

Aplicabilidade do Índice de Qualidade do Uso da Água (IQUA) como ferramenta de auxílio para a gestão de bacias hidrográficas

Rudinei Kock Exterckoter*
Sandro Luis Schlindwein**

Resumo

A sociedade contemporânea constantemente dá sinais de preocupação com as questões relacionadas à exploração dos recursos hídricos. Afinal, ainda se enfrentam dificuldades para garantir água em padrões de qualidade e quantidade adequada para os diferentes usos da sociedade, bem como nota-se a carência de instrumentos de gestão que possibilitem avaliar e orientar o ser humano em suas relações no uso da água. Diante disso, este trabalho se propôs a estudar a aplicabilidade do Índice de Qualidade do Uso da Água (IQUA) como ferramenta metodológica para auxiliar no processo de gestão de Bacias Hidrográficas. A parte experimental da pesquisa foi desenvolvida em uma área de 522 km² da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul (SC). Por sua vez, o IQUA constituiu-se em uma ferramenta metodologia de fácil aplicação e de grande relevância para avaliação do desempenho humano no uso da água em bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Desempenho ambiental; Indicadores; gestão dos recursos hídricos.

* Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia
(rudinei.exterckoter@ifc-concordia.edu.br).

** Universidade Federal de Santa Catarina (sandro.schlindwein@ufsc.br).

Abstract

Contemporary society frequently expresses its concern when considering the range of issues related to the exploitation of water resources. After all, still is necessary not only to address the existing difficulties to guarantee water within certain standards of quality and quantity suitable to fulfill the different needs of society, but also there is a lack of tools to assess and to guide human beings in the quality of their relationships when using water. Therefore, the aim of this work was to study the applicability of the Index of Water Use Quality (IQUA) as a methodological tool to help the management of watersheds. The experimental part of the research was carried out in a 522 km² area within the Cubatão do Sul River Watershed, in Santa Catarina State, southern Brazil. The Index of Water Use Quality has been proved to be a methodological tool of easy application, and of high relevance for assessing human performance in the use of water in watersheds.

Key words: Indicators; Water resource management; Environmental performance; Watershed.

Introdução

O crescimento da demanda mundial por água em quantidade, com qualidade e regularidade adequada para atender múltiplos usos, é um tema recorrente nos meios técnicos e científicos nacionais e internacionais. Este crescimento tende a se tornar uma das maiores pressões antrópicas sobre os recursos naturais do planeta. Dados da Organização das Nações Unidas – ONU (2008), apontam que o crescimento da população mundial nos próximos 25 anos requererá 17% de aumento da disponibilidade de água para irrigação e 70% para abastecimento urbano. Estes aumentos,

EXTERCKOTER, R.K. & SCHLINDWEIN, S.L. Aplicabilidade do Índice ...
associados aos demais usos, deverão representar um acréscimo de 40% na demanda total de água.

Neste contexto global, o Brasil encontra-se em destaque por possuir a maior disponibilidade hídrica do planeta. Segundo Freitas et al. (2001), o Brasil dispõe de 13,8% do deflúvio médio mundial, onde a produção hídrica, em território nacional, é de 182.170 m³/s, o que equivale a um deflúvio anual de cerca de 5.744 km³. Contudo, apesar desta condição privilegiada, nos deparamos com condição crítica de disponibilidades de água principalmente no semi-árido nordestino, em áreas agrícolas com irrigação intensa, e em regiões urbanas com elevada densidade demográfica (MELLO et al., 2008). Ainda segundo esses autores, dados do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) sugerem que nas próximas décadas deve aumentar a frequência de eventos extremos de temperatura, de precipitação, de seca e de enchentes, que poderão influenciar negativamente a disponibilidade de água para os diversos usos.

Este cenário aponta para a necessidade de se promover uma gestão eficiente, não só para preservar e garantir o acesso aos recursos hídricos nos diversos pontos do território brasileiro para as gerações atuais, mas também para possibilitar às gerações futuras as condições de acesso a esses recursos.

Como uma tentativa de resposta a estas preocupações, o Brasil adotou um novo modelo de gestão dos recursos hídricos a partir da Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Este novo modelo implicou em sérios desdobramentos sobre a gestão desses recursos, especialmente pela adoção de um recorte espacial específico para a gestão dos recursos hídricos, a Bacia Hidrográfica. A criação desse novo espaço de gestão implica no envolvimento dos mais diversos interessados no processo de decisão.

Contudo, independentemente de todo este processo de mudança institucional que estamos vivenciando com a política nacional de recursos hídricos, Mello et al. (2008) afirmam que a tendência de se acentuar o conflito entre o uso da água para a

agricultura e o abastecimento humano em algumas regiões brasileiras continua presente, podendo até se acentuarem, principalmente se os efeitos projetados das mudanças climáticas se confirmarem.

