

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

VALÉRIA GARCEZ DE OLIVEIRA

SUSTENTABILIDADE E ÉTICA NA GESTÃO HÍDRICA DE VOLTA REDONDA

VOLTA REDONDA
2019

VALÉRIA GARCEZ DE OLIVEIRA

SUSTENTABILIDADE E ÉTICA NA GESTÃO HÍDRICA DE VOLTA REDONDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Thiago Simonato Mozer

Co-orientadora: Profa. Dra. Aldara da Silva César

Co-orientador: Prof. Dr. Ozanan Vicente Carrara

Volta Redonda, RJ
2019

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM

O48s Oliveira, Valéria Garcez de
SUSTENTABILIDADE E ÉTICA NA GESTÃO HÍDRICA DE VOLTA REDONDA
/ Valéria Garcez de Oliveira ; Thiago Simonato Mozer,
orientador ; Aldara da Silva César, coorientador. Volta
Redonda, 2019.
144 f.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Volta Redonda, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PGTA.2019.m.14965815718>

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Avaliação da
Sustentabilidade. 3. Indicadores de Sustentabilidade. 4.
Ética. 5. Produção intelectual. I. Mozer, Thiago Simonato,
orientador. II. César, Aldara da Silva, coorientador. III.
Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia
Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. IV. Título.

CDD -

Bibliotecária responsável: Andreia de Oliveira Paim - CRB7/5183

VALÉRIA GARCEZ DE OLIVEIRA

SUSTENTABILIDADE E ÉTICA NA GESTÃO HÍDRICA DE VOLTA REDONDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Aprovada em 20 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Thiago Simonato Mozer – UFF
Orientador



Profª Drª Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos – UFF



Profª Drª Andréa Auad Moreira- UGB/FERP

Volta Redonda
2019

Ao Dono de toda a Ciência.

Aos meus pais, que tanto me incentivaram e são merecedores de tudo e muito mais, para sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as dificuldades que enfrentei para conquistar –com mérito- aquilo que Ele destinou a mim e pela luz, que Ele e a espiritualidade me deram nos dias de escuridão.

Aos meus pais, Regina e Dirceu, pelo incentivo, pela força, pela paciência, pelo apoio e, resumido em tudo isso, pelo amor, que de tão imenso não sei nem expressar.

Ao meu sobrinho João Paulo que, aos seus tão curtos 3 (quase 4) anos não sabe, mas, foi a força para continuar, porque depois que ele chegou quis ser melhor para tornar-me seu exemplo e orgulho.

Ao meu namorado, Wellyton, pelo apoio desde a graduação, por compreender que a pesquisa e o estudo me fazem e sempre me fizeram muito feliz, pela história que construímos juntos e que, de certa forma, perpassa pela Ciência.

À minha amiga-irmã, Ana Izabel, que nunca me permitiu desistir e que sempre acreditou em mim até mesmo quando eu mesma duvidei.

Ao meu orientador, Thiago e aos meus co-orientadores Aldara e Ozanan, pelo apoio dado desde o início deste trabalho, à gentileza e à boa-vontade com que sempre sanaram as minhas dúvidas e me orientaram pelo caminho até aqui, também aos demais professores do PGTA que contribuíram tanto para meu conhecimento pessoal e científico.

Aos amigos bolsistas que dividiram comigo a jornada durante o mestrado, Hanna, Thiago e Mariana.

Ao Sr. Deividy, funcionário do SAAE-VR, que me disponibilizou os dados mais recentes acerca dos serviços de água e esgoto assim como a Secretaria Municipal de Saúde que, com muita boa vontade, me cedeu os dados acerca das doenças de veiculação hídrica.

Agradeço também aos especialistas que contribuíram para o rigor científico desta pesquisa me auxiliando na seleção dos indicadores sempre com boa vontade, saibam, que serei grata pelo grande favor que me prestaram em prol de um trabalho melhor.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa concedida para que eu pudesse desenvolver a pesquisa com tranquilidade e dedicação.

“Me chamem de natureza. Me chamem de Mãe (...) Seu futuro depende de mim, quando eu prospero, vocês prosperam, quando padeço, vocês padecem (...) Os meus oceanos, meu solo, meus rios, minhas florestas, todos eles podem acolhê-los ou abandoná-los. Como vocês escolhem viver seu cotidiano, me levando em consideração ou não, realmente não me importa. Suas ações vão determinar o seu destino, não o meu. Eu sou a natureza, eu vou continuar, eu estou preparada pra evoluir. E vocês, estão?”

Conservação Internacional

RESUMO

Os recursos hídricos são considerados recursos naturais estratégicos por conta da sua importância econômica, ambiental e social. A crise hídrica que a região Sudeste atravessou recentemente e a importância do rio Paraíba do Sul estimulam a importância de uma gestão sustentável dos recursos. Assim, mensurar e analisar a sustentabilidade do sistema resulta em um cenário mais eficiente e sustentável. A finalidade desta pesquisa foi avaliar a sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos no município de Volta Redonda- RJ utilizando os indicadores de sustentabilidade. Os indicadores foram analisados sob a ética da responsabilidade de Hans Jonas que aborda a relação entre o homem e a técnica na sociedade atual sociedade tecnocientífica. A seleção dos indicadores foi realizada através da técnica Delphi, onde um quadro de especialistas selecionou os indicadores a serem utilizados para avaliar a sustentabilidade, as suas dimensões da sustentabilidade e o seu grau de importância. Os indicadores foram classificados como de Pressão, Estado, Impacto ou Resposta. Todos os 40 indicadores selecionados foram classificados de Muito Importante a Pouco Importante, ademais, 13 indicadores contemplaram todas as dimensões, estes foram analisados de acordo com os dados municipais. Dos 40 indicadores selecionados 14 são de Pressão, 11 de Estado, 2 caracterizados como indicadores de Impacto e 15 foram atribuídos como de Resposta. Embora os princípios éticos estejam contemplados na legislação brasileira, na prática da gestão hídrica, alguns princípios como o da solidariedade, participação e dignidade humana, ainda precisam ser melhor implementados, além disso, observou-se a inserção da perspectiva de Hans Jonas em todos os 13 indicadores analisados. Alguns indicadores apontaram a não-sustentabilidade do sistema de água e esgoto de Volta Redonda, indicando problemáticas principalmente em relação à falta de tratamento de esgoto, à precária saúde do rio e às divergências entre os plano de bacia e o plano diretor municipal.

Palavras-chave:. Recursos Hídricos. Avaliação da Sustentabilidade. Indicadores de Sustentabilidade. Ética da Responsabilidade.

ABSTRACT

Water resources are considered strategic natural resources because of their economic, environmental and social importance. The water crisis faced by the Brazilian Southeast region and the importance of the river Paraíba do Sul stimulated the importance of a sustainable management of resources. The measurement and analysis of the sustainability results in a more efficient and sustainable scenario. This research had the purpose to evaluate the sustainability management of water resources in Volta Redonda-RJ city using sustainability indicators. The indicators were analyzed under the ethics of Hans Jonas perspective, which addresses the relationship between man and society today, technical and scientific society. The selection of the indicators was performed using the Delphi technique, where a-group of experts selected the indicators to be used in order to evaluate the sustainability, the sustainability dimensions and their degree of importance. The indicators were classified as Pressure, State, Impact or Response. All the 40 selected indicators were classified from Very Important to Little Important, in addition, 13 indicators included all dimensions, these were analyzed according to municipal data. From the 40 selected indicators 14 were described as Pressure, 11 were described as State, 2 as indicators of Impact and 15 were assigned as Response. Although ethical principles are contemplated in Brazilian legislation, in the practice of water management, some principles such as solidarity, participation and human dignity still need to be better implemented, in addition, it was observed the insertion of the perspective of Hans Jonas in all 13 indicators analyzed. Finally, some indicators pointed to the non-sustainability of the Volta Redonda water and sewage system, indicating problems mainly in relation to the lack of sewage treatment, the precarious health of the river and the divergences between the basin plan and the municipal director plan.

Keywords: Water Resources. Sustainability Assessment. Sustainability Indicators. Ethics of Responsibility.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Distribuição hídrica mundial, p. 13
- Figura 2 - Matriz esquemática do SINGREH, p. 44
- Figura 3 - Ciclo da metodologia PEIR, p. 64
- Figura 4 - Localização da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, p. 66
- Figura 5 - Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e suas subdivisões representadas pelos comitês, p. 67
- Figura 6 – Macrolocalização do município de Volta Redonda-RJ, p. 68
- Figura 7 - Depósito de escória às margens do rio Paraíba do Sul em Volta Redonda, p. 71
- Figura 8 – Gráfico do percentual de Indicadores de Sustentabilidade (IS) atribuído a cada um dos graus de importância, p. 78
- Figura 9 – Gráfico das dimensões do Desenvolvimento Sustentável e a quantidade de Indicadores de Sustentabilidade (IS) atribuídos a cada uma delas, p. 79
- Figura 10 - Critérios para interpretação do índice de integridade biótica de peixes (IIBP) do rio Paraíba do Sul, Trecho Funil – Santa Cecília, p. 96
- Figura 11 – Gráfico de vazão de consumo para os principais municípios da bacia para consumo urbano de 2010 e estimada para 2025 e 2035, p. 98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores de sustentabilidade de águas interiores para a aplicação na Austrália e Nova Zelândia, de acordo com as sub-áreas: Águas subterrâneas, águas superficiais e habitats aquáticos, p. 25

Quadro 2 - Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, p. 26

Quadro 3 - Indicadores principais e secundários de acordo com os temas água doce, p. 27

Quadro 4 - Indicadores de sustentabilidade hídricos utilizados para cálculo do Índice de Sustentabilidade Hidro ambiental, p. 29

Quadro 5 - Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos divididos em categorias, p. 31

Quadro 6 - Indicadores utilizados para o cálculo do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental de acordo com as categorias, p. 35

Quadro 7 - Indicadores de Desenvolvimento Sustentável referentes aos recursos hídricos e os dados utilizados para obtenção destes indicadores, p. 36

Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade relacionados à gestão de recursos hídricos propostos de acordo com os critérios a serem respeitados, p. 37

Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade sobre recursos hídricos, p. 38

Quadro 10 - Indicadores de sustentabilidade para saneamento básico, selecionados através do método Delphi, de acordo com suas categorias e subcategorias, p. 40

Quadro 11 - Indicadores de sustentabilidade referentes aos recursos hídricos de acordo com os tipos de serviços ecossistêmicos e suas categorias, p. 41

Quadro 12 - Painel de especialistas, suas respectivas funções e a justificativa para a participação na técnica Delphi, p. 60

Quadro 13 - Indicadores selecionados pelo painel de especialistas através da técnica Delphi, p. 61

Quadro 14 - Indicadores selecionados, dimensionalidades e graus de importância, p. 73

Quadro 15 - Estações de tratamento de esgoto de Volta Redonda e suas principais características, p. 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores multidimensionais e os respectivos dados municipais de Volta Redonda, p. 81

Tabela 2 - Dados municipais acerca do número de casos de doenças de veiculação hídrica em Volta Redonda, p. 92

Tabela 3 - Parâmetros da água distribuída – Ano 2017, p. 93

Tabela 4 - Dados sobre demandas hídricas (2010 e 2030) e mananciais utilizados pelo sistema de abastecimento urbano de Volta Redonda, p. 99

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AGEVAP	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANZECC	Conselho de Ambiente e Conservação da Austrália e Nova Zelândia
CAAN	Concessionária Águas das Agulhas Negras
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CBHMPS	Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul
CEIVAP	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CF	Constituição Federal
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COMEST	Comissão Mundial sobre Ética do Conhecimento e Tecnologia Científica da UNESCO
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EUROSTAT	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FPJ	Fundação João Pinheiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICWE	Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IIBP	Índice de Integridade Biótica de Peixes
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IS	Indicadores de Sustentabilidade

ITB	Instituto Trata Brasil
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
IUWM	Gestão Integrada de Águas Urbanas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MURNInet	Rede de Indicadores Urbanos da Malásia
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
NOS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PEIR	Pressão-Estado-Impacto-Resposta
PER	Pressão-Estado-Resposta
PIB	Produto Interno Bruto
PMVR	Prefeitura Municipal de Volta Redonda
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente
PPU	Preço Público Unitário
SAAE-VR	Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
THMs	Trihalometanos
UDHR	Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos
UN/CSD	Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
UPV	Usina Presidente Vargas
WBCSD	Conselho Empresarial Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável
WSP	Programa de Água e Saneamento
WWDR	Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos
WWF	Fundo Mundial para a Vida Selvagem e Natureza

