

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZADA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO UTILIZANDO O ÍNDICE DE DINIUS – ESTUDO DE CASO.

Anita M. de Lima ¹; Josette Lourdes de S. Melo², Everaldo D. de Morais ³, Ramon Davi de M. Costa³, Talitha Borges³ & Karla Jussara. dos Santos³.

Resumo – As águas subterrâneas são geralmente utilizadas em sistemas de irrigação, abastecimento industrial e predial e, em algumas cidades, compõem parcela importante para os sistemas públicos de abastecimento de água. Uma ferramenta que pode auxiliar a avaliação mais objetiva de todos os dados obtidos e na qualificação da água, são os índices de qualidade de água, que trazem na sua composição sub-índices relacionados com os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do Índice de Qualidade de Água proposto por Dinius com a inserção de dois parâmetros – nitrogênio amoniacal e nitrato. Os testes com o índice de qualidade de Dinius não foi representativo quanto a expressar qualidade da água quando parâmetros se apresentam fora dos padrões de potabilidade, como por exemplo nitrato.

Abstract – Groundwater is generally used in irrigation systems, and industrial land supply and in some cities, important component part for the systems of public water supply. A tool that can help more objective evaluation of all data and the classification of the water, are the water quality index, they bring in their composition sub-index related to the physico-chemical and bacteriological. This study aimed to evaluate the use of the Water Quality Index proposed by DINIUS with the insertion of two parameters - ammonia nitrogen and nitrate. Tests with the index of quality of DINIUS was not representative to express water quality parameters when they are outside of patterns of drinking, such as nitrate.

Palavras-Chave – Água subterrânea, Poços, Índices de Qualidade de Água.

¹ Doutoranda: R. Brasópolis, 105. Fone 84 88016487, anita@eq.ufm.br

² Coordenadora: josette@eq.ufm.br

³ Alunos de Graduação

1 - INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são geralmente utilizadas em sistemas de irrigação, abastecimento industrial e predial e, em algumas cidades, compõem parcela importante para os sistemas públicos de abastecimento de água. Nesses sistemas de abastecimentos dos grandes centros urbanos os poços estão vulneráveis a processos de contaminação e posterior redução na qualidade da água ofertada.

A avaliação e acompanhamento da qualidade da água em sistemas de abastecimento de água é realizada através de redes de monitoramento onde são elencados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos contemplados na legislação aplicável. Geralmente a quantidade de dados gerados nessas redes de monitoramento ao longo do tempo é grande e, retardando o parecer objetivo sobre a qualidade da água que está sendo oferecida. Na maioria dos casos, das dezenas de parâmetros avaliados por amostragem nas centenas de pontos da rede de monitoramento a determinação da qualidade é referente aos parâmetros que oferecem risco direto à saúde da população, como por exemplo a presença de coliformes e concentrações de nitrato acima de 10 mg/L. Deixando para depois a avaliação conjunta de todos os dados e retardando ações de gerenciamento do sistema.

Uma ferramenta que pode auxiliar a avaliação mais objetiva de todos os dados obtidos e na qualificação da água, são os índices de qualidade de água, que trazem na sua composição sub-índices relacionados com os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos.

A cidade do Natal cresceu rapidamente nos últimos anos, aumentando consideravelmente a demanda por água em quantidade e, principalmente, em qualidade. O sistema de abastecimento da cidade é baseado em captação de mananciais de superfície e exploração de poços, sendo esta última modalidade responsável por cerca de 67% de todo o sistema.

A urbanização crescente da cidade do Natal, não foi acompanhada, na mesma velocidade, da implantação dos serviços de esgotamento e tratamento dos efluentes domésticos sendo, a disposição no solo, através do sistema de fossa séptica e sumidouro, o destino mais usual de grande parte dos efluentes das residências da cidade (cerca de 70%). O solo arenoso e as características geológicas do aquífero Barreiras permitem a infiltração de parte da matéria orgânica originada nas fossas propiciando a alteração nas características físico-química e bacteriológica da água.

A partir de 2003, em projeto Coordenado pela ARSBAN – Agência Reguladora de Saneamento Básico de Natal, foi estabelecido uma rede de monitoramento contemplando os 2 mananciais de superfície, todos os poços de captação do sistema e 100 pontos residenciais, resultando em milhares de dados que não são devidamente avaliados em relação a qualidade geral da água ofertada ou disponível no sistema.