Portanto, estes fatos reforçam a necessidade de procedimentos e construções metodológicas que auxiliem os Comitês de Bacia Hidrográfica no processo de tomada de decisão (PRUSKI et al., 2011). Conforme já apontado por Exterckoter & Schlindwein (2009) e Exterckoter & Schlindwein (2010), existem construções metodológicas que podem auxiliar no processo de tomada de decisão especialmente por avaliar o desempenho humano no uso da água em Bacias Hidrográficas. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo principal analisar a aplicabilidade do Índice de Qualidade do Uso da Água (IQUA) (D'AGOSTINI, 2004) como ferramenta para auxiliar no processo de gestão de água em Bacias Hidrográficas.

Índice de Qualidade do Uso da Água – IQUA

O Índice de Qualidade do Uso da Água (IQUA) (D'AGOSTINI, 2004), se constitui em uma metodologia que visa definir um indicador capaz de avaliar o desempenho ambiental do ser humano no uso da água e o significado desse uso sobre outros possíveis usos. O resultado do IQUA é uma expressão numérica entre 0 (zero) e 1 (um), em que quanto mais próximo de um, melhor é o desempenho humano no uso da água. Segundo Negri (2004), o IQUA poderá servir de instrumento de planejamento na utilização dos recursos hídricos. Ainda segundo este autor, o IQUA consegue produzir uma informação objetiva de desempenho ambiental, podendo constituir-se em instrumento objetivo na avaliação das formas de utilização dos recursos hídricos.

Dados de qualidade e quantidade de água necessários para aplicação do IQUA

Para determinação do IQUA foi selecionado um trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul (Figura 1), no município de Santo Amaro da Imperatriz (SC), compreendido entre o ponto de monitoramento de qualidade de água da Agência Nacional de Águas em Poço Fundo e o antigo ponto de captação de água da Estação de Tratamento de Água da Companhia Catarinense de Água e Saneamento José Pedro Horstmann (ETA-CASAN-JPH), perfazendo uma área total de drenagem de 522 km². Este trecho da bacia engloba tanto as principais áreas agrícolas como a área urbana do município de Santo Amaro da Imperatriz. É importante salientar que esta área foi selecionada por apresentar diferentes relações de usos do meio, e por já existirem dados de qualidade e quantidade de entrada e saída de água no trecho considerado.

Os dados de vazão de entrada e de saída de água neste trecho da bacia foram obtidos para os anos de 2002 a 2005 junto à ANA (Agência Nacional de Águas), que realiza em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) o monitoramento de qualidade e quantidade da água do Rio Cubatão do Sul nas localidades de Poço Fundo e ETA-CASAN-JPH. Para maior segurança na aplicação da metodologia também foram obtidos dados de qualidade de água mediante coleta de amostras de água. Estas coletas foram realizadas nos meses de maio, junho e julho de 2005 em três diferentes pontos da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul: na estação de monitoramento de quantidade e qualidade de água da ANA de Poço Fundo no município de Santo Amaro da Imperatriz; na estação de monitoramento de quantidade e qualidade de água da ANA junto a ETA-CASAN-JPH no Morro dos Quadros em Palhoça (SC), e à jusante do ponto de encontro do Rio do Braço (Pilões) com o Rio

Cubatão do Sul (corpo receptor)¹. Estas amostras foram analisadas pelo Laboratório da ETA-CASAN-JPH, que colaborou com a determinação da qualidade de água de entrada e saída do trecho da bacia em questão, bem como da qualidade de água do corpo receptor. A justificativa para este procedimento decorre da inconsistência dos dados de qualidade de água fornecidos pela ANA. Embora a ANA apresente as estações de Poço Fundo e da ETA-CASAN-JPH como de monitoramento de qualidade e quantidade de água do Rio Cubatão do Sul, na prática as amostragens de qualidade nem sempre eram realizadas na mesma data, bem como havia variação nos parâmetros analisados em cada amostragem, o que impossibilitou o uso destes dados. Assim, buscou-se uma alternativa para determinar os dados de qualidade garantindo maior segurança na aplicação da metodologia. Este procedimento também foi importante para determinar a qualidade de água do corpo receptor, uma vez que a 1.200 metros do ponto definido como de saída do trecho selecionado da bacia, ocorre o encontro das águas do Rio Cubatão do Sul com seu principal afluente, o Rio do Braço, reconhecidamente com água de melhor qualidade. Sendo assim, este último poderia melhorar a qualidade de água do Rio Cubatão do Sul, interferindo no resultado do IQUA.