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, p. 13
2. OBJETIVOS, p. 18
 - 2.1 OBJETIVO GERAL, p. 18
 - 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS, p. 18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, p. 19
 - 3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUSTENTABILIDADE: HISTÓRICO E CONCEITOS, p. 19
 - 3.1.1 Dimensões da Sustentabilidade, p. 21
 - 3.1.2 Indicadores de Sustentabilidade, p. 23
 - 3.1.2.1 Indicadores de Sustentabilidade de Águas Interiores, p. 24
 - 3.1.2.2 Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação dos Sistemas De Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, p. 25
 - 3.1.2.3 Indicadores de Sustentabilidade para Água Doce, p. 27
 - 3.1.2.4 Índice Hidroambiental, p. 28
 - 3.1.2.5 Indicadores de Sustentabilidade Hídricos, p. 28
 - 3.1.2.6 Indicadores-chave para Recursos Hídricos, p. 29
 - 3.1.2.7 Indicadores Hidroambientais para Bacias Hidrográficas, p. 30
 - 3.1.2.8 Análise Multicritério através de Indicadores Hidroambientais, p. 34
 - 3.1.2.9 Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, p. 36
 - 3.1.2.10 Indicadores de Sustentabilidade para Elaboração de Rótulos de Sustentabilidade, p. 37
 - 3.1.2.11 Indicadores de Sustentabilidade para Recursos Hídricos, p. 38
 - 3.1.2.12 Indicadores Urbanos da Malásia para Recursos Hídricos, p. 39
 - 3.1.1.13 Pegada hídrica, p. 39
 - 3.1.1.14 Indicadores de Sustentabilidade para Saneamento Básico, p. 40
 - 3.1.2.15 Indicadores de Sustentabilidade baseado em Serviços Ecossistêmicos, p. 40
 - 3.1.2.16 Indicadores de sustentabilidade para biocombustíveis à base de celulose, p. 42
 - 3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE RECURSOS HÍDRICOS, p. 43
 - 3.2.1 Política Nacional de Recursos Hídricos, p. 43
 - 3.2.2 Política Nacional de Saneamento Básico, p. 46
 - 3.3 ÉTICA E RECURSOS HÍDRICOS, p. 48
 - 3.3.1 A Ética da Responsabilidade de Hans Jonas, p. 49

3.3.2	<u>O direito à água</u> , p. 54
4.	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> , p. 56
4.1	<u>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</u> , p. 57
4.2	<u>SELEÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE</u> , p. 57
4.2.1	<u>Técnica Delphi</u> , p. 58
4.2.2	<u>Matriz Pressão/Estado/Impacto/Resposta</u> , p. 63
4.2.3	<u>Ética da responsabilidade de Hans Jonas</u> , p. 65
4.3	<u>IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CRÍTICOS DO SISTEMA E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS</u> , p. 65
5.	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> , p. 66
5.1	<u>CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA, SOCIECONÔMICA E AMBIENTAL (PRESSÕES) DE VOLTA REDONDA-RJ</u> , p. 66
5.1.2	<u>Usina Presidente Vargas</u> , p. 69
5.2	<u>INDICADORES SELECIONADOS: CLASSIFICAÇÃO, DIMENSIONALIDADES E IMPORTÂNCIA</u> , p. 71
5.2.1	<u>Classificação PEIR</u> , p. 75
5.2.2	<u>Dimensionalidades e Importância</u> , p. 77
5.3	<u>ANÁLISE DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE MULTIDIMENSIONAIS EM VOLTA REDONDA</u> , p. 80
5.3.1	<u>Desempenho do Sistema quanto à Coleta e Tratamento de esgoto</u> , p. 82
5.3.2	<u>Desempenho do Sistema quanto ao Abastecimento Humano</u> , p. 85
5.3.2.1	Quantidade de produto químico utilizado no tratamento por 1000m ³ de água tratada, p. 85
5.3.2.1.1	<i>Sulfato de Alumínio</i> , p. 85
5.3.2.1.2	<i>Polímero</i> , p. 87
5.3.2.1.3	<i>Hidróxido de Cálcio</i> , p. 88
5.3.2.1.4	<i>Cloro</i> , p. 88
5.3.2.1.5	<i>Flúor</i> , p. 90
5.3.2.2	Número de casos de doenças de veiculação hídrica/1000 habitantes, p. 91
5.3.3	<u>Desempenho do Sistema quanto ao Estado Qualitativo e Quantitativo da Água</u> , p. 94
5.3.3.1	Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos, p. 94
5.3.3.2	Saúde do rio, p. 95

5.3.3.3 Extração de águas superficiais *versus* Disponibilidade e Vazão do rio para captação, p. 97

5.3.4 Gestão, p. 100

5.3.4.1 A bacia tem plano de bacia? p. 100

5.3.4.1.1 *A relação entre o Plano da Bacia do Médio Paraíba do Sul e o Plano Diretor Participativo de Volta Redonda*, p. 102

5.4 ANÁLISE DOS INDICADORES SOB A PERSPECTIVA JONASIANA, p. 104

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS, p. 108

6.1 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS, p. 109

REFERÊNCIAS, 110

APÊNDICES, p. 132

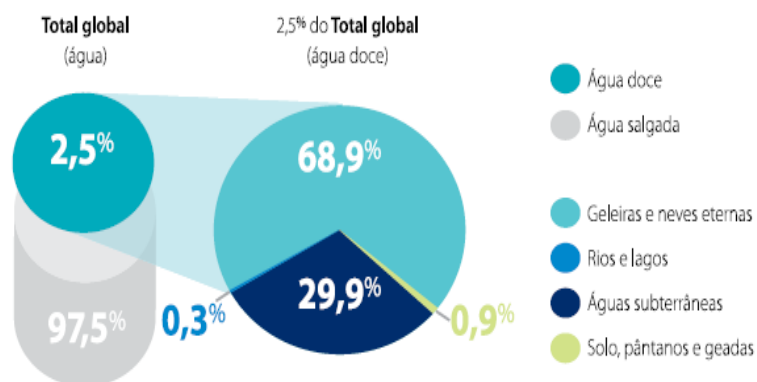
1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO- acrônimo de *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, 2016), os recursos hídricos possuem importância econômica, social e ambiental, representando a base de dependência de 78% da mão de obra mundial.

Assim, a água é um recurso-chave constituindo um fator de produção para a economia mundial (PELLICER-MARTÍNEZ e MARTÍNEZ-PAZ, 2016) tornando-se um recurso natural estratégico com importância sob diversos aspectos diferentes como a economia, a política e a questão ambiental (JARDIM e BURSZTYN, 2015).

Em termos de distribuição global de água, 97,5% encontram-se em oceanos e lagos salinos e apenas 2,5% são de água doce, dentro desse percentual de água doce 68,9% estão em calotas polares e geleiras, 29,9% estão disponíveis como água subterrânea, 0,3% como água doce acessível presente em lagos, rios, na composição da biota e em formas de vapor de água atmosférico e 0,9% da água encontra-se em solo, pântanos e geadas (Figura 1) (BRASIL, 2016a; MILLER, 2014).

Figura 1 - Distribuição hídrica mundial.



Fonte: BRASIL, 2016a.

Estima-se que 26% da água doce disponível encontra-se na América do Sul. No contexto mundial, o Brasil encontra-se em condições satisfatórias, havendo, entretanto, uma desigualdade na distribuição física destes recursos hídricos. Passam pelo território brasileiro

cerca de 260.000 m³/s de água, dos quais 205.000 m³/s estão localizados na bacia do rio Amazonas, região de menor contingente populacional no país (BRASIL, 2016a).

Em áreas urbanas, os corpos hídricos de água doce são expostos a diversos riscos tais como a impermeabilidade, densidade populacional, fragmentação e degradação do habitat (como a retificação e canalização dos corpos hídricos) além da baixa qualidade hídrica (THORNHIL et al.,2017).

A má gestão da água também é reconhecida como um problema ético, tendo em vista as dificuldades causadas pela distribuição, conhecimento e recursos. A partir disso, torna-se fundamental a tomada de decisões estratégicas relacionadas ao seu acesso e privação (SELBORNE, 2001).

A Ética está ligada aos princípios que orientam, normatizam, motivam e disciplinam o comportamento dos seres humanos face ao manejo e uso da água, que é um direito humano fundamental (AHLERT, 2013). Assim, a aplicação de conceitos éticos tem a função de apoio ao processo de tomada de decisão por parte dos gestores, facilitando o processo e dando suporte a uma base de conhecimentos técnicos (LIU et al., 2011).

Todos os seres vivos têm direito à água, no entanto, destaca-se a obrigação de cada um respeitar o meio ambiente e usá-lo de forma racional, impedindo que resíduos impactem as reservas hídricas mundiais para garantir sua qualidade e a continuidade de seu uso futuro (NUNES, 2009).

Historicamente, no século XX, inicia-se uma tomada de consciência referente à escassez hídrica. Tendo atingido diversos países, a crise da água é uma das principais preocupações atuais tornando o seu uso sustentável o maior desafio da sociedade contemporânea (AHLERT, 2013).

Então, a gestão da água tem passado por mudanças constantes desde a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) no Rio em 1992 (Rio-92), o maior evento realizado no âmbito das Nações Unidas até então que contou com a participação de 172 países. O objetivo eram acordos internacionais visando o interesse de todos e a proteção do meio ambiente global, consolidando o conceito de Desenvolvimento Sustentável (RAMID e RIBEIRO, 1992).

Os setores responsáveis pela gestão hídrica de muitos países têm reagido ao aumento de risco de crise hídrica, adotando novas estruturas institucionais e descentralizando o planejamento (AL SAIDI, 2017).

Em virtude da escassez de recursos naturais e a perda gradativa de qualidade de vida, o conceito de sustentabilidade tem se fortalecido e diversos modelos de desenvolvimento têm sido propostos a fim de garantir a qualidade ambiental, destacando o uso das gerações futuras (LACERDA e CÂNDIDO, 2013).

O problema do desenvolvimento sustentável recentemente vem ganhando mais importância na prática. A revisão da literatura mostra o número de maneiras pelas quais é possível aumentar o nível de desenvolvimento sustentável (BLUSZCZ, 2016).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA 2011), a diversidade de interesses em relação ao uso da água, a distribuição desigual e o uso inadequado têm gerado conflitos e ameaçado a garantia desse recurso para as gerações presentes e futuras. Para garantir a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos para as futuras gerações, é necessário estudar e medir como o seu uso atual pode afetar sua disponibilidade no futuro (PELLICER-MARTÍNEZ e MARTÍNEZ-PAZ, 2016).

Desta forma, a necessidade de avaliar a sustentabilidade do sistema a partir de uma perspectiva holística levou a diversos estudos com propostas de indicadores de caráter multidimensional que podem ser aplicados para medir os esforços de sustentabilidade no contexto de produtos e processos organizacionais (PARK e KREMER, 2017).

A relação entre os indicadores, criados nos anos 1990, e o desenvolvimento sustentável apresenta-se como uma contribuição para a resolução de impasses no futuro pois os indicadores auxiliam ao simplificar dados e informações para as tomadas de decisões (CARVALHO, CURI e LIRA, 2013).

Portanto, os índices de sustentabilidade da água são instrumentos com a capacidade de oferecer subsídios ao monitoramento e controle operacionais do desenvolvimento sustentável a partir da perspectiva hídrica, funcionando como um sistema de informações sobre a situação das diversas esferas do desenvolvimento sustentável dentro do contexto de gestão de bacias hidrográficas (LACERDA e CÂNDIDO, 2013).

Além disso, destaca-se, desde 2012, a intensa diminuição das chuvas em algumas regiões do Brasil, este processo tem impactado a oferta de água para o abastecimento público em regiões mais populosas e, conseqüentemente, com maior demanda hídrica. A crise hídrica vivida em algumas regiões brasileiras não se deve somente à baixa de precipitação, mas também à gestão da demanda e à garantia da oferta (ANA, 2015).

Embora a disponibilidade hídrica do rio Paraíba do Sul passe despercebida pela população do Rio de Janeiro porque, raramente, o sistema passou por racionamento, a região

Sudeste, onde localiza-se o rio Paraíba do Sul, passou por uma crise hídrica entre 2012 e 2014 (COELHO, 2012).

Além disso o rio Paraíba do Sul foi identificado como área vulnerável porque apresentou alta criticidade quali-quantitativa devido à alta demanda de água existente e a grande quantidade de carga orgânica lançada aos rios (ANA, 2015).

A função crucial do rio Paraíba do Sul é o abastecimento hídrico de, aproximadamente, 80% da população do estado do Rio de Janeiro, daí a importância do controle da qualidade e a gestão coerente dos usos da água da bacia, da qual depende, fundamentalmente, o estado do Rio de Janeiro (COELHO, 2012).

Em virtude dessa realidade, a relação entre sustentabilidade e gestão de recursos hídricos torna-se um aspecto de extrema importância e necessidade. Sendo assim, o estabelecimento de indicadores que ofereçam um diagnóstico do gerenciamento público dos recursos hídricos possibilita que identifiquem as ações de melhorias para o sistema tornando-o mais sustentável e otimizando o uso destes recursos.

A avaliação da sustentabilidade dos serviços públicos é importante, especialmente a nível local, levado em conta o papel central dos governos locais como principal empregador público e provedor de diversos serviços (DOMINGUES et al., 2015).

A avaliação da situação atual sobre as questões hídricas no contexto geográfico municipal e de microbacias hidrográficas pode permitir conclusões sobre as implicações diretas, em escala espacial e temporal, capazes de auxiliar no controle da gestão da água (CARVALHO et al., 2015).

Considerando o crescente interesse, por parte dos gestores, em garantir água em qualidade e quantidade adequadas à todas as atividades humanas, o tema desta pesquisa é a sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos. A partir disso, o presente trabalho tem seu problema de pesquisa pautado no seguinte questionamento: De que forma é possível mensurar o quanto sustentável é a gestão dos recursos hídricos no município de Volta Redonda?

