analíticos do monitoramento periódico e no delineamento de plumas de migração de contaminantes dissolvidos nas águas subterrâneas (SILVEIRA JUNIOR, 2004).

O PGRH funcionará como um banco de dados relativos as qualidades das águas subterrâneas na região do Pólo, sendo a base de informações ao longo do tempo necessárias para a criação do IQASR, para que esse chegue o mais perto possível da realidade local, assim diminuindo subjetividade da escolha dos parâmetros a serem analisados.

6. ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

O conceito genérico de indicador ambiental, inúmeras vezes utilizado, corresponde a um descritor quantitativo das pressões sobre o estado do ambiente e das suas alterações. Na temática dos indicadores ambientais, distinguem-se três conceitos independentes: parâmetro, indicador e índice (OLIVEIRA, 2007).

O parâmetro é uma variável ambiental mensurável, à qual eventualmente é atribuída um valor qualitativo, relevante para a caracterização do ambiente; os indicadores ambientais são conjuntos de parâmetros ambientais relevantes para a caracterização de aspectos específicos de dada região ou sistema, ou da sua evolução; os índices são ponderações numéricas das variáveis ambientais e pretendem exprimir, através de um valor numérico, determinado aspecto mais genérico do estado do ambiente (OLIVEIRA, 2007).

Guzzo (2002), *apud* Magalhães Jr.(2000), estabelece que indicadores são elementos que "sinalizam", comunicam, demonstram, indicam e informam uma questão qualquer, e assim sendo, apresentam várias características definidoras: quantificam informação, tornando seu significado mais aparente, simplificam a informação para facilitar a comunicação, são descritivos, não explicativos e representam um modelo empírico da realidade, não necessariamente a realidade em si.

O índice de qualidade de água (IQA) mostra possíveis tendências temporais da qualidade da água, e permite comparar diversos cursos d'água, além disso, podem-se utilizar os IQAs para verificar obediência a legislação, alocação de fundos, prioridades de usos, comparação de condições ambientais em diferentes locais, avaliar degradação ou melhora na qualidade do corpo hídrico (CANDIA, 2007, apud PORTO et al., 1991).

Sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da sua interação. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica. (CETESB, 2006)

O conceito de IQA na sua forma rudimentar foi introduzido pela primeira vez mais de 160 anos atrás - em 1848 - na Alemanha, onde a presença ou ausência de determinados organismos na água foi utilizada como indicador da adequação ou não de uma fonte de abastecimento de água (ABASSI, 2003).

Desde então, vários países europeus e americanos têm desenvolvido e aplicado sistemas diferentes para classificar a qualidade das águas dentro de suas regiões. Estes sistemas de classificação das águas, normalmente de dois tipos: os interessados com a quantidade de poluição presentes, e os interessados a vida das comunidades macroscópica ou organismos microscópicos (ABASSI, 2003).

Na tentativa de definição de um sistema de acompanhamento eficaz dos programas de monitoramento dos recursos hídricos, surgiu em 1970, criado pela National Sanitation Foundation (NSF), o primeiro índice (IQANSF) com aplicabilidade universal que permitiu avaliar genericamente a qualidade de uma água (OLIVEIRA, 2007B).

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB utiliza desde 1975, o Índice de Qualidade das Águas – IQA, com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (CETESB, 2006).

7. ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A escolha de um indicador deverá resultar de um conjunto de critérios e propriedades, devendo ser segundo Oliveira et al. (2005):