¹ Segundo D'Agostini (2004) o corpo receptor é o local que recebe as águas do sistema analisado, e este tem um papel importante na determinação do IQUA. Isto ocorre porque caso a qualidade da água na saída do sistema estudado for inferior a existente no manancial de destino, haverá limitação nas possibilidades de uso da mesma, e portanto o IQUA deve também considerar esse fator.

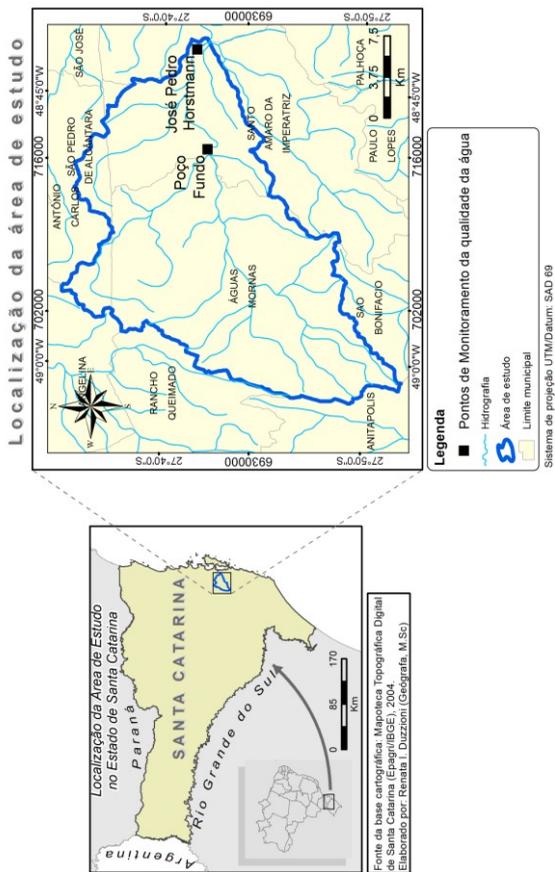


Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento da qualidade de água em Poço Fundo e na ETA-CASAN José Pedro Horstmann na Bacia do Rio Cubatão do Sul (Fonte: ANA, 2011)

Escolha dos parâmetros de qualidade e atribuição de valores para determinar a qualidade de água na obtenção do IQUA

Os parâmetros escolhidos para determinar a qualidade de água de entrada (Q_E), de saída (Q_S) e do destino (Q_D), na área selecionada entre a localidade de Poço Fundo e a ETA-CASAN-

JPH, foram os comumente monitoradas pela ETA em questão (pH, cor, turbidez, alcalinidade e coliformes fecais).

Para a atribuição de valores aos parâmetros de qualidade de água, utilizou-se o critério de notas adotada por Porto (1991) e amplamente utilizada pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB, na obtenção do Índice de Qualidade da Água (IQA). Através deste método, e seguindo as adaptações feitas por D'Agostini (2004), foi atribuída uma nota Q (em que $0 \leq Q \leq 1$) aos parâmetros mencionados anteriormente, de acordo com os valores obtidos nas análises de monitoramento da qualidade de água realizadas com apoio da CASAN na ETA José Pedro Horstmann.

Para a obtenção do IQUA, além de se atribuir valor para cada parâmetro de qualidade, houve ainda a necessidade de se atribuir um único valor para os parâmetros de qualidade de água na entrada (Q_E - Poço Fundo) e qualidade de água na saída (Q_S - ETA-CASAN-JPH) do sistema estudado. Para tanto, foi calculada a média ponderada diária referente aos parâmetros cor, alcalinidade, pH, turbidez e coliformes fecais, através da equação (1) de D'Agostini (2004):

$$QMP = 1 - (\sqrt{\sum \delta_i^2} \cdot n) \quad (1)$$

em que:

QMP = Média ponderada para os parâmetros de qualidade de água;

δ_i = Desvio padrão das notas Q para i parâmetros considerados;

n = Peso atribuído a cada parâmetro i que apresenta desvio (para este trabalho, os parâmetros foram considerados com pesos iguais).

A partir da média ponderada diária para a qualidade de água que entra no sistema de interesse (Q_E) e para a qualidade de água que sai do sistema de interesse (Q_S), foi calculada a média anual para qualidade de água de entrada e saída, obtendo-se assim um único valor para cada ponto estudado para o ano de 2005. Contudo, para determinar a qualidade de água que entra no sistema de interesse, há a necessidade de se contabilizar também a qualidade

EXTERCKOTER, R.K. & SCHLINDWEIN, S.L. Aplicabilidade do Índice ...
de água que entra pela precipitação. Para tanto, aplicamos a equação (2) proposta por D'Agostini (2004).

$$Q_E = ((Q_R \times V_R) + (V_C \times Q_C)) / (V_R + V_C) \quad (2)$$

em que:

Q_E = Qualidade de água que entra no sistema de interesse contabilizando a qualidade da água do rio da chuva;

Q_R = Qualidade da água do rio;

Q_C = Qualidade da água da chuva (para os fins deste trabalho a chuva é considerada com qualidade 1,00);

V_R = Vazão do rio em m^3/s ;

V_C = Volume de chuva em m^3/s (precipitação).