Na determinação da qualidade de água de ambientes lênticos e lóticos há na literatura muitos índices propostos, porém quando se trata das águas subterrâneas há poucas opções de índices que possam traduzir com alguma precisão a qualidade da água explotada. Nesse contexto a construção de um índice específico para águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público demanda ampla discussão sobre quais parâmetros, entre os apresentados pela legislação, mais representativos e de determinação acessível à maioria dos laboratórios. Como passo inicial podemos realizar testes com índices já existentes para avaliar sua adequação.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do Índice de Qualidade de Água proposto por Dinius com a inserção de dois parâmetros – nitrogênio amoniacal e nitrato. Utilizando a série de dados obtidos no monitoramento realizado nos anos de 2003, 2006 e 2007 nos poços tubulares explorados pela concessionária responsável pelo o abastecimento de água potável à cidade do Natal, CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte.

2 – ASPECTOS GERAIS

2.1 – Águas subterrâneas

As águas subterrâneas constituem a maior reserva estratégica de água doce do planeta, sendo que no Brasil as reservas são estimadas em 112 bilhões de metros cúbicos, com uma disponibilidade de 5.000 m³/habitante/ano (CETESB, 2001).

A utilização dos recursos hídricos subterrâneos apresenta muitas vantagens em relação aos mananciais de superfície. Na maioria dos casos, especialmente nas pequenas e médias cidades, o abastecimento é facilmente atendido por poços tubulares profundos ou outras obras de captação, cujos prazos de execução são mais curtos e de menor custo, o que possibilita a maior flexibilidade nos investimentos. Além disso, os mananciais subterrâneos são naturalmente mais bem protegidos dos agentes poluidores do que as águas superficiais, portanto, a água captada quase sempre dispensa tratamento (CETESB, 2001).

De acordo com Melo e Figueiredo (1990), na área de Natal são reconhecidas duas unidades geológicas principais, que são: os sedimentos Barreiras, do terciário e as areias de Dunas, do quaternário. Que apresentam conexão vertical por drenagem vertical, preferencialmente descendente, através da seqüência argilo-arenosa, caracterizada como “aquitard” (Figura 01).



Figura 01. Formação dunas barreiras exposta. (Fonte: Idema, 2005).

Embora as águas subterrâneas sejam, naturalmente, mais protegidas dos agentes contaminantes do que as superficiais, a grande expansão das atividades antrópicas, nas áreas urbanas e rurais, tem provocado a poluição pontual das águas subterrâneas, sobretudo através dos lixões, aterros industriais, armazenamento, manuseio e descarte inadequados de produtos químicos, efluentes e resíduos, incluindo o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes. Observa-se ainda que, os próprios poços tubulares, cisternas e cacimbões, quando construídos sem o devido acompanhamento técnico de profissional capacitado e fora das exigências das normas técnicas, constituem-se em possível fonte de contaminação dos aquíferos, comprometendo a sua qualidade, particularmente devido à contaminação por agentes biológicos, associados à falta de saneamento básico (CETESB, 2001).

2.2 – Índices de Qualidade de Água

Índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que serve para facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores (GASTALDINI & SOUZA, 1994, *apud* PNMA, 2006). Em geral, um Índice de Qualidade de Água (IQA) é um número adimensional que exprime a qualidade da água para os diversos fins. Esse número é obtido da agregação de dados físico-químicos, bacteriológicos, químicos por meio de metodologias específicas.

Na Tabela 1 estão apresentados os índices para avaliação da qualidade da água, sendo onze deles referentes às águas superficiais e somente três voltados para o compartimento subterrâneo. De acordo com Almeida (2007) muito provavelmente, são mais freqüentes os índices para avaliação das águas superficiais porque estes foram os primeiros mananciais a serem atingidos pela poluição, principalmente aquela decorrente dos efluentes urbano, e, portanto houve maior necessidade de elaboração de índices para avaliar a qualidade dessas águas.

Alguns índices foram desenvolvidos utilizando a técnica de pesquisa de opinião em um largo painel de especialistas em qualidade da água, como os desenvolvidos por Prati, McDuffie, Dinius e Dunnette. Nos métodos de pesquisa de opinião, a técnica DELPHI é a que tem sido mais utilizada. Após a seleção de parâmetros por um dos métodos estatísticos ou de opinião, é necessário uniformizar os dados, devido às escalas diferentes para águas poluídas e não poluídas e isto é possível através de funções matemáticas distintas (PNMA, 2006).

