

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

CONSISTÊNCIA DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA ORIGINÁRIOS DE MONITORAMENTO NÃO SISTEMÁTICOS

Rubia Girardi¹; Adilson Pinheiro²

RESUMO – A qualidade de água é informação base para a construção de programas de efetivação de enquadramento, plano de bacia, além de poder ser utilizada como ferramenta para a cobrança do uso da água e licenciamento ambiental. O Brasil não possui uma rede nacional de monitoramento consolidada, sendo que há uma parcela expressiva dos dados históricos de qualidade de água coletados em monitoramentos não sistemáticos. O presente trabalho propõe uma metodologia para a consistência de dados de qualidade de água obtidos por monitoramento não sistemáticos. Esta foi aplicada com dados de qualidade que totalizaram 77153 análises, 101 parâmetros oriundos de 107 empresas que realizam o automonitoramento e que contrataram mais de 8 laboratórios diferentes. As etapas de tratamento aplicadas foram: uniformização das unidades, estabelecimento de limite de detecção único por parâmetro, distribuição dos parâmetros por sub-bacias e trechos, separação de dados entre rio principal e afluentes dentro de cada sub-bacia, estimativa da vazão específica de corte para dividir os dados em alta e baixa vazão, eliminação dos valores oriundos de vazão específica alta. A metodologia proposta é facilmente aplicada em *softwares* comerciais, o que facilita o emprego da mesma.

ABSTRACT– The water quality is basic information to framework implementation program, watershed plan, moreover, can be use such a tool to charging and environmental licensing. Brazil do not have an consolidate national monitoring net. The historic data are collected by no systematic monitoring. Thus, this work proposes a methodology to data consistency of water quality obtained by no systematic monitoring. We applied the propose methodology in 4263 analysis, 101 parameters; obtained of 107 companies that did the auto monitoring and contracted more than 8 laboratories different. The steps applied were: unity standardization, establishment unique detection limits for parameter, distribution of parameters in sub-watershed, estimate specific flow to divide in high and low flow, elimination the values of high specific flow. The propose tools are easily obtained by commercial software, in other words, easy to application.

Palavras-Chave – tratamento de dados, poluição hídrica, parâmetros de qualidade.

1 INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento como o Brasil tem se demonstrado a degradação da qualidade de água dos rios, especialmente nas últimas décadas (WWAP, 2018). Os dados de qualidade de água sofrem influência climática, topográfica, geomorfológica, hidrológica, física, além de fatores

1) Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau. 55 47 99172-6472. ru.girardi@gmail.com

2) Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau. 55 47 3221-6078. pinheiro@furb.br.

culturais (Warner *et al.*, 2018). Desta forma, é importante que existam programas de monitoramento da qualidade da água para avaliar a evolução no tempo, a distribuição no espaço, além desta informação ser base para a gestão dos recursos hídricos. A qualidade de água é informação base para a construção de programas de efetivação de enquadramento, plano de bacia, além de poder ser utilizada como ferramenta para a cobrança do uso da água. Deve ser levada em consideração nos casos de outorga do uso e licenciamento ambiental, bem como fazer parte do sistema de informação sobre recursos hídricos. Enfim, dados de qualidade de água são base para a implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Para obtenção desses dados de qualidade de água, faz-se necessário a execução de programas de qualidade de água. Para a execução de um programa é indispensável ter objetivos claros, aplicar uma metodologia apropriada, definindo os pontos de monitoramento, os parâmetros, a frequência de amostragem, a logística entre amostragem e laboratório, os ensaios laboratoriais, tratamento de dados; além dos recursos financeiros adequados (Asadollahfardi, 2015; Behmel *et al.*, 2016; Telci, 2009).

Quando há um programa de monitoramento da qualidade da água que respeita os itens elencados, tem-se um monitoramento considerado sistemático. Esse, proporciona dados distribuídos no tempo e no espaço. Outro ponto relevante na sistematização é a uniformização de metodologia amostral e laboratorial, proporcionando a comparação dos parâmetros e a diminuição das incertezas.