Determinação da quantidade (V) de água que entra e sai do sistema de interesse

Para determinar a quantidade de água que entra (V_E) e que sai (V_S) do sistema de interesse, assim como a quantidade da água do corpo de destino (V_D), foram utilizados dados médios de vazão referentes ao monitoramento realizado pela ANA para Poço Fundo e ETA-CASAN-JPH entre os anos de 2002 e 2005, apresentados na Tabela 1. A escolha de um período para determinar a vazão nos diferentes pontos de interesse é decorrente da tentativa de minimizar os impactos de possíveis erros no monitoramento. Contudo, além da quantidade de água que entra (V_E) através do rio em Poço Fundo, é necessário também contabilizar a quantidade de água que entra na bacia pela precipitação. As informações de precipitação também foram obtidas da ANA e organizadas em totais anuais de precipitação para área de estudo (Tabela 2).

Tabela 1: Dados de vazão de entrada de água em Poço Fundo e saída de água no ponto de coleta da ETA-CASAN-JPH durante os anos de 2002 a 2005 no Rio Cubatão do Sul.

DATA	Poço Fundo Vazão (m³/s)	DATA	ETA-CASAN-JPH Vazão (m³/s)
27/08/2002	6,44	27/08/2002	8,07
20/11/2002	6,27	20/11/2002	8,34
05/02/2003	5,33	05/02/2003	6,20
14/04/2003	5,86	14/04/2003	6,47
25/03/2004	6,58	25/03/2004	7,63
17/08/2004	4,26	17/08/2004	5,75
19/10/2004	7,87	19/10/2004	10,49
06/12/2004	5,71	06/12/2004	7,07
15/03/2005	9,36	15/03/2005	12,27
MÉDIA	6,40	MÉDIA	8,03

Fonte: ANA

Tabela 2: Precipitação mensal e anual para o ano de 2005 na Bacia do Rio Cubatão do Sul.

MÊS	Precipitação Total (mm)ETA-CASAN-JPH 2005
Jan/03	163
Fev/03	285,2
Mar/03	108,5
Abr/03	145,9
Mai/03	200,7
Jun/03	34,3
Jul/03	86,6
Ago/03	150,5
Set/03	343,8
Out/03	243,5
Nov/03	99,9
Dez/03	115,7
Total Anual	1.977,6

Fonte: ANA

Sistematização de relações para o cálculo do Índice de Qualidade do Uso da Água – IQUA

Para obtenção do IQUA é necessário determinar o custo ambiental (CA), que é uma avaliação da qualidade das relações ambientais no uso da água². Quanto menor o custo ambiental melhor será a qualidade do uso da água, conforme equações (3), (4), (5) e (6) de D’Agostini (2004):

$$IQUA = 1 - (CA) \quad (3)$$

em que:

CA é custo ambiental obtido a partir de

$$CA = CAD^{1-CAI} \quad (4)$$

em que:

CA = Custo Ambiental Total;

CAD = Custo Ambiental Direto (verificado diretamente no sistema de interesse avaliado);

CAI = Custo Ambiental Indireto (verificado no manancial de água receptor das águas do sistema de interesse).

Assim, de acordo com as sistematizações de D’AGOSTINI (2004):

$$CAD = (1 - Q_S/Q_E) \times (V_S/V_E) \quad (5)$$

em que:

Q_S = Qualidade de água que sai do sistema de interesse;

Q_E = Qualidade de água que entra no sistema de interesse;

V_S = Quantidade de água que sai do sistema de interesse;

V_E = Quantidade de água que entra no sistema de interesse.

$$CAI = ((1 - Q_S/Q_D) \times \log(V_S+1) / \log(V_D+V_S))^{1/2} \quad (6)$$

em que:

² Para maiores detalhes a este respeito ver D’Agostini (2004).

EXTERCKOTER, R.K. & SCHLINDWEIN, S.L. Aplicabilidade do Índice ...

Q_D = Qualidade da água no curso d'água de destino do despejo (no caso a qualidade de água abaixo da ETA José Pedro Horstmann na junção do Rio Cubatão do Sul e Rio do Braço);

Q_S = Qualidade de água que sai do sistema de interesse;

V_D = Quantidade de água no curso de destino (no caso, a quantidade considerada é a mesma da obtida no ponto da ETA José Pedro Horstmann);

V_S = Quantidade de água que sai do sistema de interesse.

