



ANÁLISE DOS PADRÕES BRASILEIROS E CATARINENSES DA QUALIDADE DA ÁGUA E SUAS IMPLICAÇÕES NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Bruna Stedile Ribeiro Pacheco - bruna_stedile@hotmail.com

Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental

Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI

Rua Uruguai

CEP: 88302-901 – Itajaí – Santa Catarina

Francisco Carlos Deschamps, MSc., DSc. - xicodsc@hotmail.com

Professor do curso de Mestrado e Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental

Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI

Rua Uruguai

CEP: 88302-901 – Itajaí – Santa Catarina

Resumo: Os padrões de qualidade são um conjunto de variáveis e seus respectivos limites em relação aos quais os resultados da análise de uma amostra de água é comparada. Estes limites indicados pela legislação são estabelecidos baseados em diretrizes internacionais, derivadas de estudos científicos que avaliam o risco dependendo do uso que se prevê fazer da água e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente. O presente trabalho tem como objetivo a análise e comparação dos padrões internacionais relacionados à qualidade da água e seus usos com os padrões brasileiros, a fim de analisar e compreender como foram estabelecidos e quais as suas possíveis implicações na gestão dos recursos hídricos. O que se percebe é que os limites impostos na legislação brasileira são derivados de estudos científicos que apenas consideram estudos toxicológicos para sua definição. Assim quando uma variável apresentar concentração elevada devido a uma condição natural, mas a concentração limite da variável definida por estudos toxicológicos for menor, não é prudente classificá-la com base neste valor. Em países de grandes extensões territoriais como o Brasil o ideal seria que cada estado estabelecesse seus próprios valores de referência. Portanto, a regulamentação deveria estar baseada não apenas em estudos toxicológicos, mas também deveria considerar as condições naturais do local, a fim de evitar que valores demasiadamente restritivos e não exequíveis sejam estabelecidos ou também evitar que valores extremamente “permissíveis” sejam estabelecidos apenas por que não resultaram em riscos para saúde.

Palavras-chave: Qualidade da água, Padrões de qualidade, Recursos hídricos



ANALYSIS OF BRAZILIAN AND CATARINENSES STANDARDS OF WATER QUALITY AND ITS IMPLICATIONS IN THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES

Abstract: *Quality standards are a set of variables and their respective limits for which the results of a sample analysis are compared. These limits are established by legislation based on international guidelines, derived from scientific studies that assess the risk depending on the use that is expected to water resource and the damage caused by exposure to a known amount of a given pollutant. The study aims analyze and compare international standards related to the quality of water and its uses with Brazilian standards, in order to analyze and understand how they were established and what its possible implications for the management of water resources. Which is noticeable is that the limits imposed by Brazilian law were derived from scientific studies that consider only toxicology studies for its definition. Therefore, when a variable is high concentration due to a natural condition, but the concentration limit of variable defined by toxicological studies is lower, it is not prudent to classify it based on this value. In countries with large territorial extensions like Brazil, the ideal would be that each state establish its own reference values. Thus, the regulation should be based not only on toxicological studies, but also should consider the natural conditions of the site, in order to avoid that too restrictive and not feasible values be established or also prevent extremely "permissible" values that were established just because they not resulted in risks to health.*

Keywords: *Water quality, Quality standards, Water resources*

1. INTRODUÇÃO

A heterogeneidade da qualidade da água pode ser influenciada por dois fatores principais: contribuição natural da bacia hidrográfica e a magnitude dos impactos antrópicos (CUNHA *et al.*, 2013). Os processos naturais, assim como as atividades humanas, podem causar alterações nas características físicas e químicas da água, podendo ter consequências adversas para os ecossistemas e para saúde humana, dependendo das concentrações das substâncias presentes (MUNIZ, 2014).

A qualidade da água natural pode ser definida de acordo com suas características físicas e químicas adquiridas ao longo de sua trajetória nos ciclos hidrológicos e bioquímicos (SOUZA, 2011). Assim a água tem sua qualidade definida a partir da agregação de cátions, ânions e sílica, originários de rochas, solos e sedimentos, além de substâncias orgânicas e atividade microbiológica do solo (CALJURI & CUNHA, 2013). Portanto, dependendo das condições presentes na atmosfera, litologia do terreno, vegetação e outros fatores intervenientes, as principais variáveis que caracterizam a qualidade da água poderão apresentar valores diferentes (BRAGA *et al.*, 2005).

A noção clássica de poluição das águas e sua avaliação envolve a determinação da presença e concentração de substâncias potencialmente nocivas para os organismos vivos ou que tornem a água inadequada para consumo e seus respectivos usos, baseada na sua identificação em pontos amostrais determinados, por meio de análises físicas, químicas e biológicas (BOLLMANN & EDWIGES, 2008).

Neste contexto, os recursos hídricos precisam ser estudados por meio da análise e descrição quantitativa das variáveis que os caracterizam a fim de conhecer e interpretar sua situação e promover ações de gerenciamento e controle (SOUZA, 2011). Entretanto, estas variáveis sofrem alterações ao longo do tempo e do espaço, havendo a necessidade do estabelecimento de um programa de monitoramento sistemático para obter a real estimativa da qualidade das águas superficiais (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).



A legislação ambiental brasileira para a qualidade das águas de corpos hídricos é um essencial instrumento norteador das estratégias de controle da poluição, tanto em nível do poluidor, quanto dos órgãos ambientais (SPERLING, 1998).

Atualmente a regulamentação brasileira, por meio da resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005, promove o enquadramento dos recursos hídricos superficiais em classes de qualidade de acordo com o uso que se pretende fazer dela. A água possui usos múltiplos e para cada uso podem ser elencados requisitos individuais de qualidade provocando o surgimento de escalas de valores diferenciadas para uma mesma variável ambiental (BOLLMANN & MARQUES, 2000). Estes valores, embasados por um suporte legal, são denominados padrões de qualidade, os quais devem ser cumpridos por força da legislação.