O Brasil não possui uma rede nacional de monitoramento consolidada abrangente. A Agência Nacional de Água possui o programa QUALIAGUA que visa à divulgação de dados de qualidade de água superficial para toda a sociedade, estimula a padronização dos critérios e métodos de monitoramento, fortalece a estruturação dos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e promove a implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas (RNQA) (QUALIAGUA, [201-?]). A ANA também estabeleceu diretrizes para o monitoramento por meio da Resolução ANA 903/2013.

A Resolução ANA 903/2013 cria a RNQA que tem por finalidade analisar a tendência de evolução da qualidade das águas superficiais, avaliar o atendimento dessa qualidade frente ao enquadramento, aferir a recuperação da qualidade da água e ainda apoiar instrumentos na área de gestão de recursos hídricos. A RNQA prevê diretrizes para a distribuição dos pontos de monitoramento no Brasil.

Em relação à padronização, o objetivo é eliminar as lacunas geográficas e temporais do monitoramento, fomentar a calibração interlaboratorial e sistemas de qualidade para aumentar a confiabilidade das informações e para tal prevê a padronização de procedimentos de coleta e análise laboratorial para os parâmetros mínimos. Os procedimentos de coleta e preservação de amostras estão dispostos na Resolução Ana 724/2011 (ANA, 2013). Essa resolução também é conhecida como Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e

Efluentes Líquidos, sendo esse o documento de referência para os procedimentos de coleta e preservação adotados pela RNQA. Esse documento é bastante completo tratando desde o planejamento da amostragem, a organização dos trabalhos de campo, os equipamentos de amostragem, os tipos de ensaios que devem ser feitos em campo além da medição de vazão (ANA, 2013).

A Resolução ANA 903/2013 estabelece os parâmetros mínimos a serem analisados e coloca que as metodologias deverão ser baseadas em normas técnicas cientificamente reconhecidas. E ainda que as análises dos parâmetros poderão ser realizadas no laboratório do operador ou terceirizado, adotando procedimentos de controle de qualidade analítica para atender a confiabilidade dos dados. Cabe ressaltar que sem o estabelecimento de metodologia de análise para os parâmetros, pelo menos os mínimos, segundo a Resolução, cada laboratório terá liberdade de eleger a sua.

Essa situação traz consequências negativas para a utilização desse tipo de dado. Mesmo que os laboratórios utilizem metodologia reconhecida para analisar um mesmo parâmetro, entre um laboratório e outro podem ser adotadas metodologias diferentes, gerando incertezas nas comparações dos resultados. Além disso, há a questão do limite de quantificação (LQ) de cada metodologia, que muitas vezes pode chegar a ser igual ou maior do que o máximo estabelecido na legislação, como é o caso de alguns metais. Quando substâncias pouco abundantes na água, onde o resultado de um laudo está dentro do LQ, tratando-se de metodologias diferentes, os valores encontrados poderão produzir um viés, dificultando a comparação entre um dado e outro. Outro problema que ocorre quando não há uma metodologia única para análise de parâmetros é a diferença das unidades. Algumas são facilmente convertidas como mg.L^{-1} em $\mu\text{g.L}^{-1}$ ou L.s^{-1} em $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$. No entanto, há unidades como as utilizadas em contagem de bactérias, unidade formadora de colônia (UFC) e número mais provável (NMP), que não é possível fazer a transformação de unidades. O mesmo ocorre com a turbidez, que mais comumente é medida em unidades de turbidez nefelométrica (NTU), mas que pode ser utilizado também a unidade de formacina nefelométrica (FNU), por exemplo.

Parâmetros como turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura da água e do ar, pH e condutividade elétrica deverão ser analisados no ponto de coleta, segundo a Resolução ANA 903/2013. Mais uma vez ressalta-se a importância da calibração dos equipamentos utilizados para esses ensaios *in situ*, além da padronização das unidades utilizadas para que as incertezas nos dados sejam minimizadas.