A partir das equações acima, foi calculado o IQUA para o ano de 2005 para o trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, entre as estações de monitoramento de água da ANA de Poço Fundo e ETA-CASAN-JPH.

Resultados e discussão

Para a obtenção do IQUA foram utilizados dados de qualidade e quantidade para a água que entrou (ponto Poço Fundo) e saiu (ponto ETA CASAN) do sistema de interesse distinguido para este estudo. Na Tabela 1 encontram-se as médias para vazão do Rio Cubatão do Sul nos pontos de monitoramento da ANA em Poço Fundo e na ETA-CASAN-JPH. Estes dados foram obtidas a partir de uma série de determinações de vazão ocorridas entre os anos de 2002 e 2005. A escolha de um período de monitoramento e não apenas os dados referentes ao ano de 2005 tem por objetivo garantir maior segurança para a aplicação da metodologia. No entanto, pode-se constatar ainda uma variação no número de leituras da vazão ocorrida nos diferentes anos (vide Tabela 1). Segundo as informações obtidas junto a ANA, esta variação é resultado da dificuldade logística para realização do monitoramento. Em relação à aplicação da metodologia do IQUA no sistema considerado, isso não chega a representar um prejuízo, visto que as entradas e saídas de água foram medidas nos mesmos dias. Por fim, conforme explicitado na metodologia, além da quantidade de água que entra (V_E) no sistema delimitado através do

rio em Poço Fundo, é necessário também contabilizar a quantidade de água que entra na bacia pela precipitação (Tabela 02).

Assim, sabendo-se que a precipitação anual em 2005 foi de 1.977,6 mm e então admitindo-se que choveu uniformemente sobre a área de estudo que é de 522 km², determinamos que o volume de chuva anual gerou um acréscimo no volume de entrada de água no sistema estudado de 33,18 m³/s. A determinação da quantidade de chuva é importante porque além de interferir na quantidade de água de entrada, interfere também na qualidade, visto que se assume aqui que a água da chuva apresenta qualidade ideal, ou seja, 1,00.

Já para a qualidade de água, conforme foi discutido anteriormente, houve a necessidade de se estabelecer outras estratégias que permitissem aferir a qualidade de água nos pontos de interesse. Para tanto, foram realizadas coletas de três amostras de água nos meses de maio, junho e julho de 2005 para os pontos de entrada (Poço Fundo) e saída (ETA-CASAN-JPH) de água da área de estudo. Estas amostras foram analisadas pelo laboratório da CASAN localizado junto a ETA José Pedro Horstmann para os parâmetros coliformes fecais, turbidez, cor, alcalinidade e pH. De posse dos resultados da análise físico-química, foi definida uma nota para cada parâmetro de acordo com o procedimento descrito anteriormente. Já para a determinação de um único valor para os parâmetros de qualidade de água na entrada (Q_E) e qualidade na saída (Q_S) foi calculada inicialmente a média ponderada dos parâmetros analisados, como propõe D'Agostini (2004), e na sequência, foi calculada a média simples das médias ponderadas, originando assim um único valor para a qualidade de água para o ano de 2005. Os dados obtidos pela análise das amostras de água para Poço Fundo e ETA-CASAN-JPH encontram-se expostos nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Resultado das análises da água coletada no ponto de monitoramento da ANA em Poço Fundo (entrada de água do sistema), para os parâmetros de monitoramento da qualidade de água, bem como a nota Q de cada parâmetro, a média ponderada de todos os parâmetros e a média simples das médias ponderadas.

Parâmetros	30/05/05	08/06/05	22/07/05	Média
pH (un)	7,09	7,15	6,99	7,08
Cor (uH)	15,00	15,00	15,00	15,00
Tur (UT)	2,25	3,17	2,73	2,72
Alc (mg/l CaCO ₃)	15,40	15,60	14,40	15,13
C. F. (#/100 ml)	613,10	610,30	613,10	612,10
Nota pH	0,69	0,69	0,69	0,69
Nota Cor	0,93	0,92	0,93	0,93
Nota Tur.	0,94	0,92	0,93	0,93
Nota Alc.	0,46	0,46	0,46	0,46
Nota C. F.	0,00	0,00	0,00	0,00
M. P (Q_E)	0,47	0,47	0,47	0,47

Tabela 4: Resultado das análises da água coletada no ponto de monitoramento da ANA na ETA Casan (saída de água do sistema), para os parâmetros de monitoramento da qualidade de água, bem como a nota Q de cada parâmetro, a média ponderada de todos os parâmetros e a média simples das médias ponderadas.