- Quantitativo, abrangente, facilmente mensurável e passível de um monitoramento regular a um custo não excessivo;
- Bem apoiado e aceito em termos técnicos e científicos e de consenso internacional, como “bom” indicador da qualidade da água;
- Caracterizador e representativo dos principais problemas de qualidade da água;
- Sensível a ações de gestão, para que os seus valores possam refletir as medidas e as ações políticas e de gestão tomadas;
- Capaz de descrever os diferentes tipos de poluição;
- Sensível às pressões exercidas sobre o sistema pelas diversas utilizações, bem como à variabilidade espacial e temporal;
- Representativo do estado e usos do sistema;
- Abrangente, essencialmente quando forem considerados no processo de consulta pública para a tomada de decisão;
- Único, tanto quanto possível, de modo a não existirem sobreposições entre indicadores químicos, físicos e biológicos relacionados;
- De fácil construção, baseado em dados relativamente acessíveis em condições confiáveis e de fácil interpretação pelos diferentes intervenientes (decisórios políticos, técnicos e o público em geral);
- Baseado em métodos analíticos, de modo a assegurar a confiabilidade e a comparabilidade dos dados;
- Baseado em dados precisos e exatos, para que a sua validade e confiabilidade sejam asseguradas;
- Complementar aos indicadores biológicos;
- Capaz de descrever o “estado de saúde” e funcionamento do ecossistema em estudo;
- Útil em capacidade de previsão e retrospectiva, isto é, serem capazes de fornecer informação relacionada com tendências de evolução (passadas e futuras) de variáveis ambientais ou sócio-econômicas relevantes.

O mapeamento da qualidade das águas subterrâneas, através da utilização de índices, representa uma excelente possibilidade de sintetizar tais informações. Em geral, um índice de qualidade de água é um número adimensional obtido da agregação de dados físicos, químicos e bacteriológicos por meio de metodologias específicas (OLIVEIRA, NEGRÃO & SILVA, 2007).

São apresentados nesse artigo quatro índices para avaliação da qualidade da água subterrânea. Segundo Oliveira, Negrão e Silva (2007), são poucas as referências

encontradas no que se refere aos indicadores de qualidade das águas subterrâneas. Almeida (2007) chegou à mesma conclusão. Segundo essa autora, da revisão da literatura apurou-se que são poucos os estudos específicos para estabelecimento de índices para avaliação da Qualidade das Águas Subterrânea.

Dentre os quatro índices identificados estão: o índice de Deininger (13 parâmetros) se propôs avaliar as águas desse compartimento hídrico. Segue-se o índice criado na França em 2003 e o índice desenvolvido na Bahia em 2004 e em 2007.

Índice de Deininger – 13 parâmetros

Segundo Almeida (2007), o índice foi proposto por Rolf Deininger e Landwehr, em 1971, para qualificar águas para abastecimento público, e foi apresentado em duas versões: um índice para mananciais superficiais com 11 parâmetros: Coliformes, Cor, DBO₅, Dureza, Fenóis, Nitrato, OD, Permanganato, pH, Sólidos Dissolvidos, Temperatura e Turbidez. O índice para mananciais subterrâneos com dois parâmetros adicionais: ferro e fluoreto. Dois métodos de agregação foram usados para cálculo dos índices: o método aditivo e a média geométrica, de modo que são as seguintes as equações para a versão do índice para águas subterrâneas:

$$\text{Aditiva: } I_{DEIADT} = \sum_{i=1}^{i=13} W_i Q_i \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Geométrica: } I_{DEIGEO} = \left[\prod_{i=1}^{i=13} W_i * Q_i \right]^{1/13} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

W = peso do parâmetro i

Q = qualidade do parâmetro i

Segundo Almeida (2007), o índice de Deininger que é de 1972, não incorpora as novas substâncias introduzidas no meio ambiente pelo homem nas atividades agrícolas, industriais e mesmo domésticas, e as novas metodologias e equipamentos mais modernos laboratoriais, que surgiram nos últimos quarenta anos, sugerem a oportunidade de novas abordagens.

SEQ – Eaux Souterraines - França

Segundo Oliveira, Negrão e Silva (2007) *apud* Fournier (2001), o sistema francês, SEQ - Eaux Souterraines (*Système d'Évaluation de la Qualité des Eaux Souterraines*), de avaliação das águas subterrâneas, propõe um índice baseado em duas

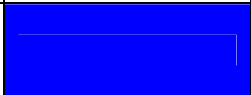
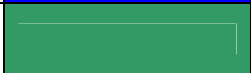



noções: alteração da qualidade e uso do recurso. O SEQ – *Eaux Souterraines* foi desenvolvido pela Agência de Água, em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da França, para avaliar a qualidade da água subterrânea para os diversos usos.

Segundo Fournier (2001) é difícil qualificar as águas subterrâneas, pro a princípio não haver uma qualidade específica, mas qualidades que podem satisfazer um ou mais usos. A SEQ - *Eaux Souterraines* considera cinco tipos principais de usos produção de água potável, uso em indústrias, energia, irrigação e dessedentação de animais.