Tabela 1. Resumo do número de parâmetros e escala de variações dos índices.

Discriminação	Nº de parâmetros	Escala	Faixa
Índices de Uso em Geral			
Horton	10	Decrescente	0 a 100
IQA-NSF	9	Decrescente	0 a 100
Prati	13	Crescente	0 a 15 ⁺
Dinius	11	Decrescente	0 a 100
McDuffie	8	Crescente	0 a 1000 ⁺
Índices de Uso Específico			
O'Connor - FAWL	9	Decrescente	0 a 100
O'Connor	13	Decrescente	0 a 100
Duninger e Landwash	11 / 13	Decrescente	0 a 100
Walsk e Parker	12	Decrescente	0 a 1
Stoner – abast. público	13 ²	Decrescente	-100 a 100
Stoner - irrigação	16 ²	Decrescente	-100 a 100
Nemerow e Sumitomo	14	Crescente	0 a 1 ⁺
Índices de Planejamento			

MITRE-PDI	1	Crescente	0 a 1
MITRE NPPI	1	Crescente	0 a 1
MITRE PAI	1	Crescente	0 a 1
Inhaber	1	Crescente	0 a 1
Zoetman	1	Crescente	0 a 1000 ⁺

Fonte: Torres *et al*, 2001 *apud* PNMA, 2006.

- (1) Pode ser utilizada qualquer quantidade de parâmetros. (2) Só estão considerados os parâmetros que afetam a saúde e as características estéticas.

2.2.1 – Índice de Qualidade de Dinius

O índice inclui 11 parâmetros e é baseado no somatório ponderado dos subíndices, determinados através de funções matemáticas, sendo que cada um deles foi desenvolvido a partir de pesquisa na literatura científica. Dinius elaborou 11 equações para os subíndices, baseadas em estudos realizados por vários especialistas (Tabela 2). Os pesos também foram baseados em estudos da importância de cada parâmetro poluente. Considerava que usos específicos da água poderiam ser adaptados através da interpretação do valor do índice para cada uso da água (PNMA, 2006).

Tabela 2. Parâmetros e pesos do índice de Dinius

Parâmetro	Equação	Peso
OD %	$I = x$	W= 5
DQO (mg/L)	$I = 107X^{-0,642}$	W=2
Coliformes totais – NMP/100ml	$I = 100X^{-0,30}$	W=3
Coliformes fecais – NMP/100ml	$I = 100(5X)^{-0,30}$	W=4
Cloretos (mg/L)	$I = 125,8X^{-0,207}$	W=0,5
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	$I = 10^{1,974-0,00132X}$	W=1
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	$I = 108X^{-0,178}$	W=0,5
pH	$X < 6,7 \quad I = 10^{0,2335X+0,44}$	W= 1
	$7 \leq X \leq 7,58 \quad I = 100$	W= 1
	$\geq 7,58 \quad I = 10^{4,22X-0,293}$	W= 1
Temperatura	$I = -4(X_a - X_b) - 112$	W= 2
Cor (mg PtCo/L)	$I = 128X^{-0,288}$	W=1

Fonte: OTT, 1978 *apud* PMNA, 2006.

Este índice obedece a uma escala que varia de 0 a 100% representada por funções matemáticas explícitas. A distribuição dos pesos é referente a uma escala básica

de importância denotada por: muito pequena (1), pequena (2) média (3), grande (4), importância muito grande (19) tendo como somatório de pesos 21.

O Cálculo do índice de Dinius é realizado segundo equação 01.

$$I = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^n W_i Q_i \quad \text{Eq. 01}$$

3 - METODOLOGIA

A metodologia adotada, inicialmente, na abordagem dos pontos a serem coletados foi a de seguir o sistema de monitoramento estabelecido pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte). Esta estratégia permitiu conhecer o sistema de distribuição de forma mais completa e ampliar a malha amostral no intuito de identificar a abrangência das zonas críticas nas campanhas posteriores, culminando com a proposição da ARSBAN (Agência Reguladora de Saneamento Básico de Natal) de um sistema próprio de monitoramento da rede de distribuição atual. O período de amostragem foi de 2003 a 2007.

Na determinação das concentrações dos parâmetros físico químicos e bacteriológicos, nas amostras coletadas, foram utilizados os métodos preconizados pelo AWWA (1995).