Parcela expressiva de dados históricos de qualidade de água do país foram obtidos por meio de monitoramentos não sistemáticos. Assim, em função da importância da utilização de dados de qualidade de água para a gestão dos recursos hídricos e licenciamentos ambientais; o presente trabalho propõe uma metodologia para a consistência de dados de qualidade de água obtidos por monitoramento não sistemáticos.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Os dados utilizados neste trabalho são todos da mesma bacia hidrográfica, a Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, maior bacia do estado de Santa Catarina, com 15500 km², figura 1. Os dados são oriundos dos laudos de qualidade de água entregues pelas empresas potencialmente poluidoras ao Instituto do Meio Ambiente (IMA), assim como das empresas de abastecimento que monitoram semestralmente a água bruta dos seus mananciais, e geralmente enviam esta informação para a Vigilância Sanitária.

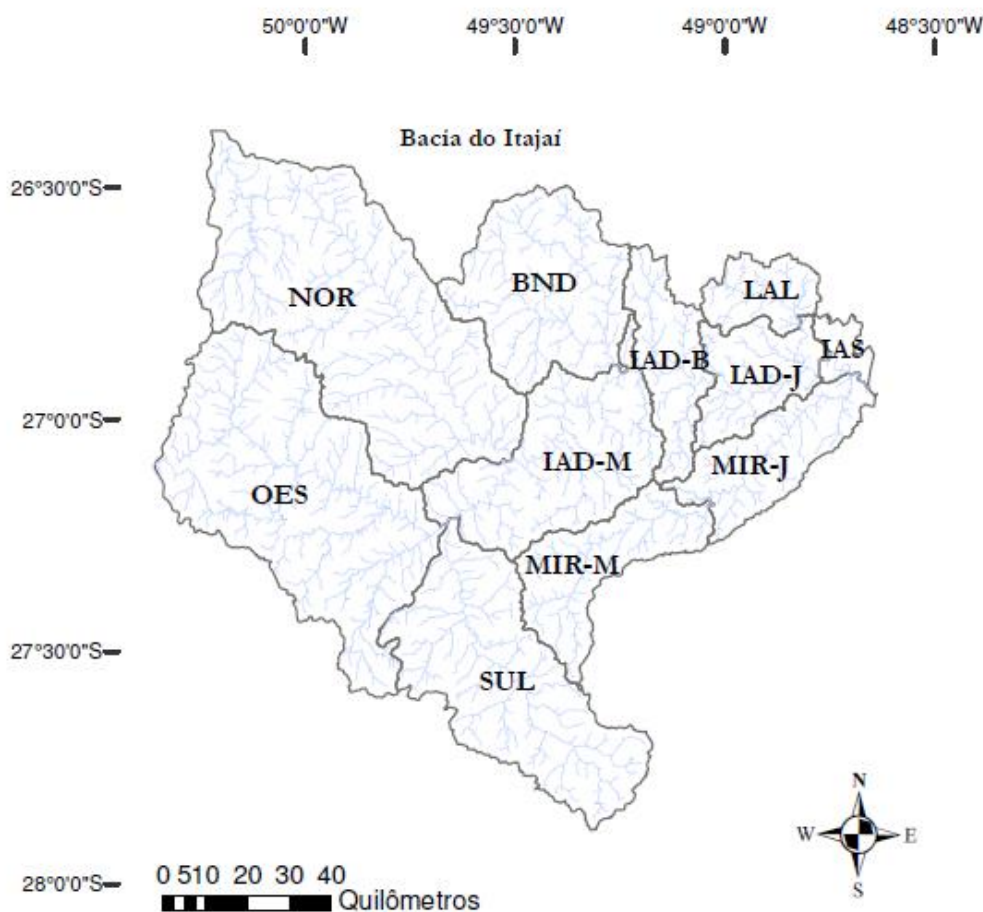


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, sub-bacias e trechos adotados no trabalho

Para o desenvolvimento da proposta de consistência de dados de qualidade de água, trabalhou-se com 77153 análises, 101 parâmetros oriundos de 107 empresas que realizam o auto monitoramento e que contrataram mais de 8 diferentes laboratórios para a execução do monitoramento e análise dos parâmetros. Os dados são do período de 2012 – 2017 e referem-se à água superficial.