O presente trabalho é dividido em seis capítulos, sendo o primeiro referente à introdução aos temas que serão abordados posteriormente. O segundo trata dos objetivos geral e específicos da pesquisa, destacando quais as suas finalidades. A revisão bibliográfica está no terceiro capítulo que destaca, principalmente, os trabalhos semelhantes a este e seus resultados a fim de embasar teoricamente a pesquisa. O quarto capítulo trata das classificações da pesquisa, quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, também se refere às fases e à metodologia do trabalho. O quinto capítulo traz os resultados

deste trabalho e a discussão dos mesmos, enquanto o sexto e último capítulo refere-se às conclusões retiradas dos resultados obtidos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a sustentabilidade da gestão de recursos hídricos do município de Volta Redonda-RJ através de indicadores de sustentabilidade e princípios éticos universais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i- Caracterizar o município de Volta Redonda- RJ;
- ii- Identificar os indicadores de sustentabilidade para recursos hídricos à luz da teoria e analisar os indicadores selecionados considerando a realidade do município de Volta Redonda;
- iii- Analisar os dados municipais dos indicadores selecionados sob a perspectiva da ética da responsabilidade proposta por Hans Jonas;
- iv- Identificar fatores críticos na gestão dos recursos hídricos e propor respectivas ações de melhoria a fim de contribuir para um cenário mais sustentável.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUSTENTABILIDADE: HISTÓRICO E CONCEITOS

Na década de 1960 surgiu o movimento ambientalista, impulsionado pela crise do petróleo, em 1970 ganhou forças devido à intensificação da discussão carregada de críticas ao modelo de desenvolvimento econômico da época que não conseguia conciliar o crescimento econômico com a sobrevivência da espécie humana a longo prazo (FERNANDEZ, 2011).

Já no Brasil, na década de 60, o modelo de desenvolvimento nacional era redesenhado e, no fim desta década, emergiram as demandas ambientais retratadas pela poluição intensa no rio Tietê e reclamações da população por conta das indústrias de diferentes ramos em Porto Alegre- RS e em Betim-MG (VIEIRA e BREDARIOL, 1998).

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu com o nome de ecodesenvolvimento na década de 1970, este termo representava uma terceira opção a um debate que, a princípio, só tinha dois lados: o do “crescimento zero” afirmando que, se o crescimento não fosse interrompido, a consequência seria uma catástrofe ambiental, enquanto o outro lado, dos países de terceiro mundo, reivindicava o direito de crescer economicamente (FERNANDEZ, 2011; ROMEIRO, 2012).

Em 1987, surge o conceito de desenvolvimento sustentável definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987, no relatório “Nosso Futuro Comum”, sendo conceituado como “o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”.

Este conceito de desenvolvimento sustentável também está inserido na Constituição Federal Brasileira (CF, 1988) que, em seu artigo 225 impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações. Na gestão brasileira de recursos hídricos, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 1997) também introduz o conceito de desenvolvimento sustentável ao reconhecer em seus objetivos a disponibilidade de água em quantidade e qualidade para as futuras gerações.

O conceito e as considerações do relatório “Nosso Futuro Comum” foram admitidos por diversas instituições importantes no contexto internacional e foram implementados no texto da Agenda 21, um documento de grande importância mundial elaborado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, 1995).

A Agenda 21 funciona como um guia para todas as sociedades do planeta em direção a um desenvolvimento socialmente justo e ambientalmente sustentável (BARBIERI, 2014).

Após ser adotado nos debates globais, o desenvolvimento sustentável foi promovido como política de longo prazo que equilibra ambições ambientais, econômicas e sociais em uma abordagem holística. Entretanto, o otimismo que envolveu este conceito na década de 1990 diminuiu atualmente (PUPPHACHAI e ZUIDEMA, 2017). Ainda assim, o desenvolvimento sustentável recebeu, nas últimas décadas, uma atenção crescente dos gestores políticos, industriais e acadêmicos (RANTALA et al., 2018).

É importante salientar que alguns autores identificam desenvolvimento sustentável e sustentabilidade como sinônimos enquanto outros enxergam diferenças entre os dois conceitos (SARTORI, LATRÔNICO e CAMPOS, 2014).

Em virtude disso, alguns autores consideram que o desenvolvimento sustentável se tornou uma competição onde, ora os termos se opõem, ora se complementam (NASCIMENTO, 2012). Desta forma, apresentam-se a seguir algumas definições de desenvolvimento sustentável e/ou sustentabilidade.

A sustentabilidade é a capacidade de se sustentar e de se manter. Uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre, isto é, uma exploração de um recurso natural exercida de forma sustentável durará para sempre, não se esgotando nunca (MIKHAILOVA, 2004).

O conceito de sustentabilidade implica na coexistência harmônica do homem com seu meio ambiente, assim, tem o objetivo de equilibrar a relação homem-natureza de uma forma em que ambos sejam beneficiados (MEIRELES, NETO e OLIVEIRA, 2011).

Uma das origens do conceito de sustentabilidade vem das Ciências Biológicas e é baseado, principalmente, na capacidade de determinado ecossistema abastecer os sistemas produtivos com recursos naturais, que podem se findar por conta da exploração irracional e, também de absorver os resíduos, assim, a sustentabilidade tem relação direta com a resiliência do ecossistema (BARBIERI, 2014; FERNANDEZ, 2011).

A outra origem para o conceito de sustentabilidade vem da economia que refere-se à questão dos padrões de exploração dos recursos naturais e a finitude destes recursos que limitam seu uso pela humanidade (NASCIMENTO, 2012).

Na América Latina, a Ecologia Política traz um conceito de sustentabilidade fundamentada na emancipação dos povos tradicionais partindo dos preceitos de reformulação de suas identidades culturais assim como a reapropriação da natureza e reterritorialização de

seus mundos de vida. Ademais, busca desconstruir a racionalidade insustentável da modernidade, através da valorização dos saberes culturais e dos potenciais da natureza e, a partir daí, construir um futuro sustentável (LEFF, 2015; PORTO- GONÇALVES e LEFF, 2015).

De acordo com Elkington (1994), o desenvolvimento sustentável é o objetivo a ser alcançado e a sustentabilidade caracteriza-se como o processo pelo qual se atinge o desenvolvimento sustentável. Já para Dovers e Handmer (1992), o desenvolvimento sustentável é o caminho para se alcançar a sustentabilidade, vista como o objetivo final.

A aparência mais recente do desenvolvimento sustentável é a economia verde que incorpora a necessidade de adoção de parâmetros de sustentabilidade tendo em conta o risco ambiental, reafirmando a inexistência do conflito entre crescimento econômico e meio ambiente (ROMEIRO, 2012).

Na presente pesquisa, assume-se que sustentabilidade e desenvolvimento sustentável constituem-se de um mesmo processo. Apesar de conceituar o termo desenvolvimento sustentável, o relatório “Nosso Futuro Comum” também afirma que haverá diferentes interpretações deste conceito por conta dos sistemas econômicos e sociais que variam de país para país, entretanto, o desenvolvimento sustentável também deve ser um objetivo comum de todas as nações (BARBIERI, 2014).

3.1.1 Dimensões da Sustentabilidade

Ao decorrer dos anos, o conceito de desenvolvimento sustentável perpassou por diversas definições e entendimentos, entretanto, destaca-se que o conceito básico implica na inter-relação entre as dimensões social, ambiental e econômica, o que significa que nenhuma dessas é tão importante quanto a outra (VISVALDIS, AINHOA e RALFS, 2013).

De acordo com a Agenda 21, o desenvolvimento sustentável possui três dimensões: social, econômica e ambiental, o chamado *triple bottom line*, que inclui a necessidade de uma avaliação simultânea financeira, ambiental e social (SILVESTRE, 2016).

Com base na literatura, Miranda e Teixeira (2004) identificaram em seu trabalho, os princípios gerais da sustentabilidade. A partir de um levantamento bibliográfico, com o auxílio de um quadro restrito de especialistas, associaram e adequaram os princípios às dimensões da sustentabilidade, também definidas pelo quadro de especialistas. De acordo com

os autores, as dimensões da sustentabilidade são Ambiental, Socioeconômica e Político-cultural.

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2007) elaborou um documento atualizado com diretrizes e metodologias para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade (IS), neste documento, a Organização contempla quatro dimensões: social, ambiental, econômica e institucional.

Cruz e Ferrer (2015), acrescentam às três dimensões tradicionais (Ambiental, Social e Econômica) a dimensão tecnológica justificando-a pela sua importância na atualidade tanto na economia quanto no próprio meio ambiente. Destacam ainda que a tecnologia é o fundamento da “Nova Economia” e o conhecimento, a sua nova matéria prima.

Já Machado, Fagundes e Henriques (2015) adicionam às dimensões delineadas por Cruz e Ferrer (2015) a dimensão ética e denominam a dimensão ambiental como ecológica. Contudo, Spiller (2016) considera, em sua pesquisa sobre indicadores de sustentabilidade, quatro dimensões: ambiental, sociocultural, econômica e tecnológica.

Por sua vez, Nascimento (2012) apresenta as dimensões econômica, ambiental e social como as mais comuns, entretanto, critica a exclusão de uma dimensão política apontando como consequência desta exclusão a despolitização do desenvolvimento sustentável como se as transformações nos usos dos recursos naturais não passassem por discussões que envolvem o poder público e suas relações com os demais setores envolvidos.

Dessa maneira, as dimensões ambiental, econômica e social mantêm-se em todas as literaturas citadas, entretanto, alguns autores às combinam entre si ou com outras dimensões como em Miranda e Teixeira (2004) com as dimensões socioeconômica e político-cultural ou em Spiller (2016) com a dimensão sociocultural. É importante destacar também as dimensões tecnológica e institucional. A dimensão ética só foi proposta por Machado, Fagundes e Henriques (2015). A partir dos cruzamentos destas dimensões/critérios, a partir da literatura, têm-se as seguintes definições:

- i) Ambiental/Ecológica: É a dimensão mais conhecida, a partir desta dimensão se admite que os avanços nas informações nos permitem traçar ações para minimizar os impactos e pressões sobre o meio ambiente (CRUZ e FERRER, 2015).
- ii) Econômica: Possui a função de solucionar o principal desafio da sustentabilidade: o de conciliar o aumento da geração de renda de modo ambientalmente correto e sua distribuição justa (CRUZ e FERRER, 2015).

- iii) Social/Cultural: Trata-se de uma dimensão acerca de uma sociedade harmônica e integrada, abrange a proteção da diversidade cultural e a garantia total dos direitos humanos, além do acesso universal aos serviços de saneamento (CRUZ e FERRER, 2015) sendo este um princípio fundamental da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2007).
- iv) Tecnológica: Esta dimensão justifica-se porque as inovações tecnológicas têm sido fortemente recomendadas como forma de resolução para os problemas ambientais apresentados no contexto de desafios da sustentabilidade (RANTALA et al., 2018).
- v) Ética: Esta dimensão baseia-se no fundamento ético do desenvolvimento sustentável: justiça intra e intergeracional (HAKE et al., 2016).
- vi) Política/Institucional: Esta dimensão está relacionada com a competência e o empenho investidos pelo governo e pela sociedade a fim de buscar mudanças em busca de um desenvolvimento sustentável efetivo (IBGE, 2015).

3.1.2 Indicadores de Sustentabilidade

A CNUMAD (1995) na Agenda 21 critica os indicadores convencionais tais como o Produto Interno Bruto (PIB) sob o argumento de que não são suficientes para retratar a sustentabilidade e destaca a importância da criação de novos conceitos que possam mensurar melhor a qualidade de vida e que sejam retratados em novos indicadores de desenvolvimento sustentável.

Os países devem desenvolver sistemas de monitoramento e avaliação do avanço para o desenvolvimento sustentável adotando instrumentos que meçam as mudanças nas dimensões econômica, social e ambiental (CNUMAD, 1995).

A forma como os indicadores de sustentabilidade podem funcionar como ferramentas de auxílio e apoio à administração pública foi abordada por Pupphachai e Zuidema (2017), os autores apontam para a necessidade destas ferramentas formularem processos de aprendizagem, estabelecendo condições básicas como a acessibilidade, já que devem ser compreensíveis, tanto para a política quanto para os atores sociais envolvidos no processo, os indicadores devem ser ferramentas de suporte para adaptação de políticas .

Tais indicadores suprem a necessidade de uma avaliação da sustentabilidade a fim de organizar todos os aspectos e características que se relacionam em um município. Desta forma

é possível identificar quais os tópicos principais que devem ser considerados na gestão urbana (BRAULIO-GONZALO, BOVEA e RUÁ, 2015). São instrumentos que auxiliam no acompanhamento do progresso rumo ao desenvolvimento sustentável, destaca-se que devem ser analisados em um conjunto e não individualmente (IBGE, 2015).

3.1.2.1 Indicadores de Sustentabilidade de Águas Interiores

O Conselho de Ambiente e Conservação da Austrália e Nova Zelândia (ANZECC- acrônimo de *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*, 2000) elaborou um relatório identificando um conjunto de indicadores principais, cientificamente válidos e disponíveis para aplicação em todas as jurisdições que escolher adotá-lo. O Conselho reconhece que este conjunto pode evoluir, adicionando-se mais indicadores, transformando as metodologias para coleta e análise de dados de forma a melhorar continuamente.

Esses indicadores centrais ajudam a construir uma imagem verdadeiramente nacional das tendências no ambiente australiano (ANZECC, 2000). Os indicadores elaborados pelo ANZECC foram divididos em diversas categorias. Para este trabalho e em vista do seu objetivo, apresentam-se apenas os referentes às águas interiores (Quadro 1).

Quadro 1 - Indicadores de sustentabilidade de águas interiores para a aplicação na Austrália e Nova Zelândia, de acordo com as sub-áreas: Águas subterrâneas, águas superficiais e habitats aquáticos.