Na determinação dos índices de qualidade nos poços foi escolhido o Índice de Qualidade de Dinius, em função dos dados já existentes obtidos nas campanhas de 2003, 2006 e 2007, porém o índice de Dinius não contempla os parâmetros nitrato e amônia que são indicadores importantes de contaminação. Sob este aspecto, estes parâmetros foram inseridos no índice nesta avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea. As equações para nitrato e amônia foram utilizadas as propostas por Almeida (2007) e apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Equações de qualidade para pás parâmetros nitrato e amônia.

Parâmetro	Equação	Peso
Nitrato (mg N-NO ₃)/L	X ≤ 1,5 I=100 X > 1,5 I= 115,78X ^{-0,3314}	W=5
Amônia (mg/L)	X ≤ 0,1 I=100 X > 0,1 I= 56,703X ^{-0,2324}	W=5

Fonte: ALMEIDA, 2007.

Com a inserção desses dois parâmetros a equação geral para o cálculo do índice de qualidade da água dos poços utilizando como base o índice de Dinius fica reescrita da seguinte forma:

$$I = \frac{1}{31} \sum_{i=1}^n W_i Q_i \quad \text{Eq. 02}$$

Para esta avaliação preliminar foram utilizados dados físico-químicos e bacteriológicos de 24 poços integrantes da rede de abastecimento público da cidade do Natal e que foram avaliados nos anos de 2003, 2006 e 2007.

4 – RESULTADOS

As figuras abaixo apresentam os índices de Dinius calculados nos poços monitorados e a concentração de nitrato correspondente. Os índices obtidos indicam, neste teste, que a água dos poços apresentaram qualidade excelente a boa nas amostras coletadas em 2003, sendo observada descréscimo, porém mantendo a qualidade na categoria boa nos anos de 2006 e 2007.

Nessa avaliação, quando comparamos as concentrações de nitrato, não observamos decréscimos significativos nos valores dos índices calculados quando para valores de nitrato acima de 10 mg N-NO₃/L, situação apontada fora dos padrões de potabilidade de acordo com a legislação (Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde).

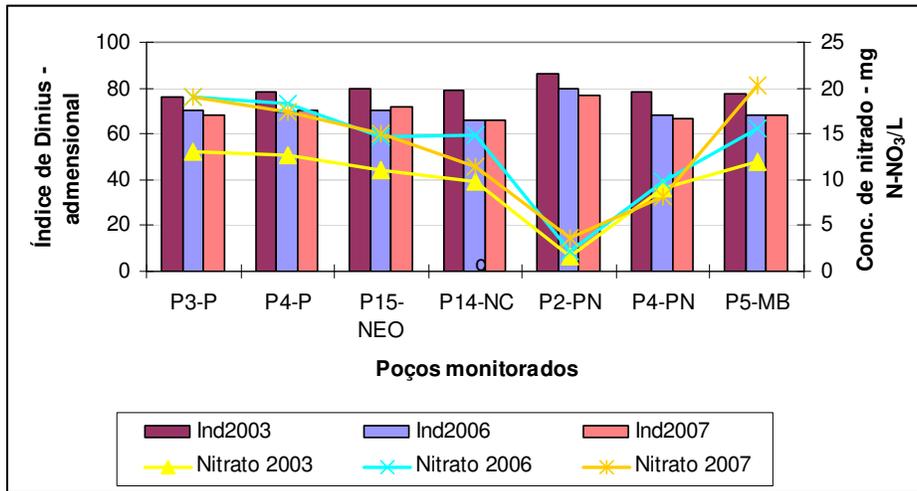


Figura 2. Distribuição do Índice de Qualidade de Dinius e concentração de nitrato nos poços de Pirangi, Neópolis, Novo Campo, Ponta Negra e Morro Branco.