Entretanto independentemente da imposição da legislação existem requisitos de qualidade da água, os quais são função do seu uso previsto. Para vários usos não há apenas padrões legais específicos, mas também o atendimento a determinados requisitos de qualidade para que seja possível a utilização da água para os fins a que a mesma é destinada (SPERLING, 1998). Assim, da mesma forma que os requisitos, os padrões são função do uso previsto para a água e o principal objetivo do seu estabelecimento é o de conservar a qualidade dos corpos hídricos receptores.

Os padrões de qualidade são um conjunto de variáveis e seus respectivos limites em relação aos quais os resultados da análise de uma amostra são comparados. Estes limites indicados pela legislação são estabelecidos baseados em diretrizes internacionais, derivadas de estudos científicos que avaliam o risco dependendo do uso que se prevê fazer da água e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente. Estes estudos são desenvolvidos para proteção da comunidade aquática, proteção da saúde humana, proteção de cultivos e/ou proteção animal. Assim se a variável analisada estiver dentro dos limites estabelecidos para os padrões, significa que os usos de um determinado curso d'água estarão protegidos dentro de um grau de segurança. Geralmente as concentrações máximas são estabelecidas pela maior concentração onde não foi observado efeito agudo e/ou crônico, permitindo uma exposição por tempo indeterminado à água (NASCIMENTO & SPERLING, 1998)

O que vem sendo notado no Brasil é que as normas associadas à qualidade de água, são, em geral, fortemente baseadas em normas estrangeiras, senão copiadas delas, ou adotadas sem grandes adaptações. As diretrizes internacionais mais utilizadas para derivações de normas de regulação no Brasil e no mundo encontram-se na Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1986) e Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente. (CCME, 1999).

Os critérios científicos que norteiam as normas internacionais geralmente são estudados em diferentes espécies de animais, relacionando o efeito da concentração de um constituinte e 1 espécie em particular. A concentração máxima definida é a maior concentração onde não foi observado efeito agudo e/ou crônico, permitindo a exposição por tempo indeterminado, ou seja, o consumo é seguro por toda vida de consumo. Esses valores quando extrapolados para saúde humana geralmente são divididos por um fator de incerteza para segurança.

Na definição das concentrações máximas para substâncias químicas pela OMS (2011), é utilizado o NOEL (*no observed effect level*), ou seja, o NOEL é a maior concentração que efeitos adversos não são observados, o qual baseia-se em estudos a longo prazo pela ingestão de água. No entanto, na ausência destes, os valores podem ser obtidos de estudos de curto prazo ou podem ser utilizados outros estudos derivados para outras fontes de exposição, como ar e alimentos.

Se o NOEL não estiver disponível um LOAEL (*lowest observed adverse effect level*) é utilizado, entretanto um fator adicional de incerteza é aplicado. O LOAEL é a menor concentração que efeitos adversos são observados. Já para variáveis microbiológicas, como por exemplo bactérias coliformes, são utilizados estudos dose-resposta de modelos estimados pela probabilidade de infecção associada com a exposição dos patógenos (OMS, 2011).



A OMS (2011) não sugere padrões para algumas variáveis como por exemplo: amônia, oxigênio dissolvido, ferro, magnésio, cálcio, pH, turbidez. Isso acontece, pois, estes parâmetros estão mais relacionados à aparência, sabor ou odor, não estando relacionados diretamente à saúde humana, mas sim à aceitação e estética da água.

O volume de água consumida diariamente e a existência de outras fontes da substância química em análise (ar, alimentos, etc.) são consideradas ao definir estes valores pela OMS (2011). Os limites sugeridos são estabelecidos pela multiplicação do critério científico com o peso médio corporal do ser humano (60 Kg) multiplicando pela fração proveniente da água ingerida (geralmente 20%) dividindo pelo consumo de água diário (2 L).

Os limites sugeridos pela OMS deveriam ser readequados para cada região ou país. Por exemplo, em áreas onde o consumo de um determinado contaminante em água potável é conhecido por ser muito maior que em outras fontes como ar e alimento, pode ser adequado atribuir uma maior proporção da ingestão diária tolerável para derivar um valor de referência mais adequado para as condições locais. Além disso, o consumo diário de água varia muito, principalmente em países de clima quente, onde a ingestão de água é maior.

Já para as substâncias comprovadamente genotóxicas não existe um nível seguro de exposição e por isso são utilizados modelos matemáticos que calculam a estimativa de risco em um determinado nível de exposição, ou seja, os valores geralmente estão associados a um caso adicional de câncer a cada 100 mil da população que ingeriu a água contendo a substância por 70 anos (OMS, 2011).

A USEPA para definição dos critérios para proteção da vida aquática reúne informações de várias áreas de toxicologia aquática. Assim, se um número suficiente de dados aceitáveis de toxicidade aguda para animais aquáticos está disponível, estes são utilizados para estimar a concentração média mais elevada de 1 hora que não provoque efeitos inaceitáveis sob os organismos aquáticos e seus usos. Similarmente os dados de toxicidade crônica são utilizados para estimar a concentração média máxima de 4 dias que não devem causar toxicidade inaceitável durante um longo prazo de exposição.

Os estudos de longo prazo utilizados como referência para USEPA (1986) são aqueles que teoricamente protegem todas as espécies aquáticas por períodos de exposição indefinidos, utilizando o NOEL ou LOEL. Já os estudos de curto prazo protegem apenas uma fração específica de indivíduos de efeitos severos como letalidade para um período de exposição curto, como a CL_{50} que é a concentração que tem efeito letal em 50% dos organismos expostos.