Categoria	Indicador
Águas subterrâneas	Extração de águas subterrâneas <i>versus</i> Disponibilidade Desconformidades na qualidade hídrica subterrânea de acordo com as normas
	Extensão de cobertura vegetal sobre os reservatórios
Águas superficiais	Extração de águas superficiais <i>versus</i> Disponibilidade
	Fluxos ambientais objetivos
	Saídas de fontes pontuais
	Salinidade das águas superficiais
	Desconformidades na qualidade das águas superficiais de acordo com as normas
Habitats aquáticos	Algas de água doce
	Tratamento de águas residuais
	Reutilização de águas residuais
	Extensão de cobertura vegetal
	Saúde do rio (AUSRIVAS)
	Extensão e condição das zonas úmidas
	Estimativa de estoques de peixes

Fonte: ANZECC, 2000.

É importante ressaltar que estes indicadores foram propostos para a realidade da Austrália e da Nova Zelândia que possuem características físicas, climáticas, químicas e biológicas diferentes do Brasil, entretanto, podem ser aplicados à realidade brasileira com algumas adaptações.

3.1.2.2 Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação dos Sistemas De Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

O trabalho de Miranda e Teixeira (2004) utilizou dois métodos para a escolha de indicadores, os primeiros foram selecionados por escolha restrita, por um grupo pequeno de especialistas. O outro método denominado de escolha ampliada foi realizado a partir de um grupo de ação de representantes de instituições da sociedade do município de Jaboticabal- SP, este método é o de escolha ampliada.

No método de escolha restrita, os indicadores foram selecionados de acordo com os princípios específicos, o que não ocorreu na escolha ampliada (Quadro 2).

Quadro 2 - Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Método	Princípio	Indicador Técnico
Escolha Restrita	Equidade	% da população atendida por serviços de abastecimento de água e esgoto
		Número de interrupções no sistema urbano de água e esgoto
		Índice geral de qualidade de água
	Respeito às condições locais	Não foi encontrado nenhum indicador apropriado
	Desempenho econômico	Volume de água produzida por unidade monetária
	Geração de trabalho e renda	Prioridade de investimentos em atividades de melhoria, gerando postos de trabalho
	Gestão solidária e participativa	Existência de canais de participação
	Informação e sensibilização	Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas à população Existência de formas de avaliação dos sistemas urbanos de água e esgoto pela população
	Uso responsável dos recursos naturais	Consumo de água <i>per capita</i>
		Índice de perdas no sistema
Existência de reuso e reaproveitamento de água pelos usuários		
Prevenção e compensação de impactos	Consumo de energia elétrica, por m ³ de água produzida	
	IQA- Índice de qualidade da água, medido a montante e a jusante do município	
Escolha Ampliada		Número de vazamentos de esgoto
		Número de casos de doenças de veiculação hídrica
		Existência do conselho de gestão dos recursos hídricos
		Desconformidades da água segundo os padrões de potabilidade
		Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos
		Quantidade de produto químico utilizado no tratamento/1000 m ³ de água tratada
		Abordagem do tema água no ensino de forma ampla
		Número de reclamações de falta d'água nas residências
		Vazão dos rios para captação
		Número de pontos de lançamento de esgoto "in natura" nos corpos d'água
Frequência de limpeza de caixas d'água residenciais		

Fonte: Adaptado de MIRANDA E TEIXEIRA, 2004.

A partir destes resultados, Miranda e Teixeira (2004) concluíram que, apesar dos métodos diferentes, alguns indicadores coincidiram ou mediram a mesma variável mostrando uma tendência comum na avaliação dos sistemas de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário. Além disso, destacam que o estabelecimento destes instrumentos pode auxiliar na elaboração de políticas públicas além do monitoramento das ações já realizadas.

3.1.2.3 Indicadores de Sustentabilidade para Água Doce

Em 2007, a ONU elaborou uma nova edição revisada dos primeiros conjuntos de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável da Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2007).

Destaca-se que, desde do primeiro conjunto de indicadores, a experiência e o conhecimento dos países aumentaram significativamente. A revisão apoia os esforços dos países em desenvolver e implementar indicadores nacionais de Desenvolvimento Sustentável. Em virtude dos objetivos deste trabalho, apresentam-se apenas aqueles relacionados à água doce (Quadro 3).

Quadro 3 - Indicadores principais e secundários de acordo com os temas água doce.

Tema	Sub-tema	Principais Indicadores	Outros Indicadores
Água doce	Quantidade de água	Proporção total de água utilizada Intensidade do uso hídrico por atividade econômica	
	Qualidade da água	Presença de coliformes fecais em água doce	Demanda bioquímica de oxigênio nos corpos hídricos Tratamento de águas residuais

Fonte: Adaptado de ONU, 2007.

É importante que os indicadores sejam abrangentes a fim de capturar a multidimensionalidade do Desenvolvimento Sustentável. Também devem ser limitados tendo em vista a dificuldade de interpretar os resultados obtidos através de muitos indicadores (ONU, 2007).

3.1.2.4 Índice Hidroambiental

A proposta metodológica de Vieira e Studart (2009) possui o objetivo de desenvolver um índice hidroambiental aplicado às áreas serranas no semiárido brasileiro. A área representativa para o estudo de caso é a Área de Proteção Ambiental (APA) Maciço do Baturité, norte do estado do Ceará.

Os autores estabeleceram indicadores para os seguintes meios: i) recursos hídricos; ii) físico; iii) biótico; iv) antrópico, entretanto, para este trabalho, em virtude de seus objetivos, somente os referentes aos recursos hídricos foram considerados.

Os indicadores são utilizados para calcular o Índice hídrico, que trata da disponibilidade e demandas das águas superficiais e subterrâneas oferecendo ainda dados relacionados aos níveis de escoamento, merecem destaque:

- i) Índice de aridez;
- ii) Déficit de evapotranspiração potencial relativo;
- iii) Disponibilidade de água per capita;
- iv) Coeficiente de escoamento superficial;
- v) Vazão específica;
- vi) Déficit hídrico;
- vii) Índice de utilização da disponibilidade;
- viii) Demanda hídrica.

O Índice de Sustentabilidade Hidroambiental foi elaborado a partir dos índices hídrico, físico, biótico e antrópico, e estes, por sua vez, serão resultado de um conjunto de indicadores divididos em pressão, estado e resposta, os autores ainda concluíram que a proposta do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental é viável.

3.1.2.5 Indicadores de Sustentabilidade Hídricos

Uma lista de 24 indicadores foi elaborada por Leeuwen et al. (2012) para ser aplicada em cidades-modelo, as cidades estudadas foram Rotterdam, Maastricht e Venlo nos Países Baixos. Tendo em vista os objetivos dessa pesquisa, estão representados no Quadro 4 os indicadores das categorias de Segurança hídrica, Qualidade da água, Água para consumo, Saneamento, Infraestrutura e Governança.

Quadro 4 - Indicadores de sustentabilidade hídricos utilizados para cálculo do Índice de Sustentabilidade Hidro ambiental.

Categoria	Indicador
Segurança Hídrica	Pegada hídrica total
	Escassez hídrica
	Autossuficiência hídrica
Qualidade da água	Qualidade das águas superficiais
	Qualidade das águas subterrâneas
	Quantidade suficiente de água para beber Vazamentos no sistema de abastecimento
Água para consumo	Eficiência hídrica
	Consumo
	Qualidade
Saneamento	Segurança sanitária
	Qualidade do lodo de esgoto
Infraestrutura	Separação de águas pluviais e águas residuais
	Participação pública
Governança	

Fonte: Adaptado de LEEUWEN et al., 2012.

Os autores propõem uma abordagem que visa desenvolver um método prático e rápido, obtendo resultados acerca da sustentabilidade da cidade em uma semana. Destacam ainda a importância dos indicadores não serem muito genéricos. O estudo é focado na gestão de águas urbanas.

A pesquisa de Leeuwen et al. (2012) salienta a subjetividade da seleção destas ferramentas de avaliação pois dependem das características do município, nunca haverá um conjunto perfeito de indicadores, ainda apontam a necessidade de uma discussão exaustiva acerca da listagem para aprimorar o conjunto.

3.1.2.6 Indicadores-chave para Recursos Hídricos

Um total de 108 indicadores foi filtrado de acordo com as dimensões da sustentabilidade, destes, 15 foram selecionados e denominados como indicadores chave a serem aplicados na cidade de Valmiera na Letônia. A seleção foi baseada naqueles que seriam melhor quantificáveis e espacialmente específicos. (VISVALDIS, AINHOA e RALFS, 2013). As seguintes questões foram consideradas na seleção:

- i) O indicador atende os objetivos da política e as prioridades de desenvolvimento do estudo de caso?
- ii) É possível, através do indicador, avaliar o desempenho e dinâmica do desenvolvimento territorial equilibrado?
- iii) O indicador é mensurado regularmente, ou seja, os dados referentes ao indicador são disponibilizados regularmente?
- iv) O indicador fornece informações sensíveis à mudança para processos de tomada de decisão em tempo adequado?
- v) O indicador é compreensível aos gestores?

A seleção funcionou da seguinte forma: o indicador só seria selecionado se cumprisse a maior parte dos critérios. Participaram do processo de seleção funcionários municipais que trabalham com estes instrumentos, organizações não governamentais e a sociedade civil. Os indicadores ambientais referentes aos recursos hídricos, extraídos do conjunto são:

- i) Qualidade da água para consumo;
- ii) Acessibilidade à água para consumo;
- iii) Qualidade das águas residuais;
- iv) Porcentagem de população com acesso à água e infraestrutura de esgoto;
- v) Qualidade da água do corpo hídrico;
- vi) Número de seminários e treinamentos sobre meio ambiente;
- vii) Número de iniciativas de proteção ambiental;
- viii) Número de escolas com práticas em educação ambiental.

A seleção de indicadores não foi simples pois poucos conseguem retratar processos complexos de forma compreensível a fim de facilitar o entendimento dos gestores. Devem estar combinados com as políticas públicas municipais e considerar cenários futuros. Os autores ainda ressaltam a necessidade de novos indicadores que busquem atender à todas as dimensões da sustentabilidade.

3.1.2.7 Indicadores Hidroambientais para Bacias Hidrográficas

Inicialmente Carvalho, Curi e Lira (2013) identificaram indicadores e os dividiram em grandes categorias, o objetivo era de que, posteriormente, a lista proposta pudesse ser aplicada em um estudo de caso para avaliar, na prática, a aplicabilidade destas ferramentas no fornecimento de informações compactas e objetivas do sistema de gestão dos recursos hídricos.

Através de levantamento bibliográfico, os autores dividiram os indicadores propostos em grandes áreas, ambos estão identificados no Quadro 5.

Quadro 5 - Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos divididos em categorias.

Categoria	Indicador
Perda de cobertura vegetal	Índice de perda de cobertura vegetal por bioma
Extinção de vegetais	Índice de substituição de cobertura vegetal natural por cobertura plantada
Extensão dos rios	Índice de riscos de extinção de vegetais superiores Extensão dos rios com matas ciliares em conformidade legal
Erosão acelerada	Índice de suscetibilidade do solo à erosão acelerada Densidade dos focos de erosão acelerada (voçorocas)
Ocorrência de eventos críticos	Probabilidade de ocorrência de secas, estiagens e inundações
Precipitação	Precipitação média anual
Armazenamento	Índice de armazenamento de água
Demandas hídricas	Índice de Confiabilidade Hídrica (Índice de Hashimoto) Índice de Resiliência (Índice de Hashimoto) Índice de Vulnerabilidade (Índice de Hashimoto) Critério da sustentabilidade hídrica (Índice de Hashimoto) Vazões médias anuais Vazões mínimas com dada duração e dado período de recorrência Coeficiente de superávit hídrico total Quantidade de poços d'água subterrâneos Vazões médias de bombeamento de águas subterrâneas
Conformidade Legal da Água	Taxa de conformidade em relação à Turbidez Taxa de conformidade em relação aos Sólidos Totais Dissolvidos (SDT) Taxa de conformidade em relação à DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio Taxa de conformidade em relação ao Oxigênio Dissolvido (OD) Taxa de conformidade em relação aos metais pesados Taxa de conformidade em relação à taxa de carbono orgânico Taxa de conformidade em relação aos nitratos Destaque para a superpopulação de macrófitas aquáticas (eutrofização)
	IQA- Índice de qualidade da água

Pressões sobre os estoques hídricos	Índice de urbanização
	Índice de urbanização por tipo de domínio hidrológico
	Índice de impermeabilidade do solo
	Coefficiente de escoamento superficial
	Densidade populacional total, urbana, rural
	Índice de pressão turística
	Índice de áreas agrícolas
	Índice de pressão da pecuária
	Índice de ocupação agrícola por tipo de cultivo
	Índice de produção agrícola
	Índice de captação de água por setor usuário
	Índice de consumo médio por água fornecida via rede geral
	Índice de consumo dos estoques hídricos
	Índice de captação de água para abastecimento público urbano e rural
Demandas agrícolas	Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas
	Índice de captação de água para irrigação
	Índice de área irrigada
Demandas industriais	Índice de perdas de água na irrigação
	Índice de rebanhos por tipo de criações
Dependência Hídrica Externa	Índice de captação de água para uso industrial
Pressões Agrícolas	Índice de derivação de águas entre bacias hidrográficas
Pressões Industriais	Índice de vendas ou de consumo de agrotóxicos e fertilizantes
Desempenho do sistema de gestão no setor de saneamento básico	Índice de indústrias com potencial poluidor
Satisfação social	Índice de satisfação social em relação ao serviço
Ética financeira	Tarifa média praticada por m ³ de esgoto coletado ou tratado
Abastecimento público de água	Tarifa média praticada por m ³ de água distribuído
	Índice de atendimento urbano de água via rede geral
Coleta de esgoto	Índice de atendimento de água por rede geral, poços ou nascentes na propriedade
	Índice de perdas de água na rede geral
	Índice de coleta de esgotos
Tratamento de esgotos e efluentes	Índice de tratamento de esgotos coletados
	Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido
	Índice de remoção de coliformes fecais nas estações de tratamento de esgotos (ETEs)

Desenvolvimento Humano	IDH (Índice de Desenvolvimento Humano)
	ICV (Índice de Condições de Vida)
	Expectativa de Vida ao Nascer
	Taxa de crescimento
	Índice de Mortalidade Infantil
	Número de instituições com projetos de educação ambiental
	Taxa de redução do Índice de Mortalidade Infantil
	Índice de Analfabetismo
	Taxa de redução do Analfabetismo
	Índice de Pobreza
	Taxa de crescimento do Índice de Pobreza
	Índice de ocorrência de doenças por transmissão hídrica
	Óbitos por doenças de transmissão hídrica
	Nº de médicos por 1.000 habitantes
Acesso à saúde	
Indicadores Institucionais	A bacia tem comitê de bacia?
	A bacia hidrográfica tem órgão gestor?
	Município participa do comitê de bacia?
	A bacia tem plano de bacia?
	A bacia tem sistema de outorga?
	A bacia tem sistema de cobrança?
Coleta seletiva de lixo	

Fonte: CARVALHO, CURI e LIRA, 2013.