Os dados agrupados não possuem nenhum tipo de padrão. Encontrou-se diversidade de LQ, unidades, periodicidade, distribuição, quantidade de ensaios, entre outros. A consistência dos dados é baseada na aplicação de tratamentos para eliminação de valores outliers dos gráficos do tipo *box-plot*. Além da eliminação de erros grosseiros dos dados, objetivou-se também a eliminação de viés.

As etapas de tratamento aplicadas foram: uniformização das unidades, estabelecimento de LQ único por parâmetro, distribuição dos parâmetros por sub-bacias e trechos, separação de dados entre rio principal e afluentes dentro de cada sub-bacia, estimativa da vazão específica de corte para dividir os dados em alta e baixa vazão, eliminação dos valores oriundos de vazão específica alta.

Neste estudo de caso, foi utilizado vazão simulada por meio do modelo *Soil Water Assessment Tool* (SWAT). O ideal era que em cada laudo utilizado houvesse a medição da vazão do rio no instante da coleta. Como não havia essa informação, utilizou-se a vazão simulada para cada dia, conforme data de amostragem. Como há informação de vários trechos do rio, gerando diferenças expressivas de vazão, optou-se por utilizar vazão específica. Desta forma a vazão medida em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ foi dividida em cada unidade de resposta do SWAT, HRU, medida em km^2 , gerando assim a vazão específica em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se trabalha com um banco de dados muito diverso, é comum haver unidades diferentes de medida. Assim, foi necessário uniformizar as unidades. Vários parâmetros apresentavam resultado em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Optou-se por utilizar a unidade presente na Resolução CONAMA 357/2005, que relaciona o enquadramento com a qualidade de água. Para os parâmetros que não estavam presentes nessa resolução, optou-se por usar os metais e substâncias inorgânicas em geral em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e os contaminantes orgânicos em $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, seguindo o que aparece de forma geral na Resolução CONAMA 357/2005.

Nos casos de unidades que não podem ser convertidas, como os coliformes e turbidez, separou-se o parâmetro por unidades. No caso dos coliformes totais e termotolerantes, separou-se os valores medidos em $\text{UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ e $\text{NMP} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$. Optou-se por trabalhar apenas com o UFC por ter maior quantidade de dados. Adicionalmente, essa técnica é mais precisa pois disponibiliza a quantidade de colônia efetiva que cresce em 100 mL de amostra, diferentemente de contar as células, onde contam-se células mortas e outras não viáveis (Tumbure, 2019). Além do mais, o NMP é um método mais demorado e utiliza tabela de probabilidade (Verissimo; Morais, [201-?]). Em relação à turbidez, utilizou-se apenas a unidade UNT ou NTU, que estava presente em praticamente todas as análises. Unidade essa adotada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1993) e *Standard Methods* para análise de água e efluente (Standard Methods, 2017).

Alguns parâmetros, especialmente os poluentes orgânicos, apresentaram muitos valores dentro do LQ. No entanto, o LQ altera com o método e equipamento utilizado, sendo assim, aparentemente alguns poluentes tinham valores mensurados quando se traçava um *box-plot*, mas observava-se um viés oriundo dos diferentes LQ. Para evitar essas tendências, trabalhou-se com o LQ mais alto dentre os presentes para cada parâmetro. Como a quantidade do parâmetro encontrado em água pode ser qualquer valor entre zero e o LQ, optou-se por utilizar a metade do valor do LQ (CE, 2009).

Dividiu-se os parâmetros em grupos com resposta na mesma faixa de valores para traçar os *box-plots*. De forma geral, formaram-se os grupos: parâmetros inorgânicos minoritários como metais; nutrientes, orgânicos minoritários como agroquímicos; bactérias como coliformes. Condutividade elétrica, turbidez, sólidos, temperatura foram separados por se tratar de unidades diferentes. Essa divisão é opcional e depende muito da quantidade de parâmetros diferentes que se está trabalhando, sendo uma etapa opcional.