Os critérios definidos pelo CCNE (1999) para águas utilizadas na irrigação são derivados para proteger os cultivos da exposição de substâncias tóxicas, levando em consideração a sensibilidade dos cultivos medida pela taxa de aplicação aceita do ativo por área e as taxas de irrigação máximas para os cultivos.

Os valores de referência são derivados preferencialmente de estudos de longo prazo em que os cultivos são expostos ao contaminante via irrigação. A máxima concentração de tóxico aceitável para os cultivos é obtida pela divisão da média geométrica do LOEC e NOEC por um fator de segurança, geralmente de 10. Assim para derivação destes valores a espécie mais sensível é considerada (CCNE, 1999).

Já os critérios definidos pelo CCNE (1999) para dessedentação animal leva em consideração a taxa tolerável diária de entrada de um contaminante, a taxa diária de consumo de água pelas espécies, o peso médio do animal e o potencial de bioacumulação da substância, similarmente ao cálculo utilizado pela OMS para proteção da saúde humana.

Em geral, os contaminantes químicos, para o uso de recreação, não possuem grande relevância, tendo em vista que é improvável que os usuários da água entrem em contato com concentrações suficientemente elevadas que possam causar efeitos adversos após uma única exposição, sendo, por isso, os aspectos microbiológicos mais significativos para este uso. Com relação aos critérios definidos pelo CCNE (1993) para o uso recreação, os valores derivados estão mais relacionados aos padrões microbiológicos que podem causar doenças principalmente gastrintestinais.



O presente trabalho tem como objetivo a análise e comparação dos padrões internacionais relacionados à qualidade da água e seus usos com os padrões brasileiros e também com os padrões do estado de Santa Catarina, a fim de analisar e compreender como foram estabelecidos os padrões brasileiros e quais as possíveis implicações na gestão dos recursos hídricos. Este trabalho é direcionado à análise de padrões referentes a sistemas lóticos doces superficiais.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram pesquisadas as principais diretrizes internacionais relacionadas à qualidade da água para comparar com as principais regulamentações brasileiras, como a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, a resolução CONAMA nº 396/2008, e a resolução CONAMA nº 357/2005.

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta portaria apenas fornece diretrizes de qualidade que a água para consumo humano deve atingir após o devido tratamento, sendo interessante analisá-la para se ter uma referência da qualidade necessária para o uso abastecimento.

A resolução CONAMA nº 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Esta resolução define o conceito de Valor Máximo Permitido (VMP), o qual é o limite máximo permitido de uma dada variável, definido especificamente para cada uso da água subterrânea, os quais geram padrões de qualidade. Assim, para cada uso da água subterrânea existe um VMP relacionado. Mesmo esta resolução sendo específica para águas subterrâneas, ela fornece valores de referência para cada uso específico da água, como consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação, os quais podem ser trazidos para as águas superficiais a título de comparação.

A resolução Conama nº 357/2005 que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (...)”, é o principal dispositivo legal relacionado à qualidade da água superficial em vigor no Brasil. Esta resolução divide as águas superficiais brasileiras em águas doces, salobras e salinas, e para cada uma, foram estabelecidas classes de qualidade de acordo com os usos previstos. Para cada classe são estabelecidos limites máximos de diversas variáveis para que a água esteja de acordo com os requisitos necessários aos usos da classe. Assim cada classe está associada a uma determinada qualidade, a qual é expressa na forma de padrões de qualidade. Assim os cursos d’água são classificados de acordo com seus respectivos usos preponderantes. No que se refere à água doce, existem 5 classes (classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV), sendo que a classe especial pressupõe os usos mais nobres, e a Classe 4, os menos nobres.

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução do CONAMA nº. 274, de 2000.

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;



- b) à proteção das comunidades aquáticas;
 - c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução do CONAMA nº. 274, de 2000.
 - d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
 - e) à aquicultura e à atividade de pesca.
- IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:
- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
 - b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
 - c) à pesca amadora;
 - d) à recreação de contato secundário; e
 - e) à dessedentação de animais.
- V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:
- a) à navegação; e
 - b) à harmonia paisagística.

As diretrizes internacionais e regulamentações brasileiras também foram comparados com o decreto estadual de Santa Catarina (SC) nº 14.250/1981, a qual regulamenta os dispositivos da lei nº 5.793/1980, referentes à proteção e melhoria da qualidade ambiental. Este decreto divide as águas interiores situadas no território do estado de Santa Catarina em 4 classes (I, II, III, IV), segundo os usos preponderantes.

I - Classe 1: águas destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

II - Classe 2: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);

III - Classe 3: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e flora e à dessedentação de animais;

IV - Classe 4: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística e ao abastecimento industrial, à irrigação e aos usos menos exigentes.

As diretrizes internacionais mais utilizadas para derivações de normas de regulação encontram-se na OMS (2011), USEPA (1986) e CCME (1999). Neste trabalho foram pesquisados os critérios científicos da OMS (2011) estabelecidos para proteção da saúde humana, da USEPA (1986) para proteção da vida aquática e do CCNE (1999) para proteção dos usos: dessedentação animal, irrigação e recreação.

As variáveis estudadas neste trabalho totalizaram 16: alcal. (alcalinidade), NH₃ (amônia), Ca (cálcio), C. Term. (coliformes termotolerantes), C. T. (coliformes totais), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), OD (oxigênio dissolvido), dureza, Fe (ferro), P (fósforo), Mg (magnésio), NO₃⁻ (nitrato), NO₂⁻ (nitrito), pH (potencial hidrogeniônico), SDT (sólidos dissolvidos totais) e T (turbidez).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na resolução CONAMA nº 357/2005, a amônia (nitrogênio amoniacal total) possui valores variáveis de acordo com o pH. Quanto maior o pH, mais restritivo é o valor de concentração da amônia, tendo em vista que o aumento do pH favorece a formação do gás amônia (NH₃) o qual é mais tóxico para a maioria das espécies aquáticas do que o íon amônio (NH₄⁺).