Parâmetros	30/05/05	08/06/05	22/07/05	Média
pH (un)	6,65	6,78	6,67	6,70
Cor (uH)	25	20	15	20
Tur (UT)	4,71	5,54	5,88	5,38
Alc (mg/l CaCO ₃)	13,40	16,40	15,00	14,93
C. F. (#/100 ml)	1553,00	648,80	816,40	1006,10
Nota pH	0,70	0,69	0,69	0,69
Nota Cor	0,93	0,93	0,93	0,93
Nota Tur.	0,89	0,86	0,87	0,87
Nota Alc.	0,42	0,44	0,46	0,44
Nota C. F.	0,00	0,00	0,00	0,00
M. P (Q_E)	0,46	0,46	0,47	0,46

As médias simples obtidas a partir das médias ponderadas para a qualidade de água de entrada e de saída do sistema considerado (Tabelas 03 e 04) correspondem a média anual para a qualidade de água, que será adotada para o ano de 2005.

No entanto, para a aplicação do IQUA, além da qualidade de água de entrada e de saída do sistema de estudo, é necessário determinar também a qualidade de água do corpo receptor que, para este trabalho, foi definido como o ponto à jusante do local de encontro do Rio do Braço (Pilões) com o Rio Cubatão do Sul. A escolha deste local foi motivada pelo encontro das águas do Rio Cubatão do Sul com seu principal afluente – o Rio do Braço – o qual poderia estar atuando como um melhorador da qualidade da água do Rio Cubatão do Sul, o que poderia implicar na existência de custo ambiental indireto, fato que afetaria o resultado do IQUA. A noção de custo ambiental indireto será melhor discutido na sequência deste trabalho. Portanto, da mesma forma como ocorreu para os demais pontos, foram coletadas e analisadas três amostras de água no mesmo período já apontado anteriormente, assim como foram estabelecidas as notas para os parâmetros, média ponderada e a média simples das médias ponderadas (Tabela 5).

Contudo, para determinar a qualidade de água que entra no sistema de interesse, ainda há a necessidade de se contabilizar também a qualidade de água que entra através da precipitação. Para tanto, foi aplicada a equação (2) de D'Agostini (2004).

Assim, a qualidade de entrada de água em 2005 no sistema considerado, incluída a precipitação, foi a seguinte:

$$Q_{E2005} = ((0,47 \times 6,40 \text{ m}^3/\text{s}) + (33,18 \text{ m}^3/\text{s} \times 1)) / (6,40 \text{ m}^3/\text{s} + 33,18 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$Q_{E2005} = 0,91$$

Tabela 5: Resultados das análises da água coletada no ponto de encontro do Rio Cubatão do Sul e do Rio do Braço (corpo receptor), para os parâmetros de monitoramento da qualidade de água, bem como a nota Q de cada parâmetro, a média ponderada de todos os parâmetros e a média simples das médias ponderadas.

Parâmetros	30/05/05	08/06/05	22/07/05	Média
pH (un)	6,31	6,62	6,75	6,56
Cor (uH)	50	25	25	33,30
Tur (UT)	9,07	5,47	7,09	7,21
Alc (mg/l CaCO ₃)	16,40	14,60	16,10	15,70
C. F. (#/100 ml)	488,40	1119,80	980,40	734,40
Nota pH	0,69	0,69	0,69	0,69
Nota Cor	0,88	0,92	0,93	0,91
Nota Tur.	0,48	0,87	0,49	0,61
Nota Alc.	0,32	0,42	0,42	0,39
Nota C. F.	0,00	0,00	0,00	0,00
M. P (Q_E)	0,39	0,46	0,42	0,42

Cálculo do Índice de Qualidade do Uso da Água – IQUA

Para a obtenção do IQUA foi necessário determinar o custo ambiental (CA) no uso da água para a área de estudo. O CA é resultado da avaliação da qualidade das relações ambientais no uso da água no sistema estudado. Desta forma, o CA é função do custo ambiental direto (CAD) que é verificado diretamente no sistema de interesse avaliado e do custo ambiental indireto (CAI) que é verificado no manancial de água receptor das águas do sistema de interesse avaliado. Portanto, para a sequência deste trabalho foi necessário inicialmente determinar estes custos.

O CAD para o ano de 2005 foi determinado a partir da substituição dos termos da equação (05) de D'Agostini (2004). Assim,

$$CAD_{2005} = (1 - 0,46/0,91) \times (8,03/39,58)$$

$$CAD_{2005} = 0,10$$

Entretanto, para este trabalho, não foi possível determinar custo ambiental indireto (CAI), visto que para o período estudado a qualidade da água do destino (corpo receptor - Q_D) foi sempre inferior ($Q_D = 0,42$) à qualidade de água de saída do sistema de interesse estudado ($Q_S = 0,46$), não caracterizando assim custo ambiental indireto. Conforme estabelece D'Agostini (2004), só ocorrerá custo ambiental indireto quando ocorrer perda de qualidade de água no manancial de destino em função da qualidade da água do manancial à montante. Ou seja, para haver prejuízo no manancial de destino, a qualidade da água no mesmo deve ser superior a qualidade da água recebida.