Ainda não há um consenso sobre o modelo ideal de indicadores. É importante que a construção seja participativa para contribuir na busca deste modelo ideal diminuindo as divergências daqueles que são selecionados sem a consulta de todos os atores envolvidos. Entretanto, considera-se que qualquer tentativa de mensurar a sustentabilidade terá sempre algumas limitações e, por isso, haverá resultados discutíveis e questionáveis (CARVALHO, CURI e LIRA, 2013).

3.1.2.8 Análise Multicritério através de Indicadores Hidroambientais

A análise multicritério é capaz de identificar a situação hidroambiental de municípios paraibanos e foi utilizada por Carvalho e Curi (2013). O método escolhido pelos autores foi a análise multicritério que auxilia na avaliação dos problemas na perspectiva da sustentabilidade hidroambiental além de favorecer alternativas equilibradas.

Foram escolhidos 51 indicadores hidroambientais a fim de possibilitar a identificação das características sustentabilidade de 15 municípios do estado da Paraíba. Como o foco deste trabalho são os recursos hídricos, apresentam-se os indicadores relacionados ao abastecimento humano, às pressões da irrigação, pecuária, abastecimento rural, aquicultura e lazer, à coleta de esgoto e ao estado qualitativo da água (Quadro 6).

Quadro 6 - Indicadores utilizados para o cálculo do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental de acordo com as categorias.

Categoria	Indicador
Desempenho do sistema quanto ao abastecimento humano	População total
	Densidade demográfica
	Precipitação média anual
	Índice de consumo de água (%)
	Índice de atendimento urbano da água (%)
	Índice de perdas na distribuição (%)
	% abastecimento por rede geral
	% de abastecimento por poço nascente
	% Outra forma de abastecimento de água
Desempenho do sistema quanto às pressões da irrigação, pecuária, abastecimento rural, aquicultura e lazer	Outorga p/irrigação (m ³ /h)
	Outorga p/abast.rural (m ³ /h)
	Outorga p/abast. urbano (m ³ /h)
	Outro tipo de outorga (m ³ /h)
	Número de bovinos
	Número de equinos
	Número de assininos
	Números de muares
	Número de suínos
	Número de caprinos
Desempenho do sistema quanto à coleta de esgoto	Número de ovinos
	% rede sanitária via esgoto
	% rede sanitária via fossa séptica
	% rede sanitária via fossa rudimentar
	% rede sanitária via vala
	% rede sanitária via rio ou lago
Desempenho do sistema quanto ao estado qualitativo da água	% que não dispõe de instalação sanitária
	Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual %
	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão
	Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez %
	Incidência das análises de turbidez fora do padrão
	Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais %
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão%

Fonte: Adaptado de CARVALHO e CURI, 2013.

3.1.2.9 Indicadores de Desenvolvimento Sustentável

Os indicadores elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) são baseados nas sugestões da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU de 2007. O conjunto selecionado representa uma mostra de informações disponibilizadas pelo IBGE e por diversas outras instituições, o objetivo é oferecer subsídios à discussão sobre Desenvolvimento Sustentável no Brasil.

Os indicadores foram divididos de acordo com as quatro dimensões da Sustentabilidade (Ambiental, Econômica, Social e Institucional), de acordo com o foco desta pesquisa em recursos hídricos, apresentam-se no Quadro 7 os indicadores relacionados à este tema.

Quadro 7 - Indicadores de Desenvolvimento Sustentável referentes aos recursos hídricos e os dados utilizados para obtenção destes indicadores.

Dimensão	Tema	Indicador
Ambiental	Água doce	Qualidade das águas anteriores Acesso ao sistema de abastecimento de água Acesso ao esgotamento sanitário Tratamento de esgoto
	Quadro institucional	Legislação ambiental Conselhos municipais de meio ambiente Comitês de bacias hidrográficas
Institucional		

Fonte: Adaptado de IBGE, 2017.

De acordo com o IBGE (2017), é importante que os indicadores sejam divulgados pois possibilita uma maior facilidade para os usuários e permite uma atualização mais frequente fornecendo aos pesquisadores brasileiros e aos administradores públicos, uma base de dados acessível e atualizada.

3.1.2.10 Indicadores de Sustentabilidade para Elaboração de Rótulos de Sustentabilidade

O trabalho de Domingues et al. (2015) constituiu-se em uma proposta para um rótulo de sustentabilidade, baseado nos critérios de alguns rótulos ecológicos e outros documentos, com uma abordagem integrada dos componentes da sustentabilidade. Os autores adaptaram 36 critérios e utilizaram um serviço público português local, no município de Oeiras, como estudo de caso para testar o modelo proposto. Em relação à água e efluentes, Domingues et al. (2015) propuseram os indicadores apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade relacionados à gestão de recursos hídricos propostos de acordo com os critérios a serem respeitados.

Indicador (Unidade de Medida)	Crítérios e Práticas de Sustentabilidade
Débito de fluxo hídrico (l/min)	O fluxo médio de água das torneiras não deve exceder 9 l / min.
Fontes de água e ecossistemas / habitats significativos que são afetados pela coleta, descargas e escoamento hídricos	Não deve haver relação entre a água utilizada pelo sistema e a degradação do ecossistema cujo o qual a água é coletada.
Uso total hídrico (l/ano)	O consumo de água para o serviço é menor ou igual ao consumo médio na região onde o serviço está inserido.
Sistemas de descarga de sanitários (%)	Todos os sanitários devem ser equipados com um sistema automático (cronometrado) ou de descarga manual para que não haja fluxo contínua.
Reciclagem e reutilização de água (%)	O edifício onde o serviço está disponível deve ter medidas de reutilização de água, incluindo o uso de águas pluviais para o banheiro, lavagem e irrigação de áreas externas, se houver.
Detergentes e desinfetantes com certificação ambiental (%)	Os desinfetantes devem ser utilizados apenas quando forem necessários em para cumprir os requisitos legais de higiene e deve ter certificações ambientais.

Fonte: Adaptado de DOMINGUES et al., 2015.

Em relação aos resultados do trabalho, os autores encontraram apenas um dos indicadores apresentados em conformidade, sendo o restante não identificados por falta de dados.

3.1.2.11 Indicadores de Sustentabilidade para Recursos Hídricos

Uma estrutura de indicadores baseada em um esquema de dois níveis com 14 categorias e 63 subcategorias foi proposta por Braulio-Gonzalo, Bovea e Ruá (2015). O conjunto apresentado é compreensível e facilmente aplicável.

Essa estrutura foi proposta de acordo com as características de países mediterrâneos sendo possível aplica-la em países com características similares.

Os indicadores foram divididos em 14 categorias, contudo, para a finalidade deste trabalho, estão representados no Quadro 9, aqueles referentes à gestão dos recursos hídricos. É importante salientar que, para cada indicador, foi estabelecido um método de mensuração, com fórmulas matemáticas específicas para os quantitativos.

Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade sobre recursos hídricos.

Categoria	Subcategoria	Indicador
Água	Consumo de água	Proporção de edifícios públicos com tecnologias de economia de água.
	Gestão de água pluviais e residuais	Proporção de águas pluviais reutilizadas
	Qualidade da água	Uso de sistema de tratamento de água com emprego de purificação natural
Aspecto social	Participação do cidadão	Proporção de consultas públicas
Gestão e instituição	Educação ambiental	Desenvolvimento de material de informação sobre o meio ambiente

Fonte: Adaptado de BRAULIO-GONZALO, BOVEA e RUÁ, 2015.

Contudo, todos os indicadores se concentraram mais nos aspectos físicos e ambientais negligenciando os aspectos sociais, econômicos e institucionais. Assim como outros autores, Braulio-Gonzalo, Bovea e Ruá (2015) destacam as particularidades dos indicadores a serem selecionados de acordo com as características de cada região, não havendo, portanto, um modelo ideal aplicável a todas as cidades do mundo.

3.1.2.12 Indicadores Urbanos da Malásia para Recursos Hídricos

Ibrahim, Omar e Mohamad (2015) realizaram uma revisão teórica dos indicadores de sustentabilidade implementados na Malásia pelas autoridades e organizações locais. A Rede de Indicadores Urbanos da Malásia (MURNInet- acrônimo de *Malaysian Urban Indicators Network*) é uma abordagem utilizada por todos os gestores públicos locais na Malásia a fim de mensurar a sustentabilidade municipal.

Os indicadores da rede são separados em 11 setores. De acordo com os objetivos deste trabalho, são apresentados os indicadores do setor ambiental referentes aos recursos hídricos:

- i) Índice de qualidade da água do corpo hídrico;
- ii) Percentual da área que é atendida por serviços de eliminação de resíduos;
- iii) Percentual de resíduos sólidos que são reciclados;
- iv) Número de doenças transmitidas pela água e alimentos por 1000 habitantes.

Os autores salientam a importância de os gestores locais observarem além dos dados coletados obtendo uma visão crítica acerca da questão ambiental, além disto, afirmam a necessidade de melhorias constantes a fim de otimizar a eficiência funcional da rede.

3.1.2.13 Pegada hídrica

A pegada hídrica também pode funcionar como um indicador de sustentabilidade à nível de bacia hidrográfica. É um indicador novo que apresenta a medição do volume total de água doce utilizado enquanto fator de produção. Para calcular a pegada hídrica, considera-se os recursos hídricos, a precipitação armazenada no solo e a poluição (PELLICER-MARTÍNEZ e MARTÍNEZ-PAZ, 2016).

De acordo com os autores, a pegada hídrica fornece uma avaliação abrangente da sustentabilidade ambiental do uso da água em uma bacia hidrográfica. Os autores realizaram um estudo aplicando este indicador à bacia do rio Segura na Espanha, onde o uso da bacia foi definido como não sustentável tendo em vista a exploração intensa dos aquíferos e as altas concentrações de fosfato nas águas superficiais.

3.1.2.14 Indicadores de Sustentabilidade para Saneamento Básico

Um estudo com o objetivo de avaliação de desempenho na megacidade de Teerão, no Irã foi realizado por Mapar et al. (2017) utilizando os indicadores de sustentabilidade como ferramentas e o método Delphi para seleção dos mesmos. Para o desenvolvimento desta pesquisa apresentam-se os indicadores relacionados aos recursos hídricos (Quadro 10).

Quadro 10 - Indicadores de sustentabilidade para saneamento básico, selecionados através do método Delphi, de acordo com suas categorias e subcategorias.

Categoria	Subcategoria	Indicador
Água	Quantidade e qualidade da água	Consumo de água para irrigação verde Perda hídrica Água potável em locais públicos
	Águas residuais	Reutilização de água Coleta de águas residuais Acesso público à rede de esgoto Tratamento de águas residuais

Fonte: Adaptado de MAPAR et al., 2017.

O estudo mostrou que os indicadores podem se interconectar perpassando por todas as dimensões da sustentabilidade. Recomenda-se que o conjunto principal de indicadores seja representado por uma pequena lista de indicadores a fim de avaliar o desempenho da sustentabilidade mais rapidamente, a curto prazo. Destaca-se também a importância de capacitar e conscientizar os gestores municipais tendo em vista que, enquanto autoridades locais, devem estabelecer estratégias para atingirem as três dimensões da sustentabilidade no desenvolvimento local (MAPAR et al., 2017).

3.1.2.15 Indicadores de Sustentabilidade baseado em Serviços Ecossistêmicos

Um sistema de 22 indicadores baseados nos tipos de serviços ecossistêmicos foi elaborado por Chen et al. (2017) que avaliaram a sustentabilidade na região do Lago Biwa, no Japão. A cada um dos serviços ecossistêmicos foram atribuídos dois tipos de indicadores, o

número um relaciona-se com a estrutura e função do serviço ecossistêmico a ele atribuído enquanto o número dois representa os benefícios e valor atribuídos ao serviço representado.