Considerando o pH menor que 7,5, o valor máximo da amônia para a classe 1 e 2 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 3,7 mg/L, para pH entre 7,5 e 8 o valor máximo da amônia para as classes 1 e 2 seria 2 mg/L, para pH entre 8 e 8,5, o valor máximo da amônia para as classes 1 e 2 seria 1mg/L e por fim para o pH maior que 8, o valor máximo da amônia seria 0,5 mg/L.

Já para a classe 3, considerando o pH menor que 7,5, o valor máximo da amônia para a classe 1 e 2 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 13,3 mg/L, para pH entre 7,5 e 8 o valor máximo da amônia para a classe 3 seria 5,6 mg/L, para pH entre 8 e 8,5, o valor máximo da amônia para a classe 3 seria 2,2 mg/L e por fim para o pH maior que 8, o valor máximo da amônia seria 1 mg/L. Na classe 4 não são sugeridos valores de referência.

O decreto estadual de SC nº 14.250/1981, estabelece o limite para as classes 2 e 3 de amônia a concentração de 0,50 mg/L, sendo que nenhum valor é estabelecido para classe 4.

De acordo com a OMS (2011) a amônia não compromete a saúde imediata, mas pode comprometer a eficiência da desinfecção, causar sabor e odor na água e resultar na formação de nitrito nos sistemas de distribuição. Efeitos toxicológicos para amônia foram observados apenas em exposições acima de 200 mg/Kg de peso corporal.

O monitoramento da amônia é mais significativo no que se refere à proteção da vida aquática. Segundo a USEPA (2013) os valores máximos para a variável amônia variam muito de organismo para organismo. Estudos relataram como toxicidade altamente aguda para organismos de água doce em concentrações variando de 0,53 a 22 mg/L de NH₃ em 19 espécies de invertebrados e 0,083 a 46 mg/L para espécies de peixe. Já testes crônicos com 2 invertebrados mostraram efeitos que vão de 0,304 a 1,2 mg/L e com 9 espécies de peixe de água doce variando de 0,0017 a 0,612 mg/L.

O excesso de amônia em peixes pode causar perda de equilíbrio, insuficiência cardíaca e em casos extremos coma ou morte, redução na taxa de crescimento e desenvolvimento morfológico, alterações pedológicas em tecidos, entre outras (USEPA, 2013).

O valor máximo da variável DBO para a classe 1 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 3 mg/L, para a classe 2 seria 5 mg/L, para a classe 3 seria 10 mg/L e na classe 4 não são sugeridos valores de referência. O decreto estadual de SC nº 14.250/1981, estabelece o limite de DBO para a classe 2 de 5 mg/L e para a classe 3, 10 mg/L, sendo que nenhum valor é estabelecido para classe 4. Os limites estabelecidos para classe 2 e 3 coincidem com a resolução CONAMA nº 357/2005.

O valor máximo da variável ferro estabelecida para a classe 1 e 2 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 0,30 mg/L, para a classe 3 seria 5 mg/L e na classe 4 não são sugeridos valores de referência. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece a concentração máxima de 0,3 mg/L de ferro para potabilidade, entretanto são permitidos valores superiores desde que o ferro esteja complexado com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, não podendo ultrapassar 2,4 mg/L. A resolução CONAMA nº 396/2008 para o uso consumo humano baseia-se na portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e por isso também estabelece o valor máximo de 0,3 mg/L para a variável ferro para este uso e também para o uso recreação. Já para o uso irrigação, a concentração de 5 mg/L de ferro é estabelecida como limite.

Segundo a OMS (2011) o ferro é um dos metais mais abundantes da crosta da Terra e é encontrado em águas naturais variado de 0,5 a 50 mg/L. Como precaução contra uma possível ingestão excessiva de ferro foi estabelecido uma quantidade máxima de 0,8 mg/Kg de peso corporal que se aplica para o ferro em todas as fontes exceto óxidos de ferro usados como corantes e suplementos.

A concentração de 0,3 mg/L é estabelecida pela OMS (2011) com a finalidade de não afetar o sabor e aparência da água. De acordo com a USEPA (1986) a concentração máxima de ferro para a proteção da vida aquática é 1 mg/L e de acordo com o CCNE (1999) para o uso irrigação a concentração deve ser no máximo 5 mg/L, a qual coincide com o valor estabelecido para irrigação pela resolução CONAMA nº 396/2008.

A resolução nº 357/2005 do CONAMA estabelece limites diferentes para a concentração da variável fósforo total em águas naturais, em função da forma em que ocorre o escoamento: ambientes lóticos (águas continentais moventes) ou tributários de ambientes intermediários, ambientes lênticos



(água com movimento lento ou estagnada) e ambientes intermediários (tempo de residência entre 2 e 40 dias) ou tributários diretos de ambiente lântico. Neste trabalho utilizou-se a concentração de ambientes lóticos para fins de comparação.

Assim, a concentração máxima da variável fósforo para a classe 1 e 2 em ambientes lóticos segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 0,1 mg/L, para a classe 3 seria 0,150 mg/L e na classe 4 não são sugeridos valores de referência.

Segundo a USEPA (1986), a definição de valores máximos permitidos para nutrientes como fósforo e nitrogênio total devem ser definidos para cada região específica, tendo em vista que estas variáveis fornecem informações sobre a qualidade natural das águas do local.

Cada região possui diferentes tipos de solo e material de origem e diferentes regimes de precipitação e por isso o desenvolvimento de critérios para estas variáveis devem refletir a variação regional. A USEPA (1986) recomenda a utilização de séries históricas de 10 a 25 anos, selecionando a condição de referência por meio da seleção de locais que representam as águas menos impactadas antropicamente.