Vale lembrar ainda, que para o sistema de interesse considerado, o corpo de água receptor está localizado na junção entre o Rio Cubatão do Sul e o Rio do Braço, a aproximadamente 1.200 m do ponto de saída (ETA-CASAN-JPH) do sistema avaliado. Como já se discutiu, o estabelecimento do corpo receptor decorreu do entendimento de que o Rio Cubatão do Sul, ao receber as águas do afluente Rio do Braço, reconhecido pela CASAN como possuidor de água de melhor qualidade, poderia sofrer a influência deste último melhorando a sua qualidade de água, o que poderia vir a implicar na verificação de custo ambiental indireto. Contudo, com base nos dados da Tabela 5 podemos afirmar que mesmo havendo maior qualidade da água do afluente, esta não foi suficiente para elevar a qualidade de água do corpo receptor em níveis superiores à saída do sistema considerado. A baixa qualidade de água do corpo receptor é decorrente da influência da exploração agrícola e da extração de areia existentes na área entre a saída do sistema estudado e o corpo receptor.

A partir da determinação do CAD e da identificação de inexistência de CAI, foi possível calcular o custo ambiental (CA). O CA foi obtido a partir da substituição dos termos da equação (4), proposta por D'Agostini (2004).

Assim,

$$CA_{2005} = CAD^{1-CAI}$$

$$CA_{2005} = 0,10$$

Após a determinação do custo ambiental para os ano de 2005 foi possível determinar o IQUA da área de estudo através da equação (3), tal que,

$$IQUA_{2005} = 1 - (0,10)$$

$$IQUA_{2005} = 0,90$$

O valor do IQUA obtido para o ano de 2005 confere uma nota objetiva para o desempenho ambiental dos usuários de água no sistema estudado. Ou seja, considerando que a variação do IQUA ocorre no intervalo de 0 (zero) a 1 (um), os valores obtidos neste trabalho apontam para uma boa qualidade no uso da água no trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul que compõe o sistema aqui estudado.

Resultado semelhante ao observado neste trabalho foi obtido por Negri (2004) ao aplicar a metodologia do IQUA em cinco microbacias hidrográficas do município de Atalanta (SC), onde observou um bom desempenho ambiental dos usuários de água. Para Negri (2004) um bom desempenho ambiental é caracterizado quando o IQUA é maior que 0,7. Este autor ainda destaca em suas discussões, como explicação para os valores obtidos, a grande preocupação com a aplicação de práticas conservacionistas por parte dos produtores rurais em suas propriedade nas microbacias avaliadas. Da mesma maneira, o bom desempenho humano no uso da água no trecho avaliado da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, pode ser associado à modalidade de ocupação e exploração da área, compreendendo desde intensa atividade agrícola ao turismo ecológico. É importante ainda destacar que mesmo ocorrendo relações de uso que poderiam ser condenadas a partir de um olhar preservacionista, ainda mais com o fato de grande parte da bacia estar inserida dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, o IQUA obtido apontou para um bom desempenho ambiental no uso da água no sistema de interesse.

A comparação entre os resultados obtidos por Negri (2004) com os resultados obtidos neste trabalho, sugere que para se atingir

um bom desempenho ambiental no uso da água, aparentemente, bastaria a adoção de boas práticas de uso do solo e da água, amplamente discutidas e estudadas em nossa sociedade. No entanto, entende-se neste trabalho que para solucionar os problemas que ainda estão presentes no trecho estudado na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul (mineração de areia, erosão de áreas agrícolas, uso intensivo de agrotóxico nas áreas de cultivo de hortaliças e saneamento básico), não basta apenas o conhecimento de tecnologias, seja para evitar erosão nas áreas de agricultura, seja para a construção de redes de esgoto. Afinal, essas tecnologias não só existem como são de amplo conhecimento. Por isso, vislumbra-se em metodologias como a do IQUA, em que se consegue atribuir valores objetivos às relações de uso da água estabelecidas no sistema de interesse, a possibilidade de despertar na sociedade a necessidade de mudança nas atitudes, conforme também observaram Exterckoter & Schlindwein (2009) em seus estudos. Ou seja, aceitar o que propõe a metodologia do IQUA, implica em o ser humano se perceber como componente do meio e participante na promoção de relações ambientais, sendo consequentemente responsável pelo ambiente que produz.