No Quadro 11 apresentam-se aqueles relacionados aos recursos hídricos, também os tipos de serviços ecossistêmicos a eles atribuídos e, entre parênteses, as dimensões da sustentabilidade contempladas.

Quadro 11 - Indicadores de sustentabilidade referentes aos recursos hídricos de acordo com os tipos de serviços ecossistêmicos e suas categorias.

Serviços Ecossistêmicos	Categoria	Indicador 1 (Estrutura e Função)	Indicador 2 (Benefício e Valor)
Fornecimento	Produtos aquáticos	Estoque de produtos aquáticos (ambiental)	Valor de saída para pesca (econômico)
	Água	Quantidade de água (ambiental)	Área de terras irrigadas (econômico) Número de pessoas que recebem água (social) Capacidade instalada das estações hidrelétricas (econômico) Valor de saída para indústrias (econômico)
Regulação	Qualidade da água	Taxa de cobertura populacional com tratamento de águas residuais domésticas (ambiental)	Qualidade da água (ambiental)
		Nível de gestão dos efluentes industriais e agrícolas (ambiental)	

Fonte: Adaptado de CHEN et al., 2017.

Os resultados demonstraram que a região vem evoluindo em sustentabilidade embora tenha, no passado, se desenvolvido economicamente às custas da degradação ambiental, inclusive, o grau de coordenação entre as três dimensões da sustentabilidade vem melhorando.

Recomenda-se o desenvolvimento regional baseado em um rejuvenescimento econômico, principalmente, da perspectiva da gestão dos recursos hídricos da região. Ações

como recuperação do estoque aquático, expansão de energia hidrelétrica e turismo, por exemplo, podem auxiliar na melhoria da gestão sustentável dos recursos (CHEN et al., 2017).

3.1.2.16 Indicadores de sustentabilidade para biocombustíveis à base de celulose

Nesta pesquisa, Dale et al. (2017) visaram identificar indicadores que fossem capazes de diagnosticar a sustentabilidade da cadeia produtiva dos biocombustíveis à base de celulose.

Através de uma revisão bibliográfica, os autores identificaram 11 categorias de indicadores relacionados às diferentes etapas da cadeia (produção, colheita, armazenamento e transporte), as categorias foram subdivididas de acordo com as dimensões da sustentabilidade, das 11 categorias 5 são referentes aos aspectos ambientais (DALE et al., 2017).

De acordo com o objetivo do presente trabalho, que é a gestão de recursos hídricos, apresentam-se os indicadores relacionados à qualidade e quantidade hídrica:

- i) Concentração de nitrato em córregos;
- ii) Total de fósforo em córregos;
- iii) Concentração de sólidos suspensos em córregos;
- iv) Concentração de herbicidas em córregos;
- v) Consumo de água.

Assim como outros autores, Dale et al (2017) enfatizam a importância de um conjunto bem definido e que facilite o entendimento da situação de forma eficiente e rápida além de ser facilmente mensurável, destacam também o quão fundamental é a participação das partes interessadas no processo de desenvolvimento dos indicadores.

Observa-se nesta seção que os indicadores de sustentabilidade são ferramentas amplamente estudadas e a maioria dos autores enfatiza a necessidade de indicadores de fácil entendimento e a importância de se estabelecer um conjunto específico a cada município e/ou realidade.

3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

Inicialmente, a Constituição Federal (CF, 1988) prevê em seu artigo 225 o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida.

Nesse sentido, a Constituição prevê que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitam os infratores a sanções civis, administrativas e penais, especificadas em legislação infraconstitucional (AITH e ROTHBARTH, 2015). Então, a fim de regulamentar este e outros artigos da CF, cria-se a Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997.

Além do artigo 225, destaca-se o inciso XX do artigo 21 que estabelece como competência da União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos. A fim de regulamentar este inciso da CF (1988), criou-se a Política Nacional de Saneamento Básico em 2007.

3.2.1 Política Nacional de Recursos Hídricos

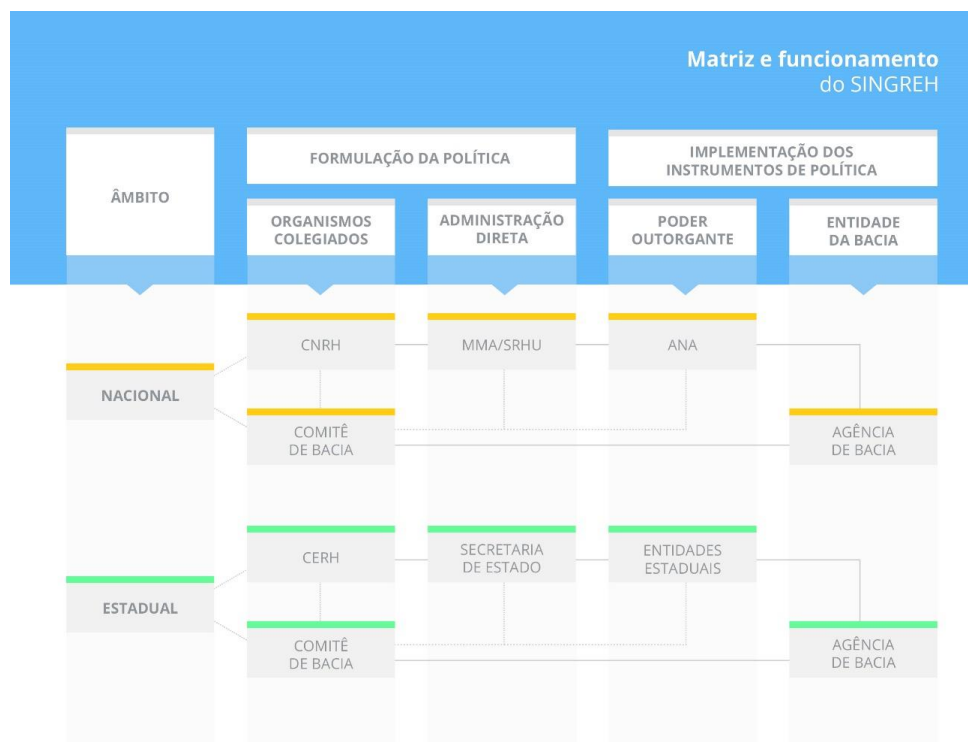
Desde a década de 1980, a descentralização se tornou palavra de ordem no cenário internacional de políticas públicas. A partir disso, as políticas públicas brasileiras também têm avançado, destacando-se os avanços na área de recursos hídricos. O país mudou de uma gestão institucionalmente fragmentada, para uma legislação integrada e descentralizada (MESQUITA, 2018; JACOBI, 2010).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) com inovações significativas tendo como alguns dos fundamentos a água como bem de domínio público e reconhecendo-a como limitada e dotada de valor econômico (GUIVANT e JACOBI, 2003).

O Estado brasileiro, para dar conta de seu dever de cuidar das águas no Brasil, criou e desenvolveu instituições jurídicas que necessitam de alto grau de articulação para atuar de forma eficaz (AITH e ROTHBARTH, 2015). Estas instituições compõem o Sistema Nacional

de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) que é o conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a PNRH (Figura 2) (ANA, 2018).

Figura 2 - Matriz esquemática do SINGREH.



Fonte: ANA, 2018.

No âmbito nacional, o Sistema é composto inicialmente pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pela Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA) e pela Agência Nacional de Águas. Já no âmbito estadual pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), pelos Órgãos gestores de Recursos Hídricos Estaduais (Entidades Estaduais), pelos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) e pelas Agências de Água (ANA, 2018).

De acordo com o Fundo Mundial para a Vida Selvagem e Natureza e a Fundação Getúlio Vargas (WWF- acrônimo de *World Wide Fund for Nature* e FGV, 2014), os Comitês são os principais canais de participação do SINGREH, já são quase 200 CBHs no Brasil, no entanto, existe um conflito em relação às outras formas de participação visto que as ferramentas de gestão existem mas, os CBHs não têm conseguido implementá-las em alguns casos.

Além disso, a PNRH (1997) também define a bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial para sua implementação, contempla os usos múltiplos da água e atenta para a necessidade de uma gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos.

No texto da Lei nº 9.433 (1997), a água deixa de ser reduzida a um recurso meramente técnico e distante da sociedade e a legislação passa a propor uma gestão participativa e um processo de tomada de decisão aberto a todos os interessados ao uso da água partindo de um contexto mais abrangente em relação às funções do poder público, dos usuários e da sociedade civil (GUIVANT e JACOBI, 2003).

Com esta mudança nas políticas públicas, a Cidadania torna-se um eixo estruturante da governança democrática, o que implica em conhecimento e espaços efetivos de participação (WOLKMER e PIMMEL, 2013).

Essa mudança nas políticas públicas acerca da água é resultante de uma tendência internacional motivada pelos diversos problemas relacionados à quantidade e à qualidade da água ocasionados pela forma de gestão hídrica no decorrer desse século. Essa inclusão da sociedade civil no processo decisório, foi inspirada no modelo descentralizado francês de gestão hídrica. Na Alemanha e na França a função exercida pela sociedade civil na gestão da água se destaca (GUIVANT e JACOBI, 2003).

Essa mudança institucional torna a gestão mais complexa tendo em vista que o processo decisório que era centralizado passa a ser dividido por diversas agências que, nem sempre, apresentam interesses comuns (MESQUITA, 2018).

Em relação aos objetivos da PNRH (1997), apresentam-se o objetivo de assegurar água de boa qualidade e disponibilidade à atual e futuras gerações, promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos além da prevenção de eventos hidrológicos críticos e promover medidas de preservação e aproveitamento de águas pluviais.

Os instrumentos da Política são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, a outorga dos direitos de uso da água, a cobrança pelo uso da água o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (PNRH, 1997).

Os planos de recursos hídricos, além de preverem recursos a serem investidos, apresentam ações e diretrizes que visam a melhoria da gestão hídrica a nível nacional, estadual ou de bacia hidrográfica (JACOBI, 2010).

O enquadramento dos corpos hídricos visa assegurar a qualidade hídrica da água de forma que esta seja compatível aos seus usos mais exigentes além de minimizar os gastos de combate à poluição da água (PNRH, 1997). A Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 é a

norma responsável por estabelecer as classificações dos corpos hídricos, entre outras atribuições.

A outorga de direitos de uso dos recursos hídricos visa assegurar o controle qualitativo da água além de manter o exercício do direito de acesso à água, é uma ferramenta através da qual o poder público concede ao usuário a autorização de utilizar os recursos hídricos para determinados fins, estabelecidos na Lei (PNRH, 1997; MESQUITA, 2018).

A ferramenta de cobrança pelo uso dos recursos hídricos possui o objetivo de incentivar o uso racional da água, dotá-la de valor econômico de forma prática e arrecadar recursos financeiros para atender aos projetos estabelecidos pelos Planos de Recursos Hídricos (PNRH, 1997). O sistema de informação sobre recursos hídricos é o instrumento responsável pela coleta, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos (MESQUITA, 2018).

Em 2014, a WWF e a FGV publicaram uma proposta de indicadores para acompanhar a implementação da governança brasileira de recursos hídricos. Dentre os demais resultados, um diagnóstico acerca do SINGREH onde concluiu-se que, a implementação dos instrumentos da PNRH ainda caminha lentamente com destaque para a cobrança e o enquadramento. Entre os pontos críticos do SINGREH, destacam-se o fato da PNRH não considerar a diversidade físico-territorial brasileira, além dos recursos arrecadados pela cobrança não serem suficientes para implementar todas as ações previstas nos Planos.

Então, embora a PNRH tenha trazido diversos avanços ela também prioriza o corpo técnico-científico limitando a participação da comunidade dentro das atividades do CBH (JACOBI, 2010).

Por isso, recomenda-se a capacitação da sociedade civil sobre a importância da sua participação, alguns desconhecem o SINGREH, tornando-se necessário informar melhor a população sobre o seu espaço no Sistema (WWF e FGV, 2014).

3.2.2 Política Nacional de Saneamento Básico

A Lei Federal nº 14.445 de 2007, institui a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2007) estabelecendo diretrizes nacionais sobre os serviços de saneamento básico constituídos por: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais. Enfatiza-se que, a PNSB é

recente e apresenta-se enquanto um complemento à gestão hídrica brasileira (AITH e ROTHBARTH, 2015; SOUZA, 2017).

Para Lahoz e Duarte (2015), a Constituição Federal (CF, 1988) é uma evidência da perda de importância do saneamento básico visto que o menciona apenas três vezes:

- i) quando determina a competência da União para estabelecer diretrizes para o saneamento básico (artigo 22, inciso XX);
- ii) para afirmar a competência comum de todos os entes federativos na promoção de programas de melhoria das condições de saneamento básico (artigo 23, inciso IX); e
- iii) ao estabelecer a participação do Sistema Único de Saúde na formulação da política e da execução de ações de saneamento básico (artigo 200, inciso IV).

A PNSB (2007) institui o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SNIS) que visa a coleta e disponibilização de informações acerca da prestação dos serviços de saneamento além de promover uma avaliação dos serviços. Este instrumento implementa o inciso XXXIII do artigo 5º da Constituição Federal (CF, 1988) onde se reconhece o direito de todos a receber dos órgãos públicos informações que sejam de interesse particular ou coletivo.