A USEPA (1986) não recomenda a identificação de concentrações de nutrientes que devem ser cumpridos em todos os momentos, mas sim uma média sazonal ou anual. Assim estes valores devem aplicar-se a cada temporada ou ano, exceto sob condições extraordinárias. A instituição recomenda a utilização do 75º percentil de uma população de referência ou o 25º percentil de uma população total para a representação da condição de referência.

O valor máximo da variável nitrato para as classes 1, 2 e 3 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 10 mg/L. Para a classe 4 não foram sugeridos valores de referência. O decreto estadual de SC nº 14.250/1981, estabelece o limite de nitrato para as classes 2, 3 e 4 de 10 mg/L. Os limites estabelecidos para classe 2 e 3 coincidem com a resolução CONAMA nº 357/2005.

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde também estabelece a concentração máxima de 10 mg/L de nitrato para potabilidade, assim como a resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece o mesmo valor para os usos consumo humano e recreação. Já para o uso dessedentação animal a resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece a concentração de 90 mg/L de nitrato. A OMS (2011) para proteção da saúde humana estabelece um limite de 11 mg/L para nitrato, que se aproxima bastante da portaria brasileira. Já o CCNE (1999) para o uso dessedentação animal estabelece a concentração máxima de 100 mg/L, valor próximo ao estabelecido pela resolução CONAMA nº 396/2008 para o mesmo uso.

O valor máximo da variável nitrito para as classes 1, 2 e 3 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 1 mg/L. Para a classe 4 não foram sugeridos valores de referência. O decreto estadual de SC nº 14.250/1981, estabelece o limite máximo de nitrito para as classes 2, 3 e 4 de 1 mg/L. Os limites estabelecidos para classe 2 e 3 coincidem com a resolução CONAMA nº 357/2005.

A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde também estabelece a concentração máxima de 1 mg/L de nitrito para potabilidade, assim como a resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece o mesmo valor para os usos consumo humano, irrigação e recreação. Já para o uso dessedentação animal a resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece a concentração máxima de 10 mg/L de nitrito. A OMS (2011) estabelece a concentração máxima de 0,9 mg/L para nitrito. Já o CCNE (1999) para o uso dessedentação animal estabelece a concentração máxima de 10 mg/L, o qual é o mesmo estabelecido pela resolução CONAMA nº 396/2008 para o mesmo uso.

O valor máximo da variável SDT para a classe 1 e 2 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 500 mg/L. Já para as classes 3 e 4 não foram sugeridos valores de referência. A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece a concentração de 1000 mg/L de SDT para potabilidade, assim como a resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece o mesmo valor para o uso consumo humano.

A OMS (2011) não estabelece concentrações máximas para SDT, mas sugere que deve estar abaixo de 600 mg/L para potabilidade. A CCNE (1999) para o uso dessedentação animal estabelece a concentração máxima de 3000 mg/L.

O valor máximo da variável turbidez para a classe 1 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Já para as classes 2 e 3 seria 100 NTU



e na classe 4 não são sugeridos valores de referência. A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece a concentração limite de 5 NTU de turbidez para potabilidade. A OMS (2011) estabelece a concentração limite de 1 NTU, sendo que o ideal seria menor que 0,5 NTU. O CCNE (1993) para o uso recreação estabelece a concentração máxima de 50 NTU.

Na classe 1, segundo a resolução CONAMA nº 357/2005, a variável coliformes termotolerantes para a finalidade de uso para contato primário deve obedecer os padrões de balneabilidade previstos na resolução CONAMA nº 274/2000, ou seja, no máximo 1.000 coliformes por 100 ml. Já para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 200 por 100 ml em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante um período de 1 ano com frequência bimestral. Assim o valor mais restritivo para coliformes termotolerantes é de 200 Número Mais Provável (NMP).

De acordo com a resolução CONAMA nº 274/2000 as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria, sendo que a primeira subdivide-se em excelente (quando em 80% ou mais de conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, houver no máximo 250 coliformes por 100 ml), muito boa (quando 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores houver no máximo 500 coliformes por 100 ml) e satisfatória (quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores houver no máximo 1.000 coliformes por 100 ml). Assim, o valor menos restritivo, mas que ainda é aceitável para balneabilidade é de 1.000 coliformes por 100 ml.

Na classe 2, para contato primário também deve ser observado os padrões de balneabilidade previstos na resolução CONAMA nº 274/2000, ou seja, no máximo 1.000 NMP. Sendo que para os demais usos também não deve ser excedido um limite de 1.000 coliformes por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Para a classe 3, para o uso de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes por 100 ml (em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de 1 ano, com frequência bimestral). Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes por 100 ml (em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de 1 ano, com frequência bimestral). Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes por 100 ml (em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de 1 ano, com periodicidade bimestral). Assim o valor mais restritivo para classe 3 é 1.000 NMP. Na classe 4 não são estabelecidos valores de referência para coliformes termotolerantes pela resolução.

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que na água para consumo humano a *Escherichia Coli*, a qual pode ser monitorada em substituição à variável coliformes termotolerantes, deve estar ausente em 100 ml. O decreto estadual de SC nº 14.250/1981, estabelece o valor máximo de coliformes termotolerantes para a classes 2 de 1.000 coliformes por 100 ml, e para as classes 3 e 4 o limite de 4.000 coliformes por 100 ml, os quais são bastante semelhantes com a resolução CONAMA nº 357/2005.

O CCNE (1999) para o uso irrigação, estabelece o valor máximo de 100 coliformes por 100 mL para coliformes termotolerantes. Já para o uso recreação para contato primário o CCNE (1993) estabelece o valor máximo de 200 coliformes por 100 mL e para recreação de contato secundário é 1.000 coliformes por 100 mL. Estes valores são estabelecidos pela média geométrica para no mínimo 5 amostras. Para amostra individual para o uso recreação de contato primário o valor passa para 400 coliformes por 100 mL.