Após a construção dos *box-plots*, quando observou-se um número elevado de *outliers*, superior a 5% do total de dados, optou-se por avançar no tratamento. Como os dados utilizados na pesquisa estão distribuídos espacialmente pela Bacia do Itajaí, estes foram separados em sub-bacias, que foram denominadas: SUL, OES, NOR, BND, LAL, MIR e IAD, que é o rio principal, figura 1. No trecho final do rio principal (IAD) a água é classificada como salobra, assim os parâmetros para esse trecho (IAS) também foram separados. Isso foi feito porque a qualidade é da água naturalmente distinta, especialmente nos parâmetros influenciados pela concentração de sais como condutividade elétrica, salinidade, sólidos dissolvidos, entre outros. Foram traçados novos *box-plots* para cada parâmetro, em cada trecho ou sub-bacia adotada no trabalho.

Ainda houve excesso de *outliers* nas sub-bacia MIR e no rio principal IAD. Desta forma, separou-se os dados oriundos do rio principal e trabalhou-se apenas com esses, excluindo-se os dos afluentes. Vários parâmetros ainda apresentaram muitos valores *outliers*. Nesses dois trechos, IAD e MIR, havia um bom número de análises efetuadas em alguns pontos do rio. Desta forma, primeiro trabalhou-se com o MIR, e dividiu-se o mesmo em MIR-M, desde a nascente até o município de Brusque e MIR-J, que incluía o município de Brusque até a foz.

No caso do Rio Itajaí (IAD), o ideal seria ter informação após a zona de mistura de cada tributário importante como o Rio Itajaí do Norte, Rio Benedito e Rio Luís Alves. No entanto, os dados disponíveis não permitiram esse tipo de tratamento. Assim, foi necessário buscar outros critérios para a separação do rio principal em trechos. Levou-se em consideração a abundância de análise nos trechos urbanizados oriundos da presença das empresas potencialmente poluidoras, assim como, a alteração do regime do rio de planalto para de planície. Desta forma, dividiu-se o trecho do rio principal em três: IAD-M, desde o seu início na junção do Rio Itajaí do Sul e do Norte até o município de Blumenau, IAD-B somente dentro do município de Blumenau e IAD-J do município de Gaspar

até o fim do trecho de água doce. Distribuiu-se os dados de qualidade nesses novos trechos. Ao total, considerou-se 11 áreas dentro da Bacia do Itajaí. Em muitos trechos, os *box-plots* traçados apresentavam poucos *outliers*.

No entanto, para eliminar ainda mais incertezas oriundas dos dados e excluir valores medidos em vazões altas; que tendem a diminuir as concentrações dos poluentes e alterar valores de média e mediana, houve necessidade de estipular um valor de corte para a vazão específica. Por uma questão de quantidade de dados, optou-se por trabalhar conjuntamente as 5 sub-bacias com perfil mais rural que são: SUL, OES, NOR BND e LAL; além dos dados dos dois trechos do MIR e dos três trechos do IAD; o trecho IAS, por se tratar de água salobra, foi avaliado separadamente. Com o auxílio dos *box-plots* identificou-se o terceiro e o quarto quartil da distribuição de dados de cada parâmetro em cada área. Essa informação foi transferida para os gráficos de correlação, utilizando o quarto quartil (Q4), como valor máximo do parâmetro e sinalizando o terceiro quartil (Q3). Assim, para cada área, foi feita a correlação entre cada parâmetro e a vazão específica. Tendo-se sinalizado o Q3, avaliou-se cada um dos gráficos, neste caso uma média de 30 parâmetros em cada área, e foi estipulado o valor de divisão da vazão, sempre visualizando onde ocorre o maior agrupamento dos dados, os 75% visualizados pela Q3. Para cada área calculou-se a mediana do valor de divisão da vazão. A partir do valor de divisão da vazão, excluiu-se todos os dados medidos na vazão considerada alta em cada área. Os dados restantes, demonstraram-se consistentes e aptos para a gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Itajaí.