Ademais, a Lei nº 11.445/2007 é importante por definir a adoção de subsídios tarifários para usuários que não tenham capacidade de pagamento ou condições para cobrir o custo integral do serviço e a autonomia e independência das entidades reguladoras do setor (LAHOZ e DUARTE, 2015).

Destacam-se na Lei os seus princípios fundamentais tais como a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico, a realização dos serviços de forma adequada visando promover a qualidade da saúde pública e a proteção ambiental, controle social e também o combate às perdas hídricas e incentivo ao uso racional da água (PNSB, 2007).

É importante enfatizar que a universalização do acesso é o primeiro princípio fundamental da PNSB pois apresenta o direito de todo cidadão de acesso aos serviços de saneamento básico, sem exceção (MORANO, 2009).

No entanto, de acordo com SNIS (BRASIL, 2016b), o percentual de brasileiros abastecidos com água tratada é de 83,3%, isto é, mais de 35 milhões de brasileiros não são contemplados por este serviço básico. Já em relação à coleta de esgoto, o percentual diminuiu ainda mais passando para 51,92% da população, ou seja, mais de 100 milhões de brasileiros não têm seu esgoto coletado. Tais dados demonstram o quanto ainda deve ser feito a fim de contemplar tudo o que estabelece a lei.

Enfatiza-se que a ausência de saneamento básico resulta em impactos ambientais negativos em virtude da falta de tratamento de esgoto e a destinação inadequada dos resíduos sólidos além do manejo ineficiente de águas pluviais que, podem causar contaminação hídrica e do solo, além de inundações (LAHOZ e DUARTE, 2015)

Cabe destacar o controle social, representado pelo controle das ações estatais por segmentos atuantes na sociedade civil. O ponto crítico é que estes atores sociais disputam entre si a fim de alcançar a hegemonia e o controle das ações do Estado (MORANO, 2009).

Destacam-se problemas na participação social configurados pela desigualdade entre os diferentes atores envolvidos. Observa-se a exclusão participativa por parte das elites, a partir de mecanismos que geram obstáculos ao acesso à informação propiciando a seguridade de seus interesses em detrimento dos interesses coletivos, desvalorizando aqueles que detêm o saber popular (SOUZA, 2017).

Assim, embora o Brasil tenha apresentado grandes avanços na regulamentação do saneamento básico, os dados retratam o quanto ainda tem a ser feito nos setores de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário (AITH e ROTHBARTH, 2015). Para Borja (2014), a universalização do acesso ao saneamento básico é um desafio:

Como outros serviços públicos essenciais, os déficits denunciam o atraso do País na garantia de direitos básicos como acesso à água e ao destino seguro dos dejetos e resíduos sólidos. A exclusão e a desigualdade e a baixa qualidade dos serviços é o produto de um modelo de desenvolvimento vinculado ao modo de produção capitalista e, como tal, promotor de contradições, antagonismo e iniquidades.

3.3 ÉTICA E RECURSOS HÍDRICOS

Embora seja importante, uma ética da água é, por muitas vezes, desconsiderada como componente do processo de gestão porque, normalmente, a gestão de recursos hídricos se resume às questões estritamente técnicas envolvendo engenheiros e hidrólogos. porém, gradativamente, reconhece-se a necessidade de incluir outras áreas no processo tais como o direito, a economia e as ciências políticas e sociais (DOORN, 2013; LIU, ZHANG e ZHENG, 2010).

A Comissão Mundial sobre Ética do Conhecimento e Tecnologia Científica da UNESCO (COMEST, 2004) reconhece que a gestão dos recursos hídricos é um assunto de justiça social e ambiental baseada em equidade, justiça e o acesso entre e através das gerações, a fim de adaptar os princípios éticos universais à gestão dos recursos hídricos, Selborne (2001) conceituou os princípios éticos de diferentes formas:

o princípio da dignidade humana, pois não há vida sem água, e àqueles a quem se nega a água nega-se a vida;

o princípio da participação, pois todos os indivíduos, especialmente os pobres, precisam estar envolvidos no planejamento e na administração da água; e na promoção desse processo se reconhece o papel do gênero e da pobreza;

o princípio da solidariedade, pois a água confronta os seres humanos com a interdependência a montante e a jusante, e as propostas correntes de uma administração integrada dos recursos hidráulicos podem ser vistas como uma consequência direta dessa consciência;

o princípio da igualdade humana, entendido como a concessão a todas as pessoas do que lhes é devido, e que descreve perfeitamente os desafios atuais da administração das bacias fluviais;

o princípio do bem comum, pois, segundo a definição aceita por quase todos, a água é um bem comum, e se não for administrada adequadamente a dignidade e o potencial humanos ficam reduzidos para todos, e são negados a alguns;

o princípio da economia, que ensina o respeito pela criação e o uso prudente, e não uma reverência extremada pela natureza; com efeito, boa parte da administração hídrica diz respeito ao encontro de um equilíbrio ético entre o uso, a mudança e a preservação da nossa terra e dos recursos hidráulicos.

A ética atual prevalece sendo baseada na ideia de superioridade humana e valores antropocêntricos, enxergando a natureza como objeto passivo e dominado pela economia e pela ciência. Em virtude disso, surge a necessidade de uma nova ética, que seja capaz de transformar atitudes rotineiras que não são, muitas vezes, atingíveis apenas pelo ordenamento jurídico (AVZARADEL, 2014).

3.3.1 A Ética da Responsabilidade de Hans Jonas

O filósofo alemão Hans Jonas discute a existência humana relacionada à tecnociência e propõe uma ética que considera ser compatível com a sociedade técnico-científica, focando em uma abordagem que retira o sujeito como centralidade. As éticas tradicionais posicionaram o sujeito no centro da discussão e se reduziram à consideração do ato, da práxis e da proximidade, onde tudo era considerado em um contexto de curto prazo e, portanto, se tornaram incapazes de responder à questão atual acerca das novas tecnologias. A técnica moderna introduziu ações de uma ordem inédita de grandeza, com novos objetos e consequências que a moldura da ética antiga não consegue mais enquadrá-la. (CARRARA, 2014; NODARI e PACHECO, 2014; JONAS, 2006).

Assim como grande parte dos filósofos contemporâneos, Jonas identifica o centro do problema numa valorização excessiva e absoluta do sujeito autônomo que teve início com a filosofia moderna, sobretudo a kantiana (CARRARA, 2014).

Para entender a proposta ética do autor é necessário conhecer sua perspectiva do sobre a relação entre a técnica e o homem contemporâneo. A tecnologia assume um significado ético por conta do lugar central que ela agora ocupa em relação aos fins da vida humana. O alerta do filósofo aponta para o incessante crescimento técnico-científico impulsionado pela intensa atividade econômica, uma vez que este progresso movimenta forças desconhecidas que possuem efeitos destrutivos e cumulativos sobre a natureza. Assim, pela primeira vez na história, os efeitos das ações humanas parecem irreversíveis (JONAS, 2006; ALENCASTRO, 2009)

A técnica tornou-se um dos pontos centrais discutido pela ética da responsabilidade, de tal modo que o autor chama atenção para um dos problemas mais sérios da contemporaneidade: a ameaça da destruição da vida e do planeta por meio da técnica que, enquanto poder, foi transformada em ameaça e risco (MORETTO, 2015).

Com a evolução da técnica, emerge a vulnerabilidade da natureza que só foi percebida quando os danos já eram reais (JONAS, 2006). Daí surge uma nova discussão sobre a responsabilidade humana para com a natureza já que os danos tornam-se cumulativos, como afirma o autor:

(...) seus efeitos vão se somando, de modo que a situação para um agir e um existir posteriores não será mais a mesma da situação vivida pelo primeiro ator, mas sim crescentemente distinta e cada vez mais um resultado daquilo que já foi feito. Toda ética tradicional contava somente com um comportamento não cumulativo.

Assim, devido ao risco potencial de destruição trazido por essa evolução tecnológica, surge a demanda de uma nova ética que imponha limites e direcione a evolução da técnica. Ao discutir este cenário, Hans Jonas mostrou-se consciente do risco de um colapso gradativo ocasionado pelo incessante progresso tecnológico e pela má utilização da técnica e de seus benefícios (ALENCASTRO, 2009).

Devido à incerteza dos riscos tecnológicos e seus danos desconhecidos, o autor propõe a chamada heurística do temor, baseada no princípio da precaução, partindo do pressuposto de que é necessário dar mais ouvidos à profecia da desgraça do que à profecia da salvação, isto é, a heurística do temor jonasiana configura-se como uma forma de privilegiar as consequências negativas a fim de incentivar uma mudança de comportamento nos atores envolvidos, de modo a não ignorar os possíveis riscos das inovações tecnocientíficas (JONAS, 2006).

A partir disso, a heurística alerta para os cuidados que devem ser tomados diante da incerteza sobre os resultados a longo prazo das conquistas técnicas (JONAS, 2006; SGANZERLA, 2015). Ao tratar sobre a heurística do temor, o autor destaca que o conhecimento do possível é heurísticamente suficiente para a doutrina dos princípios e ainda afirma:

Isso não impede a projeção de efeitos finais prováveis ou apenas possíveis. E o mero saber sobre possibilidade, certamente insuficiente para previsões, é suficiente para os fins da casuística heurística posta a serviço da doutrina ética dos princípios. Os seus recursos são experimentos de pensamento não somente hipotéticos na aceitação das premissas (“se tal coisa é feita, então tal coisa sucede”), mas também conjecturais na dedução de um se para um então (“então tal coisa pode suceder”).

Um exemplo da incapacidade da ciência de prever as consequências futuras de suas descobertas é o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), um pesticida criado durante a Segunda Guerra Mundial. Em 1962, Rachel Carson lançou o livro, *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), onde demonstrou os impactos ambientais do DDT, comprovando que o pesticida penetrava nas cadeias alimentares e se acumulava nos tecidos adiposos dos animais, incluindo o homem, gerando riscos potenciais de câncer e danos genéticos (ALENCASTRO, 2009).

A ambivalência é uma das principais características da técnica e é baseada na impossibilidade de se conhecer previamente todas as suas consequências, pois, dada sua tamanha grandeza e abrangência, seus impactos acabam por fugir ao controle do homem, de tal forma que se torna impossível medir, de forma satisfatória, o bem e o mal das ações no que tange às suas consequências (NODARI e PACHECO, 2014).

Independente da complexidade das consequências causadas pela técnica, a sociedade é afetada como um todo. Alguns resultados apresentam efeitos passíveis de serem considerados moralmente aceitáveis ou moralmente inaceitáveis, podendo ainda comportar os dois efeitos simultaneamente. Vê-se aí a ambivalência da técnica em suas consequências refletidas na sociedade. Do ponto de vista ético, Jonas explica que os efeitos da técnica, mesmo quando empregados para fins legítimos, possuem, a longo prazo, um lado ameaçador e, por isso, são ambivalentes (JONAS, 2006; MORETTO, 2015).

Assim, Jonas sugere que o escopo da ética deve se alargar e incluir em suas preocupações as relações entre os seres humanos e o mundo não humano, envolvendo os animais, a natureza e, até mesmo – aqui talvez uma nova instância –, os artefatos tecnológicos (ALENCASTRO, 2009).

A nova ética deve considerar o efeito cumulativo dos danos causados pela técnica já que estes danos refletirão na existência das futuras gerações. Daí a dimensão filosófica da equidade intergeracional; na teoria jonasiana (BERTOLDI e DAMASCENO, 2017), em que o autor, ao tratar nosso dever para com o futuro, destaca:

Mas a ética almejada lida exatamente com o que ainda não existe, e o seu princípio da responsabilidade tem de ser independente tanto da ideia de um direito quanto da ideia de uma reciprocidade- de tal modo que não caiba fazer-se a pergunta brincalhona, inventada em virtude daquela ética : O que o futuro já fez por mim? Será que ele respeita os meus direitos? (...) Portanto, para nós, contemporâneos, em decorrência do direito daqueles que virão e cuja existência podemos desde já antecipar, existe um dever como agentes causais, graças ao qual nós assumimos para com eles a responsabilidade por nossos atos cujas dimensões impliquem repercussões de longo prazo.

A proposta de Jonas é a de uma ética de responsabilidade comum, ou seja, uma ética solidária que possa ajudar a enfrentar os desafios da crise ambiental de forma coletiva, considerando também as consequências para as gerações futuras tendo em vista que estas deverão sua existência às atitudes das gerações atuais (CARRARA, 2016). Acerca da responsabilidade da civilização atual para com as gerações futuras, Alencastro (2009) destaca:

Deve-se ter responsabilidade para com uma humanidade que ainda não existe; ser responsável por outras pessoas que ainda estão por nascer e que, por conta disso, não podem, ainda, reivindicar para si um ambiente saudável para viver. Não é uma relação de reciprocidade, tal como prescrito nas éticas tradicionais. O dever para com os descendentes é muito profundo e só pode ser entendido quando se compara com o que as éticas tradicionais sugerem, no caso dos deveres dos pais para com os filhos, um dever de total entrega e não reciprocidade para com o outro.

Em face das novas dimensões espaço-temporais do agir humano, partindo da constatação de que não é possível adaptar o imperativo kantiano (“Aja de modo que tu também possas querer que tua máxima se torne lei geral.”) à atual civilização tecnológica, Hans Jonas propõe um novo imperativo ético: “Aja de modo a que os efeitos da tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma autêntica vida humana sobre a Terra” (ALENCASTRO, 2009; JONAS, 2006).