O decreto estadual de SC também estabelece limites para coliformes totais na classe 2 de 5.000 coliformes por 100 ml e nas classes 2 e 3, 20.000 coliformes por 100 ml, sendo que para a classe 4 não são estabelecidos valores.

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que a água na saída do tratamento deve ter ausência de coliformes totais em 100 ml, sendo esta variável um indicador da eficiência do tratamento. A OMS (2011) também recomenda que deve ter ausência de coliformes totais



e termotolerantes em 100 mL. Entretanto dificilmente os recursos hídricos naturais sem tratamento terão ausência de coliformes termotolerantes e coliformes totais, por isso toda água destinada para consumo humano deve passar por no mínimo desinfecção. O CCNE (1999) para o uso irrigação, estabelece o valor máximo de 100 coliformes por 100 mL para coliformes termotolerantes e 1.000 coliformes por 100 mL para coliformes totais.

O valor mínimo da concentração da variável OD para a classe 1 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria 6 mg/L. Já para a classes 2 seria 5 mg/L, na classe 3 seria 4 mg/L e na classe 4 não foram sugeridos valores de referência pela resolução. O decreto estadual de SC nº 14.250/1981, estabelece o limite mínimo de OD para a classes 2 de 5 mg/L, para classe 3 de 4 mg/L e para classe 4 de 0,5 mg/L. Os limites estabelecidos para classe 2 e 3 coincidem com a resolução CONAMA nº 357/2005.

Segundo a OMS (2011), o OD para o uso recreação não tem efeitos diretos nos usuários, mas influencia a atividade microbiológica e a oxidação química de vários metais, estando mais relacionada aos aspectos estéticos. A USEPA (1986) para proteção da vida aquática estabelece valores mínimos para OD que variam de 3 a 9,5 mg/L, dependendo se as águas são frias ou mornas (águas frias maiores valores de OD mínimo) ou se os organismos são jovens ou adultos (jovens possuem maiores valores de OD mínimo).

O valor da variável pH para as classes 1, 2, 3 e 4 segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 seria de 6 a 9. A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde também recomenda, apesar de não regulamentar, que seja mantido o pH no sistema de distribuição na faixa de 6 a 9,5. Segundo a OMS (2011), o parâmetro pH na saúde humana tem maior importância no uso recreação de contato primário, pois pode causar efeitos na pele e nos olhos. Entretanto não estabelece um intervalo ideal, apenas recomenda que o pH deveria estar entre 6,5 e 8,5. Já a USEPA (1986) para proteção da vida aquática estabelece o intervalo de 6,5 a 9. O CCNE (1993) para o uso recreação estabelece o intervalo de 5 a 9.

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo de 500 mg/L de dureza para potabilidade. Segundo a USEPA (1986) não há relação direta da variável dureza com a saúde humana. O nível a ser alcançado é principalmente relacionado à economia. A USEPA (1986) considera até 75 mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3) águas não duras, de 75 a 150 mg/L de CaCO_3 águas moderadamente duras, de 150 a 300 mg/L de CaCO_3 águas duras e acima de 300 mg/L de CaCO_3 águas muito duras.

Segundo a USEPA (1986), a alcalinidade é importante para organismos de vida aquática devido ao amortecimento das mudanças de pH que ocorrem naturalmente como resultado da atividade fotossintética da vegetação ou também devido a alterações antrópicas. A alcalinidade pode promover a complexação de alguns metais tóxicos e reduzir sua toxicidade.

Segundo CCNE (1993), a alcalinidade excessiva também pode causar problemas para a saúde humana no uso de recreação de contato primário por alterar o fluido lacrimal em torno dos olhos, causando irritação. A USEPA (1986) para a proteção da vida aquática estabelece o valor de mínimo aceitável de 20 mg/L para alcalinidade, exceto onde ela é naturalmente baixa, neste caso o critério não pode ser mais baixo do que 25% do natural.

A OMS (2011) não sugere limites para a variável cálcio, pois esta variável está relacionada mais ao gosto em concentrações de 100 a 300 mg/L. A CCNE (1999) para o uso dessedentação animal estabelece a concentração máxima de 1.000 mg/L. Ademais, a OMS (2011) recomenda concentrações máximas de magnésio de 0,4 mg/L para abastecimento humano. A seguir na Tabela 1 e na Tabela 2 podem ser visualizados as comparações entre as legislações brasileiras, o decreto estadual de Santa Catarina e as diretrizes internacionais.

Uma das limitações da legislação é a sua impossibilidade da permanente atualização, tendo em vista que anualmente milhares de novos compostos são colocados à disposição no mercado (CALIJURI & CUNHA, 2013). Por isso, é evidente a necessidade de uma visão crítica quanto às imposições legais que norteiam a gestão dos recursos hídricos.

Tabela 2: Comparações das regulamentações legais relacionadas à qualidade das águas