Portanto, o IQUA poderá servir como instrumento de apoio para políticas públicas destinadas ao planejamento do uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, assim como pode servir de ferramenta de auxílio para o comitê de bacia local estabelecer as regras para a outorga da água, colaborando desta maneira para o cumprimento de seu papel no processo de gestão dos recursos hídricos desta bacia, conforme prevê a Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Considerações finais

Mediante os resultados apresentados neste trabalho podemos concluir que a construção metodológica aqui discutida e aplicada permitiu diagnosticar o desempenho humano no uso da água no sistema de interesse que compõe parte da Bacia Hidrográfica do

EXTERCKOTER, R.K. & SCHLINDWEIN, S.L. Aplicabilidade do Índice ...
Rio Cubatão do Sul. O IQUA constitui-se em metodologia de fácil aplicação, e ainda destaca-se como uma ferramenta de grande relevância para avaliação do desempenho humano no uso da água em bacias hidrográficas.

Como apresentado neste trabalho, o IQUA, através de dados de qualidade e quantidade de água, permite sistematizar uma nota objetiva para o desempenho humano no uso da água, possibilitando aos gestores dos recursos hídricos a identificação dos fatores responsáveis pela redução do potencial ambiental da água na bacia de interesse. A identificação destes fatores revela-se fundamental no processo de gestão do uso dos recursos hídricos, visto que aponta possíveis elementos para a tomada de decisão na promoção de melhorias sobre as formas de uso dos mesmos.

A valorização das relações de uso da água pelos diferentes interessados vislumbra a possibilidade de que uma metodologia como o IQUA possa ser adotada no cumprimento da Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Notoriamente, esta lei incorpora a noção de uso e valoriza os aspectos de qualidade e quantidade de água, de maneira que podemos afirmar que o IQUA pode constituir-se em importante ferramenta em processos de tomada de decisão na gestão do uso da água em Bacias Hidrográficas.

Embora a Política Nacional de Recursos Hídricos tenha introduzido novos elementos no processo de gestão dos recursos hídricos, a mesma continua percebendo problemas no objeto, ou seja, na água, e conseqüentemente mostra-se carente de instrumentos conceituais que possam auxiliar na gestão da água que incorpore o humano à situação-problema. Portanto, entende-se que o IQUA pode se tornar importante ferramenta para os Comitês de Bacia regulamentarem seu papel, inclusive podendo auxiliar na determinação dos critérios para a cobrança pelo uso da água, visto que mostra-se bastante adaptável à realidade de cada bacia.

Por fim, como se pode perceber através da análise dos resultados do IQUA, o sistema estudado - a Bacia Hidrográfica do

EXTERCKOTER, R.K. & SCHLINDWEIN, S.L. Aplicabilidade do Índice ...
Rio Cubatão do Sul – para os anos de 2004 e 2005 apresenta boas relações ambientais. Desta forma, destacamos a importância de programas de monitoramento em que a gestão pública possa se valer de metodologias como a do IQUA para aprimorarem as relações de uso estabelecidas na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, a fim de manterem o bom desempenho humano no uso da água.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Rede hidrometereológica nacional**. Brasília, 2011. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2012.

D'AGOSTINI, L. R. Indicador da qualidade de uso da água. **Eisforia**, Florianópolis, v.2, n.2, p.92-112, jul./dez. 2004.

EXTERCKOTER, R. K.; SCHLINDWEIN, S. L. Aplicação de Indicador para o diagnóstico da efetividade do tratamento de água destinada ao abastecimento público. In: 14º ENaSB SILUBESA, 2010, Porto. **Anais...** Porto: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) e Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), 2010. 1 CD-ROM.

_____. Uso de Indicador no Diagnóstico da Efetividade no Tratamento de Água em uma Estação Pública de Abastecimento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n.1, p. 125-136, 2008.

FREITAS, M. de; RANGEL, D.; DUTRA, L. Gestão dos recursos hídricos no Brasil: a experiência da Agência Nacional das Águas. In: **III Encuentro de las Águas**, Santiago de Chile, 24-26 oct. 2001.

- EXTERCKOTER, R.K. & SCHLINDWEIN, S.L. Aplicabilidade do Índice ...
- MELLO, E. L. et al. Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 635-644, out./dez. 2008.
- NEGRI, G. Aplicação do Índice de Qualidade do Uso da Água – IQUA – em uma bacia hidrográfica rural. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 79-82. 2004.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Falta água potável para 1,1 bilhão no mundo**. Paris, 2008. Disponível em: <<http://www.onu-brasil.org.br/>>. Acesso em: 27 fev. 2012.
- PORTO, R. L. L. (Org.). **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 3, 1991. 441p.
- PRUSKI, F.F. et al. Conhecimento da disponibilidade hídrica natural para a gestão dos recursos hídricos. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 31, n. 1, p.67-77, jan./fev. 2011.

Recebido em novembro de 2013
Aceito em maio de 2014