Segundo Oliveira, Negrão e Silva (2007), o Índice Geral de Qualidade SEQ – *Eaux Souterraines* reagrupa os parâmetros por alterações de qualidade, por exemplo: nitratos, pesticidas, hidrocarbonetos; e considera o índice variando entre zero e 100, sendo o valor zero (água de pior qualidade) e o valor 100 (água da melhor qualidade).

A partir daí e para cada uma das alterações, é definido um subíndice de qualidade por alteração que corresponde ao menor índice calculado para o conjunto de parâmetros que descrevem a alteração. De acordo com o valor do subíndice, a qualidade da água é materializada por uma das cinco cores conforme a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Cores e valores utilizados no Subíndice do SEQ - *Eaux Souterraines*

Valor	Qualificação	Cor
80 – 100	Água de alta qualidade sem contaminação. Significativamente, em seu estado natural ou muito próximo do mesmo.	
60 – 79	Água de boa qualidade.	
40 – 59	Água de qualidade média.	
20 – 39	Água de má qualidade.	
0 - 19	Água de muito má qualidade.	

Adaptado de Fournier (2001)

Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas - IQNAS

Segundo Almeida (2007), a formulação do IQNAS foi baseada na metodologia utilizada para obtenção do índice de qualidade construído pela NSF para as águas superficiais, adaptado pela Cetesb com o nome de IQA – Índice de Qualidade de Água. O IQNAS utiliza os parâmetros: cloreto, pH, resíduos totais, dureza, flúor, e nitrato,

considerados os parâmetros químicos mais significativos para se avaliar a qualidade das águas subterrâneas dos vários tipos de domínios hidrogeológicos (sedimentar, metassedimentar, cárstico e cristalino).

O IQNAS tem limitações, pois abrange somente cátions e ânions sendo voltado para a qualidade natural das águas. Para qualificar adequadamente a água dos aquíferos que estão localizados em áreas que apresentem vetores de contaminação deverá ser usado outro tipo de indicador que leve em conta as alterações de qualidade natural das águas e os elementos tóxicos presentes na mesma (ALMEIDA, 2007).

$$IQNAS = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i^{wi} \quad (\text{Equação 3})$$

Tabela 3 - Intervalos de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas

Valor	Qualificação
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
0 – 36	Inaceitável

Adaptado de Almeida 2007

Segundo Oliveira, Negrão e Silva (2007), o IQNAS foi elaborado semelhante ao IQA-CETESB, o cálculo envolve pesos e notas, extraídas de gráficos da concentração do parâmetro hidroquímico, versus a qualidade da água, ou nota,

Ainda segundo os mesmos autores, os dados de IQNAS foram utilizados para construir os mapas de qualidade das águas dos seguintes domínios aquíferos: Coberturas Detríticas; Bacias Sedimentares; Metassedimentar, Cárstico e Embasamento Cristalino.

Índice de Qualidade de Águas Subterrâneas Destinadas ao Uso na Produção de Água Potável - IQUAS

O índice IQUAS está voltado para o uso do recurso na produção de água potável. Desse modo, escolhidos os parâmetros e traçadas as curvas de qualidade de

cada um deles com a finalidade de exprimir a qualidade requerida para produção de água potável, obteve-se as equações dos subíndices (ALMEIDA, 2007).

Segundo Almeida (2007), o cálculo do índice incluiu a aplicação das equações individuais a cada um dos 13 parâmetros: Turbidez, Ferro, Manganês, Coliformes Termotolerantes, Cloreto, Dureza, Fluoreto, pH, Sulfatos, Nitrato, Amônia, Mercúrio Total e Benzeno. Agregação destes parâmetros nos grupos “Índices por Alteração” e agregação no índice final que resulta na formulação do Índice de Qualidade de Água Subterrânea (IQUAS).

$$IQUAS = I_{BIO}^{0,19} * I_{FEMN}^{0,06} * I_{MS}^{0,19} * I_{PS}^{0,06} * I_{NI}^{0,19} * I_{AMO}^{0,06} * I_{MIN}^{0,06} * I_{ORG}^{0,19} \quad (\text{Equação 4})$$