O processo de consistência dos dados adotado pode ser resumido na figura 2.

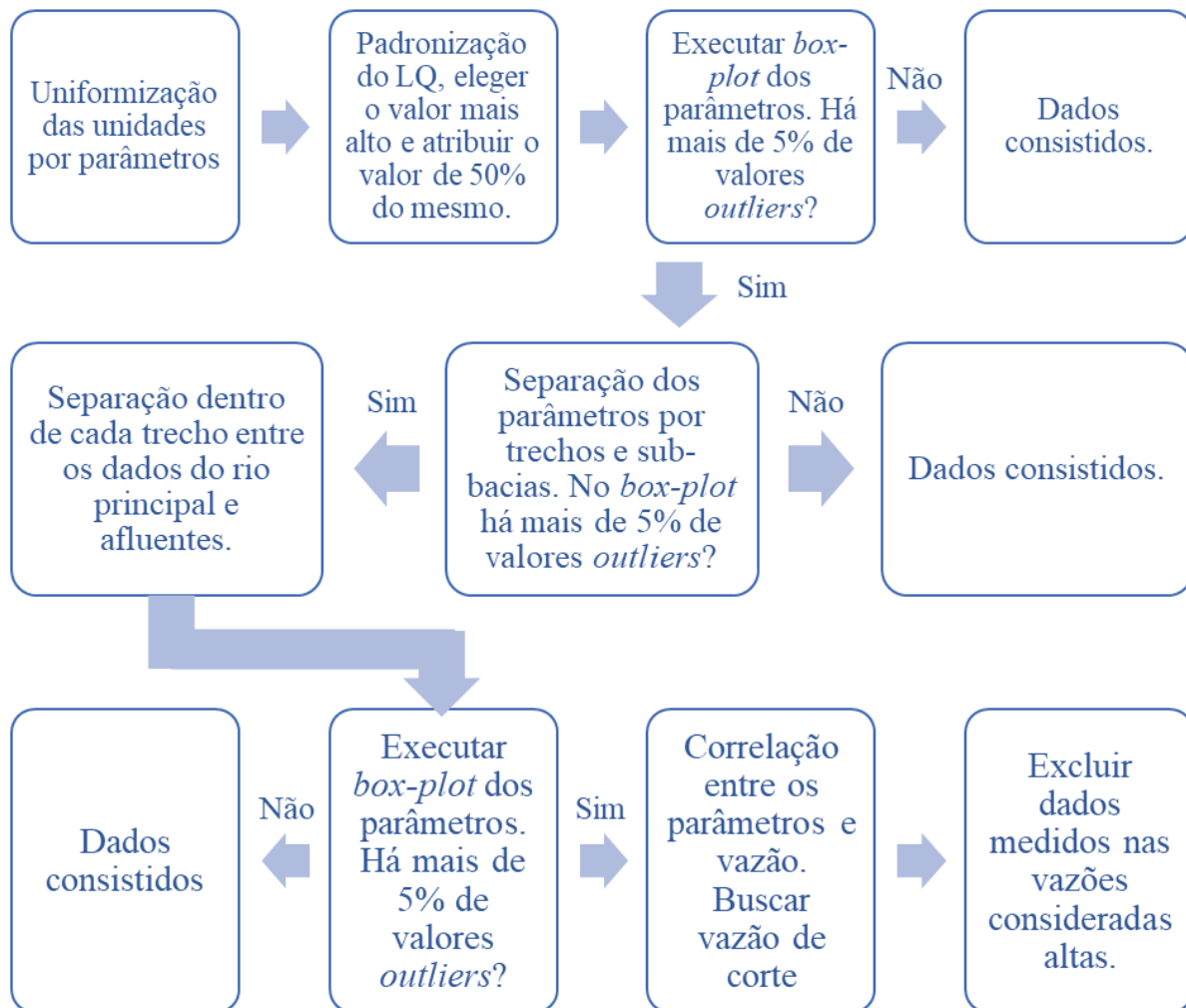


Figura 2 – Etapa de consistência de dados qualidade de água superficial

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho, a partir de um estudo de caso, propõe uma metodologia para a consistência de dados de qualidade de água superficial gerados em monitoramentos não sistemáticos. As ferramentas propostas são facilmente obtidas em *softwares* comerciais, o que facilita a aplicação da mesma. Cabe ressaltar que um dos maiores desafios é compilar a informação não sistematizada, que no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, estava dispersa em diversos órgãos.

É relevante que esta metodologia seja aplicada em outras bacias hidrográficas, onde poderá ser necessário alguma adaptação. No caso apresentado, percebeu-se a necessidade da divisão dos dados por sub-bacias e trechos, para melhorar a consistência dos dados. Essa é uma etapa que irá depender da bacia hidrográfica em questão e da quantidade e distribuição dos dados. Sendo assim, essencial o conhecimento da área de estudo.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FAPESC (termo de outorga nº, 2016TR2525) pelo auxílio financeiro ao projeto intitulado “Programa de Efetivação do Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Itajaí” e a Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina pelo apoio operacional. O primeiro autor teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) na realização de doutorado sanduíche (processo 88881.190420/2018-01).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Resolução ANA nº 724 de 03 de outubro de 2011. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2019.

_____. Resolução ANA nº 903 de 22 de julho de 2013. Cria a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais – RNQA e estabelece suas diretrizes. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2019.

ASADOLLAHFARDI, G. Water quality Management. In: *Water Quality Monitoring Stations*, p. 5 – 20, 2015.