Variáveis	Alcal.	NH ₃	Ca	C.T.	C. Term.	DBO	OD	Dureza	
Unidade	mg/L - CaCO ₃	mg/L - NH ₃	mg/L	NMP	NMP	mg/L	mg/L	mg/L	
Res. Conama n° 357/2005	Classe especial	condições naturais	condições naturais	condições naturais	condições naturais	condições naturais	condições naturais	condições naturais	
	Classe 1	n.s	*	n.s	n.s	200	3	> 6	n.s
	Classe 2	n.s	*	n.s	n.s	1000	5	> 5	n.s
	Classe 3	n.s	*	n.s	n.s	4000	10	> 4	n.s
	Classe 4	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	> 2	n.s
Decreto SC n° 14.250/1981	Classe 1	sem lançamento	sem lançamento	sem lançamento	sem lançamento	sem lançamento	sem lançamento	sem lançamento	sem lançamento
	Classe 2	n.s	0,5	n.s	5000	1000	5	> 5	n.s
	Classe 3	n.s	0,5	n.s	20000	4000	10	> 4	n.s
	Classe 4	n.s	n.s	n.s	20000	4000	n.s	> 0,5	n.s
Res. Conama n° 396/2008	Consumo humano	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Dessedentação animal	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Irrigação	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Recreação	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Portaria n° 2914/2011	Potabilidade	n.s	n.s	n.s	0	0	n.s	n.s	500
OMS	Saúde Humana	n.s	n.s	n.s	0	0	n.s	n.s	n.s
EPA	Vida Aquática	20	**	n.s	n.s	n.s	n.s	3,5 a 9,5	n.s
CCNE	Dessedentação animal	n.s	n.s	1000	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Irrigação	n.s	n.s	1000	n.s	100	n.s	n.s	n.s
	Recreação	n.s	n.s	n.s	n.s	200 (1 ^a); 1000(2 ^a)	n.s	n.s	n.s

* Varia com pH;
** Varia de espécie para espécie
ns = não sugerido pela legislação

Tabela 1: Comparação das regulamentações legais referentes à qualidade da água

Variáveis	Fe	P	Mg	NO ³	NO ²	pH	SDT	T	
Unidade	mg/L	mg/L - P	mg/L	mg/L - N	mg/L - N		mg/L	NTU	
Res. Conama n° 357/2005	Classe especial	condições naturais							
	Classe 1	0,3	0,1	n.s	10	1	6 a 9	500	40
	Classe 2	0,3	0,1	n.s	10	1	6 a 9	500	100
	Classe 3	5	0,15	n.s	10	1	6 a 9	n.s	100
	Classe 4	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	6 a 9	n.s	n.s
Decreto SC n° 14.250/1981	Classe 1	sem lançamento	sem lançamento						
	Classe 2	n.s	n.s	n.s	10	1	n.s	n.s	n.s
	Classe 3	n.s	n.s	n.s	10	1	n.s	n.s	n.s
	Classe 4	n.s	n.s	n.s	10	1	n.s	n.s	n.s
Res. Conama n° 396/2008	Consumo humano	0,3	n.s	n.s	10	1	n.s	1000	n.s
	Dessedentação animal	n.s	n.s	n.s	90	10	n.s	n.s	n.s
	Irrigação	5	n.s	n.s	n.s	1	n.s	n.s	n.s
	Recreação	0,3	n.s	n.s	10	1	n.s	n.s	n.s
Portaria n° 2914/2011	Potabilidade	2,4 ou 0,3	n.s	n.s	10	1	n.s	1000	5
OMS	Saúde Humana	n.s	n.s	0,4	11	0,9	n.s	n.s	1
EPA	Vida Aquática	1	n.s	n.s	n.s	n.s	6,5 a 9	n.s	n.s
CCNE	Dessedentação animal	n.s	n.s	n.s	100	10	n.s	3000	n.s
	Irrigação	5	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Recreação	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	5 a 9	n.s	50



As diretrizes internacionais de qualidade da água como, por exemplo, as estabelecidas pela OMS (2011) para água potável podem auxiliar no estabelecimento de níveis de proteção padronizados referentes à saúde humana e ambiental relacionados à água em todos os países e ajudar na elaboração de normas relacionadas à qualidade da água. Muitos países, inclusive o Brasil, estabeleceram suas próprias normas com base nessas diretrizes internacionais (ANA, 2013).

Na avaliação da qualidade da água os valores encontrados nas amostras são geralmente confrontados com os limites estabelecidos na legislação regulamentadora. Esses limites, definidos por cada país, deveriam ser baseados em suas características específicas. Segundo Sperling (1998), essas diretrizes são genéricas por natureza e objetivam a proteção da saúde pública e meio ambiente. No entanto o que se tem notado, ao menos no Brasil, é que estes limites são meras cópias das regulamentações internacionais, sem a devida adaptação às realidades do país.

Conseqüentemente a regulamentação do estado de Santa Catarina, a qual é notadamente uma cópia da resolução CONAMA nº 357/2005 também parece não refletir as condições naturais e não considerar a qualidade local. Apesar da regulamentação de SC ser anterior à resolução CONAMA nº 357/2005, ela foi baseada em versões anteriores, as quais possuíam limites máximos praticamente iguais para muitas variáveis.

Segundo Derísio (2007) a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde parece não ter adaptado os padrões de qualidade sugeridos pela OMS (2011) à realidade brasileira, pois praticamente todas as variáveis propostas pela legislação americana e seus respectivos valores numéricos são iguais, e alguns poucos valores parecem ter sido adaptados ou “arredondados”.

Assim surgem dúvidas se as variáveis e respectivos valores estabelecidos pela legislação são representativos das condições ambientais e de saúde pública vigentes no Brasil, podendo haver a possibilidade de se estar regulamentando variáveis que não sejam significativas e por outro lado deixar de regulamentar variáveis importantes na escala local.

O Brasil, por sua grande extensão territorial apresenta diferenças regionais quanto à disponibilidade e demanda hídrica. Há ainda variabilidades de uso e ocupação do solo, relevo, geologia e clima, além de graus de desenvolvimento diferenciados. Assim é impraticável condicionar padrões ambientais nacionalmente uniformes sem considerar estas diferenças.

A resolução CONAMA nº 357 de 2005 apresenta alguns problemas, mesmo após as atualizações na legislação anterior a esta (resolução CONAMA nº 20/1986), como por exemplo o fato de algumas variáveis potencialmente prejudiciais não possuírem o estabelecimento de limites ou são, na maior parte dos casos, iguais nas diferentes classes 1, 2 e 3.