Tabela 4 - IQUAS - Produção de Água Potável - Índices e Peso dos Grupos de Alteração

Índice	Alteração	Parâmetros	Importância Atribuída	Peso
IBIO	Microorganismos	Coliformes Termotolerantes	Muito Importante	0,19
IFEMN	Ferro e Manganês	Ferro e Manganês	Importância Relativa	0,06
IMS	Mineralização e Salinidade	Cloreto, Dureza, Fluoreto, pH, Sulfatos	Muito Importante	0,19
IPS	Partículas em Suspensão	Turbidez	Importância Relativa	0,06
INIT	Nitratos	Nitrato	Muito Importante	0,19
IAMO	Nitrogenados (fora Nitrato)	Amônia	Importância Relativa	0,06
IMIN	Micropoluentes Minerais	Mercúrio Total	Importância Relativa	0,06
IORG	Micropoluentes Orgânicos	Benzeno	Muito Importante	0,19

Adaptado de Almeida (2007),

Do cálculo das equações dos parâmetros, agregação dos índices de alteração e aplicação da equação final do IQUAS resulta um número adimensional na faixa de 0 a 100 que descreve as cinco classes de qualidade das águas subterrâneas (ALMEIDA, 2007).

Tabela 5 - Intervalos de Qualidade das Águas Subterrâneas para uso na produção de água potável

Valor	Qualificação	Cor
80 – 100	Ótima	
52 – 79	Boa	
37 – 51	Regula	
20 – 36	Ruim	
0 – 19	Péssima	

Fonte: Almeida 2007.

8. IQASR - Índice de Qualidade de Água Subterrânea Regional

A importância da criação de um Índice de Qualidade de Água Subterrânea Regional - IQASR como ferramenta para gestão da água subterrânea pelo Pólo Petroquímico, se deve ao comprimento do Programa Atuação Responsável (AR), nele se valoriza uma melhor comunicação com o público em geral, com o uso de uma linguagem comum e criando um sinergismo maior entre as próprias indústrias, as comunidades e os órgãos de governo.

Um índice facilita comunicação com o público, permite sintetizar informações em apenas um número, dentre outras vantagens e oportunidades do seu uso. Sendo que a criação do IQASR não implicara dificuldades, devido às licenças de operação do Pólo que desde a primeira apresentam como condicionantes o monitoramento das águas subterrâneas, tanto pelo COFIC como pelas empresas do Pólo individualmente.

Para a criação do IQASR a disponibilidade de dados confiáveis é imprescindível, tendo o COFIC informações desde o ano de 1990, sendo um total de 21 anos de informações coletadas. Esses resultados sendo bem analisados facilitarão a elaboração da equação do IQASR, além disso, a análise da eficácia, aplicabilidade e aspectos positivos que podem ser agregados dos outros índices subterrâneos citados nesse artigo, pode vir a facilitar a viabilizar a sua aplicabilidade.

Além disso, o Pólo se antecipa ao enquadramento das águas subterrâneas pelos órgãos governamentais conforme exigido na resolução do Conama nº 396/2008, sendo essa iniciativa do COFIC uma forma de facilitar a comunicação com órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização das águas subterrâneas, podendo o COFIC apoiar na criação dos índices que serão elaborados pelo Governo para a região onde está instalado ou até mesmo sugerir o IQASR como ferramenta já implementada e testada.

9. CONCLUSÕES

O índice IQUAS desenvolvido por Almeida (2007) está voltado para o uso do recurso na produção de água potável, não sendo possível seu uso em outras situações. A autora constatou a necessidade de abordagens diferenciadas para os demais usos, sugerindo novos estudos para avançar na formulação de índices específicos

O índice deve ser parte de um sistema de indicadores. É uma informação importante, mas complementar. O IQASR não deve ser a única fonte de informação que pode influenciar na tomada de decisões em relação ao manancial estudado. Todas as decisões devem ser integradas às dimensões econômicas e sociais relacionadas ao uso do recurso, atual e futuro. Além disso, é muito importante destacar que o aquífero é um componente significativo do ciclo hidrológico.