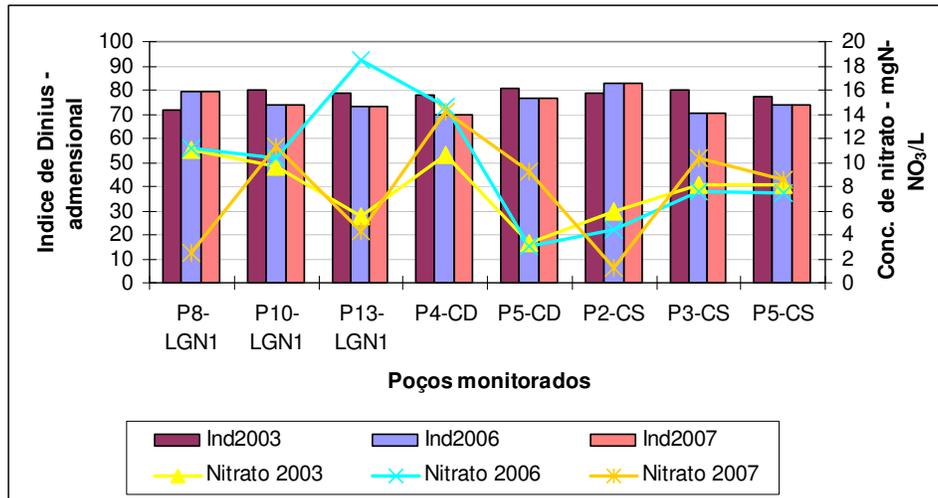


Figura 3. Distribuição do Índice de Qualidade de Dinius e concentração de nitrato nos poços de Lagoa Nova I, Candelária e Cidade Satélite.

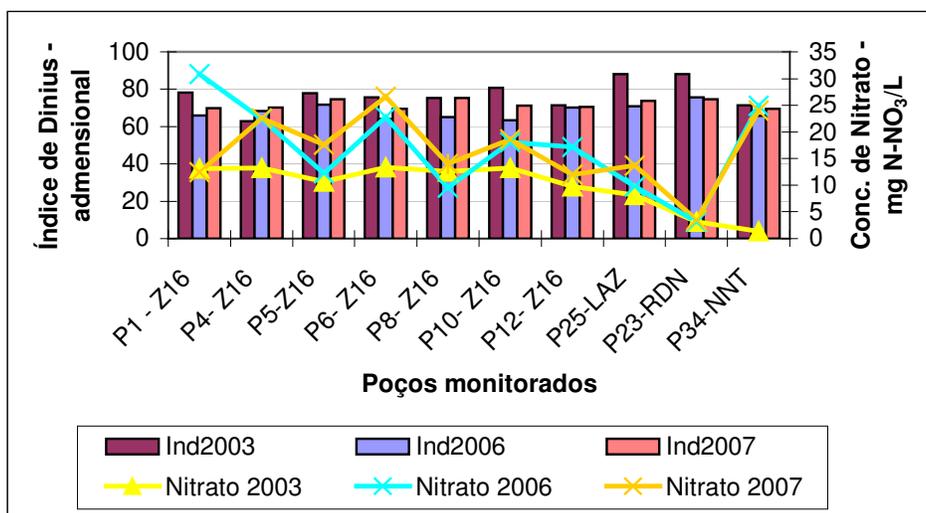


Figura 4. Distribuição do Índice de Qualidade de Dinius e concentração de nitrato nos poços da Zona 16, Lagoa Azul, Redinha Nova e Nova Natal.

5. CONCLUSÃO

A utilização de Índices de Qualidade de Águas Subterrâneas utilizada para abastecimento público pode ser uma importante ferramenta no acompanhamento da qualidade da água ofertada e na identificação imediata de fontes de poluição. Desde que na sua construção ocorra a preocupação de eleger os parâmetros indicados pela legislação.

Os testes com o índice de qualidade de Dinius não foi representativo quanto a expressar qualidade da água quando parâmetros se apresentam fora dos padrões de potabilidade, como por exemplo nitrato.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. A. S. 2007. Índice de qualidade de águas subterrâneas destinadas ao uso na produção de água potável (IQUAS). Dissertação de mestrado, UFBA, Salvador.
- APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 19.ed. Washington: American Public Health Association, 1995.
- CETESB, 2001. Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 1998 – 2000 - São Paulo : CETESB, 2001. 96 p. + anexos: il. ; 30 cm. - (Série Relatórios/CETESB, ISSN 0103-4103).

MELO, J. G. e FIGUEIREDO E. M. 1990. Comportamento hidráulico e vulnerabilidade do sistema aquífero Dunas/Barreira à poluição na área de Nata (RN). Revista Água Subterrânea, n. 13, p. 97-110. Disponível em <http://ojs.czsl.ufpr.br/ojs2/index.php/asubterraneas> www.rn.gov.br/secretarias/idema/imagens/banco/grandes/dunas_barreira_3_72.gif.

Acesso em 30 de março de 2005.

PNMA, Índice e indicadores de água – revisão literária. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>. Acesso em 15 de julho de 2006.