Evidencia-se assim as dificuldades em afirmar que determinada água está ou não com problemas de contaminação devido a fatores antrópicos, pois não há critérios específicos e 100% confiáveis para embasamento, já que, como discutido, a legislação brasileira, a qual é a principal fonte de referência neste tipo de estudo, apresenta estes problemas.

Deve-se ter em mente que o principal objetivo do enquadramento dos corpos hídricos em classes, o qual é um instrumento elencado na Política Nacional dos Recursos Hídricos, é promover a gestão dos recursos hídricos superficiais. Assim o objetivo principal não é definir valores máximos permitidos para cada um dos usos previstos da água, os quais devem ser baseados em estudos toxicológicos. Até mesmo por que, qualquer uso mais restritivo que implique na ingestão da água, seja para abastecimento humano ou irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas, necessita de tratamento da água.

Pode-se perceber que não existe uma funcionalidade em dividir as classes de qualidade de acordo com cada uso especificamente como faz a resolução CONAMA nº 357/2005. Além disso, existem muitas variáveis elencadas na resolução que não são removidas no tratamento da água para abastecimento utilizada no Brasil. Ademais, inúmeros compostos químicos disponibilizados diariamente no mercado e que acabam tendo seu destino final nas águas, não estão elencados na legislação.



A divisão em classes de qualidade deveria ser utilizada como uma ferramenta de gestão dos recursos hídricos e não como referência para basear-se na qualidade da água exigida para cada uso específico, como é o que parece que vem sendo feito.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando as diretrizes internacionais com a legislação brasileira referente à qualidade da água, percebe-se que os valores de referência estabelecidos no Brasil parecem meramente cópias destas diretrizes. Isto pode ter uma implicação negativa na gestão dos recursos hídricos, pois estes valores não são baseados na qualidade natural local das águas, as quais podem possuir concentrações naturalmente elevadas para determinadas variáveis.

Como as normas brasileiras não são estabelecidas de acordo com a qualidade local, elas podem, de um lado, ser extremamente restritivas e, portanto, não permitir condições para a sua devida aplicação, ou, por outro, não exercer a proteção que delas se espera, uma vez que não são representativas das condições locais ambientais, culturais, sociais e econômicas.

Para estabelecer valores representativos da qualidade seria prudente obter longas séries históricas de concentrações de variáveis físico-químicas em um determinado local, a fim de derivar valores de referência mais representativos da condição local.

O que se percebe é que os limites impostos na legislação brasileira são derivados de estudos científicos internacionais que apenas consideram estudos toxicológicos para sua definição. Assim quando a concentração de uma variável físico-química for elevada devido a uma condição natural, mas a concentração definida pela legislação e conseqüentemente por estudos toxicológicos for menor, não é prudente classificar os cursos d'água com base nestes valores, tendo em vista que um curso d'água que possui concentrações naturais elevadas nunca atingirá um valor estabelecido na meta de enquadramento, ou então serão investidos recursos financeiros desnecessários para remediação, enquanto existem outros cursos d'água realmente poluídos por alteração antrópica. Em países de grandes dimensões como o Brasil o ideal seria que cada estado estabelecesse seus próprios valores de referência.

Portanto, a regulamentação brasileira deveria estar baseada não apenas em estudos toxicológicos, mas também deveria considerar as condições naturais do local, a fim de evitar que valores demasiadamente restritivos e não exequíveis sejam estabelecidos ou também evitar que valores extremamente "permissíveis" sejam estabelecidos apenas por que não implicam em riscos para saúde.

A divisão em classes de qualidade deveria ser utilizada como uma ferramenta de gestão dos recursos hídricos e não como referência para basear-se na qualidade da água exigida para cada uso específico. Assim, com a adaptação destes limites, a gestão dos recursos hídricos poderia ser favorecida e mais facilmente exequível, evitando burlas e desrespeitos à legislação.

4. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos d'água**. Brasília, 2013. v.5. 71. p.

BOLLMANN, H. A.; EDWIGES, T. Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba-PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n.4, p.443-452, 2008.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. D. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.5, nº 1, p. 37-60, 2000.

BRAGA, B. et al. **Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.



BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 dez. 2011.

CALIJURI, M. C; CUNHA, D. G. F. (Coord.). **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). **A protocol for the derivation of water quality guidelines for the protection of aquatic life**. In: Canadian environmental quality guidelines. 1999. 37 p.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). **Appendix XV – Protocols for deriving water quality guidelines for the protection of agricultural water uses**. In: Health Canada. 1999. 21 p.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). **Guidelines for Canadian recreational water quality**. 3. ed. In: Canadian environmental quality guidelines. Ottawa, 1993. 161 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 abr. 2008.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 2001.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CUNHA, D. G. et al. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidade em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, v.18, n.2, p. 159-168, 2013.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 223 p.

MUNIZ, D. H. **Proposição de um índice de qualidade de água para irrigação (IQAI) com base no monitoramento e caracterização de águas superficiais em ambientes rurais do cerrado**. Brasília, 67 p., 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

NASCIMENTO, L.V., VON SPERLING, M. Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária y Ambiental, AIDIS, 26, 1998, Lima. **Anais...Lima**: 1998, p.1-6.



PHILIPPI Jr., Arlindo (Ed.). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 842 p.

SANTA CATARINA (Estado). Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 09 jun. 1981.

SOUZA, A. P. **Índice de qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas vegetais, no sul do Estado do Espírito Santo**. Jerônimo Monteiro, p., 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo.

SPERLING, M. V. Análise dos padrões brasileiros de qualidade dos corpos d'água e lançamento de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.3, n.1, p. 111-132, 1998.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n.1, p. 181-186, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Aquatic life ambient water quality criteria for Ammonia – freshwater**. Washington, 2013. 242 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Quality Criteria for water**. Washington, 1986. 450 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Drinking-water Quality**. 3. ed. 2011. v.1. 541 p.