BEHMEL, S.; DAMOUR, M.; LUDWIG, R.; RODRIGUEZ, M. J. *Water quality monitoring strategies – A review and future perspectives*. Science of the Total Environment, n. 571, p. 1312 – 1329, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Governo Federal. Casa Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 03 mar. 2018.

COMUNIDADE EUROPEIA (CE). Directiva 2009/90/CE da Comissão de de 31 de Julho de 2009. Estabelece, nos termos da Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, especificações técnicas para a análise e monitorização químicas do estado da água. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0090&from=EN>>. Acesso em: 2 maio 2019.

EPA, 1993. *Method 180.1: Determination of Turbidity by Nephelometry*. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_180-1_1993.pdf>. Acesso em: 01 maio 2019.

QUALIAGUA. *Portal da Qualidade das Águas*. [201-?]. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>>. Acesso em: 01 maio 2019.

STANDARD METHODS. For the Examination of Water and Wastewater. 2130 Turbidity (2017). <https://www.standardmethods.org/doi/full/10.2105/SMWW.2882.018>

TELICI, I. T.; NAM, K.; GUAN, J.; ARAL, M. M. *Optimal water quality monitoring network design for river systems*. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 10, p. 2987–2998, 2009.

TUMBURE, A. Massey University. *Researchgate*. 19 mar 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/post/What is the difference between cfu mL and cell mL for bacteria](https://www.researchgate.net/post/What_is_the_difference_between_cfu_mL_and_cell_mL_for_bacteria)>. Acesso em: 1 maio 2019.

VERISSIMO, A. MORAIS P. *Microbiologia: Método do Número Mais Provável*. Departamento de Zoologia da Universidade de Coimbra. [201-?]. Disponível em: <<http://cnc.cj.uc.pt/disciplina/microbiologia/pdfs/NMP.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2019.

WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París, UNESCO. 2018. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf>>. Acesso em: 16 jul 2018.

WARNER, W.; NÖDLER, K.; FARINELLI, A.; BLUM, J.; LICHA, T. *Integrated Approach for innovative Monitoring Strategies of Reservoirs an Lakes*. *Environmental Engineering and Management Journal*, v. 17, n. 10, p. 2497–2505, 2018.