Vale ressaltar que o índice tem validade finita, precisa ser revisto periodicamente, pois novas substâncias ou novas informações sobre substâncias prejudiciais surgem a todo o momento, seja por novas pesquisas ou pela colocação de novos produtos no mercado. Cabe mencionar que no Pólo de Camaçari, com a chegada de novas empresas como as do Pólo Acrílico, novas substâncias químicas podem ser inseridas, assim como, pode ocorrer alterações devido o fechamento de outras empresas.

10. REFERÊNCIAS

ABBASI S.A., **Water Quality Indices: State – of – the – art**. Centre for Pollution Control & Energy Technology Pondicherry University, R. Venkataraman Nagar Kalapet, Pondicherry – 605 014.

ALMEIDA, R.A.S. ;**Índice de Qualidade de Águas Subterrâneas Destinadas ao Uso na Produção de Água Potável (IQUAS)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador - BA, 2007.

BARBOSA, A. C.; **Responsabilidade Social Corporativa do Pólo Industrial de Camaçari: A Influência do Conselho Comunitário Consultivo**. Salvador-Ba, 2003.

CANDIA, C. I. **A Construção de um Indicador de Qualidade de Água para Gestão de Bacia Hidrográfica usando Análise Fatorial**. Dissertação. Campo Grande-MS, 2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. Anexo V. Índices de Qualidade das Águas**. Secretaria Do Meio Ambiente. São Paulo, 2006.

FINETTO, M.; **Monitoramento Estratégico**. Revista Águas Subterrâneas, Ano 2 – nº 10, Maio / Junho, p. 22-25, ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2009.

FOURNIER, I.L. **SEQ-Eaux Souterraines – Système d'évaluation de la qualité**. Revue de L'Agence del'eau, n.81, p.19, Fevereiro, França 2001.

FRAGOSO JÚNIOR, C.R., SOUZA, C.F., FREIRE, C.C., BUARQUE, D.C.; **Modelo para Gestão de Águas Subterrâneas**. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis - SC, 2002.

GUZZO, M. C. S.. **Indicadores Ambientais de Qualidade de Águas para Bacias Hidrográficas**. Dissertação de Mestrado. Vitória - ES, 2002.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima; **Monitoramento da Qualidade das Águas das Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia (Programa Monitora)**. Série Águas da Bahia V. 3 Gestão de Recursos Hídricos, 1ª Edição, Salvador - BA, 2009.

OLIVEIRA, I.B., NEGRÃO, F.I., SILVA, A.G.L.S.; **Mapeamento dos Aquíferos do Estado da Bahia Utilizando o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas – IQNAS**. Águas Subterrâneas, v.21, n.1, p.123-137, 2007.

OLIVEIRA, R.E.S. **Construção de um Sistema de Indicadores de Qualidade das Águas Superficiais numa Bacia Hidrográfica**. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. 2007.

OLIVEIRA, R.E.S, LIMA, M.M.C.L. & Vieira, J.M.P., **An Indicator System for Surface Water Quality in River Basins**, In The Fourth Inter-Celtic Colloquium on

Hydrology and Management of Water Resources, 11 – 14 de Julho, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. 2005.

PROENÇA, C.N.O. **Definição de Parâmetros Significativos para Avaliação da Qualidade dos Corpos de Água em Região Semi-Árida Visando o seu Enquadramento.** Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana. Salvador - Bahia, 2004.

SANTOS, C.P.L.; **Análise Geofísica das Características Hidráulicas da Falha de Salvador na Região de Arembepe - BA.** Dissertação - Pós-Graduação em Geofísica. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador - Ba, 2003.

SANTOS, P.R.P., OLIVEIRA, I.B.; **Avaliação do Gerenciamento das Águas Subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte, Estado da Bahia, Utilizando a Concessão da Outorga de Uso Como Indicador do Nível de Gestão.** Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo - SP, 2007.

SANTOS, P.R.P.; **Estudo da Vulnerabilidade à Poluição do Aquífero Marizal na Região de Influência do Pólo Industrial de Camaçari (PIC).** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador - BA, 2010.

SILVEIRA JUNIOR, J.S.C.; **Avaliação do Grau de Internalização da Proteção da Água Subterrânea no Pólo Industrial de Camaçari.** Dissertação de Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo, Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador – BA, 2004.

ZOBY, J.L.G.; **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.** Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal – RN, 2008.