Para Hans Jonas (2006), o imperativo ético pode ser substituído por outras máximas como: “ Inclua na tua escolha presente a futura integridade do homem como um dos objetos do teu querer”, o autor ainda afirma que este novo imperativo enfatiza que, prioritariamente, se deve proteger a humanidade até mesmo em detrimento de sua própria vida.

O imperativo ético formulado por Jonas pensa em como a sobrevivência humana está intrinsecamente ligada à sobrevivência dos demais seres vivos. Foi o fato de o homem ter se diferenciado e se distanciado do restante dos animais que fez com que se submetesse a natureza ao seu domínio. Faz-se necessário então ao homem se descobrir responsável não somente por si, mas por toda outra forma de existência. (FONSECA, 2012; CARRARA, 2017).

Diante das inúmeras possibilidades que os avanços técnico-científicos proporcionam à contemporaneidade, o autor constrói uma ética que incorpora, em sua estrutura, a responsabilidade de todos os seres humanos em relação à convivência e sobrevivência de todos os seres vivos, principalmente acerca do “futuro da natureza humana” e da vida na Terra (NODARI e PACHECO, 2014).

A responsabilidade é o cuidado reconhecido como obrigação em relação a um outro ser, que se torna “preocupação” quando há uma ameaça à sua vulnerabilidade, neste caso, a vulnerabilidade da natureza ameaçada pelos progressos tecnológicos (JONAS, 2006).

Ao procurar superar o dualismo que separa homem e natureza, Jonas pensa uma responsabilidade que nos leve a exercer nossa liberdade, tomando em consideração todas as outras formas de vida das quais depende nossa existência. Assim, o dever inicial do comportamento coletivo humano, na civilização tecnológica, é o futuro da humanidade, incluindo também o futuro da natureza, a responsabilidade humana pelo futuro de todas as formas de vida que se justifica diante do perigo que o homem representa não só para si, mas também para toda a biosfera (CARRARA, 2014; JONAS, 2006).

Para Jonas, o caminho de superação da atual crise ecológica passa também pela atribuição de um direito próprio à natureza, concedendo-lhe uma significação ética autônoma e, a partir disso, torna-se necessário rever a posição do homem perante a totalidade da vida reintegrando-o à natureza em uma perspectiva orgânica e retirando-o do centro da discussão ética (SGANZERLA, 2015; CARRARA, 2014).

A intenção de Hans Jonas, ao reinserir o homem na natureza, é demonstrar que, junto à liberdade e à autonomia maior que o homem detém comparado aos demais seres, vem também uma maior responsabilidade perante as demais formas de vida. Por isso, o autor retira do homem de uma posição superior e central e o insere em um novo contexto como responsável pela preservação e continuidade da vida (SGANZERLA, 2015).

Embora se saiba que a responsabilidade surge da união do poder e da razão humanos, a partir do século XX, com a evidência crítica dos perigos tecnológicos, inicia-se uma

expansão da responsabilidade, que antes se limitava exclusivamente às relações intersubjetivas, e agora passa a abranger a biosfera como um todo. O poder e o perigo revelam também um dever solidário para com o resto do mundo animal (JONAS, 2006).

É importante enfatizar que as inovações tecnológicas existem para servir ao homem e sem ele, elas não possuem poder algum. A solução não seria frear o desenvolvimento ou os avanços da tecnologia, mas sim fazer uso das inovações com responsabilidade e consciência, cientes dos direitos das próximas gerações. A proposta da ética da responsabilidade de Jonas retrata o homem como o responsável pela preservação e continuidade da vida, e como parte da natureza, cabe a ele a função de guardião da totalidade da vida, embora seja também seu executor (FONSECA, 2012; CARRARA, 2017).

3.3.2 O direito à água

A água é um direito fundamental do ser humano como ocorre na Constituição Federal Brasileira de 1988 em que o artigo 225 esclarece o direito humano a um meio ambiente ecologicamente equilibrado já que o equilíbrio ambiental é premissa para a garantia da qualidade de vida e bem-estar humanos, denotando daí uma abordagem utilitarista e antropocêntrica (TOLENTINO e OLIVEIRA, 2015).

O direito à água é um direito fundamental dos seres humanos, dos animais e da natureza (CARLI, 2017). De acordo com o Pacto dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (ONU, 1966), nenhum povo pode ter seu acesso restringido aos seus meios de subsistência, tendo assegurado seu direito de dispor livremente de seus recursos e riquezas naturais.

A Conferência das Nações Unidas sobre Água (1977) reconhece o direito de todos os povos ao livre acesso a água potável em quantidade e qualidade iguais às das suas necessidades básicas.

Considerando que a água é um direito humano básico, infere-se que deve ser disponibilizada livremente a todos. Sendo assim, o direito à água exige uma justiça reparadora e distributiva (VANDERMYDE, 2015). Também é essencial destacar que o direito à água de qualidade está intrinsecamente relacionado aos direitos à vida, à saúde, ao desenvolvimento econômico, bem como da pessoa humana (CARLI, 2017).

Entretanto, apesar de ter o direito do acesso à água, não se pode utilizá-la de uma forma inconsequente e inadequada. Por isso, é necessário que haja uma priorização correta do

acesso aos recursos hídricos, considerando as necessidades humanas e a dos ecossistemas (SELBORNE, 2001).

Reconhecido o direito à água, é necessário estabelecer instrumentos jurídicos que tornem possível assegurar tal direito. No Brasil, destacam-se os seguintes instrumentos jurídicos: a função obrigatória do Estado em gerenciar os recursos hídricos, dever estabelecido pela Constituição Federal de 1988, as Políticas Nacionais de Recursos Hídricos e Saneamento Básico (1997,2007, respectivamente) (AITH e ROTHBARTH,2015).

As políticas públicas que envolvem a proteção ambiental e preservação dos recursos hídricos envolvendo as searas regionais e locais são essenciais para manter as funções ecossistêmicas do ciclo natural, caso contrário, há consequências negativas tanto quantitativas quanto qualitativas sobre o recurso (CARLI, 2014).

A problemática é se os administradores públicos estão capacitados, da perspectiva técnica e ética, para pôr em prática as normas ambientais estabelecidas pelo direito brasileiro e também os acordos internacionais (CARLI, 2017).

No entanto, embora a ONU reconheça o direito à água, a Organização alerta que, o direito não permite o uso ilimitado da água mas sim que todos tenham água suficiente para usos pessoais e domésticos, a quantidade recomendada pela ONU para isso é de aproximadamente 110 litros/pessoa/dia e, que os serviços de saneamento não devem ser gratuitos mas apresentar preços razoáveis para todos (ONU, 2015; SABESP, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Em relação à natureza da pesquisa, este trabalho caracteriza-se como pesquisa aplicada tendo em vista que, de acordo com Kauark et al. (2010), este tipo de pesquisa é direcionada a problemáticas específicas envolvendo interesses locais, sendo o objetivo do trabalho avaliar sistema de gestão dos recursos hídricos especificamente no município de Volta Redonda-RJ.

Já da perspectiva de abordagem do problema, a pesquisa é quali-quantitativa considerando que os indicadores (variáveis) a serem utilizados têm esta mesma característica, sendo alguns qualitativos e outros são quantitativos. A pesquisa qualitativa é descritiva e considera relações entre o mundo e o sujeito enquanto a quantitativa caracteriza-se, principalmente, por aquilo que pode ser quantificável (KAUARK et al., 2010).

Quanto aos objetivos, o trabalho é exploratório já que objetiva maior familiaridade com o problema da sustentabilidade na gestão de recursos hídricos e um aprimoramento das ideias relacionadas ao diagnóstico do sistema de gestão hídrica. Além disso, envolve levantamento bibliográfico e assume um perfil de pesquisa bibliográfica e estudo de caso aplicado à Volta Redonda (GIL, 2002; KAUARK et al., 2010).

Relacionado aos procedimentos técnicos, o trabalho é bibliográfico já que envolve trabalhos oriundos de livros e artigos científicos sobre indicadores de sustentabilidade aplicados aos recursos hídricos. No entanto, a pesquisa também é documental porque utilizará material que não recebe tratamento analítico ou que ainda pode ser reelaborado como os relatórios e documentos de órgãos públicos (GIL, 2002).

O trabalho inicia-se com o levantamento bibliográfico dividindo-se, posteriormente, em outras três fases sendo estas: i) Caracterização da área de estudo, ii) Análise dos princípios éticos na gestão da água no Médio Paraíba e em Volta Redonda; iii) Classificação e Análise dos Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos aplicados à Volta Redonda-RJ; iv) Proposta de melhorias. De acordo com cada objetivo específico, traçou-se uma metodologia individualizada, conforme descrito a seguir.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da área de estudo foi realizada a partir de levantamentos bibliográficos em documentos, como o Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro, elaborado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Também foram utilizadas bases de dados do IBGE, planos de bacia do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) e da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), além do plano de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Volta Redonda. Os dados também foram retirados do Atlas da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, divulgado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (CBHMPS).

4.2 SELEÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores foram identificados em pesquisas bibliográficas através de artigos científicos em periódicos, em base de dados como Periódicos Capes, Science Direct e Web of Science.

A partir do levantamento de indicadores encontrados nos trabalhos pesquisados, a seleção daqueles que seriam utilizados se deu através da técnica Delphi, de acordo com sua aplicabilidade para o município de Volta Redonda.

Destaca-se que a etapa de seleção e classificação foi baseada na metodologia utilizada por Pires et al. (2017), os autores tratam sobre os indicadores relacionados ao uso e gestão dos recursos hídricos e, através de um painel de especialistas identificam as dimensões dos indicadores encontrados na literatura e por fim, utilizam a matriz de Pressão-Estado-Impacto- Resposta (PEIR) a fim de classificar indicadores de pressão, de estado, de impacto e de resposta.

Até agora, não foi encontrada nenhuma outra publicação científica que tenha feito uma avaliação semelhante. Cabe destacar que desenvolvimento de indicadores é um processo, então, esta lista não é definitiva e outros indicadores podem ser incluídos em estudos futuros (PIRES et al., 2016).

O presente trabalho apresenta mais dimensões que as utilizadas por Pires et al. (2015) em virtude das dimensões encontradas durante a revisão bibliográfica. O painel de

especialistas foi utilizado para selecionar indicadores e, destes selecionados, atribuiu-se as dimensões contempladas.

É importante enfatizar que o trabalho de Spiller et al. (2016) também foi utilizado como base para a discussão dos resultados acerca das dimensões da sustentabilidade. O trabalho trata da sustentabilidade hídrica urbana e os autores concentraram-se no método de desenvolvimento de indicadores para definir, avaliar e quantificar a capacidade adaptativa sob aspectos econômicos e dimensão técnica da sustentabilidade (PIRES et al., 2016).

Após a escolha dos indicadores aplicáveis ao município, iniciou-se a fase de quantificação destes indicadores, os dados utilizados foram obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SNIS), de documentos do CBH- Médio Paraíba e do Sistema Autônomo de Água e Esgoto Municipal (SAAE-VR).

4.2.1 Técnica Delphi

A seleção dos indicadores foi realizada através da técnica Delphi que é um método usado para obter a mais confiável opinião de um grupo de especialistas por meio de uma série de questionários intensivos (DALKEY e HELMER, 1962).

A técnica Delphi é baseada em um questionário interativo aplicado diversas vezes aos participantes. É importante salientar que em cada nova rodada, as respostas dadas anteriormente são apresentadas aos peritos, cientes das respostas anteriores. Os peritos devem reavaliar as suas respostas e este processo se repete até que a discordância seja reduzida a um nível considerado satisfatório (ROZADOS, 2015).

O objetivo da técnica Delphi é auxiliar os especialistas a formarem uma opinião ponderada a partir de um consenso (DALKEY e HELMER, 1962).

A técnica possui um roteiro prévio que consiste em, primeiramente, delimitar o contexto do conteúdo a ser abordado e, posteriormente, montar o painel de especialistas e obter o aceite dos mesmos para colaborar no método e enfim, explicar aos peritos sobre o processo para que possam entender o objetivo de cada etapa a fim de respostas mais confiáveis (ROZADOS, 2015).

Essa metodologia foi utilizada por Miranda e Teixeira (2004) para a escolha de indicadores para monitoramento em sistemas urbanos de água e esgoto relacionando estes instrumentos aos princípios da sustentabilidade e também por Mapar et al. (2017) para a seleção de indicadores integrando saúde, segurança e meio ambiente em megacidades no Irã.

Nesta pesquisa foram realizadas duas rodadas de respostas dos especialistas para escolha dos melhores indicadores, de acordo com os participantes.

O método também foi empregado por Musa et al. (2015) para desenvolver indicadores de bem-estar ambiental com o objetivo de avaliar a sustentabilidade urbana na Malásia.

O objetivo da utilização deste método foi buscar uma seleção dos indicadores não-tendenciosa e baseada na opinião de um grupo que se relaciona tanto com a temática de indicadores de sustentabilidade quanto com a realidade do sistema de água e esgoto de Volta Redonda.

O painel de especialistas desta pesquisa foi constituído de acadêmicos e profissionais da área de recursos hídricos, participaram da pesquisa oito especialistas (Quadro 12) que foram selecionados em virtude de sua atuação na área de gestão de recursos hídricos, indicadores de sustentabilidade e saneamento básico. Destaca-se que alguns especialistas são familiarizados com a realidade do município de Volta Redonda.

Após o aceite dos especialistas, todos receberam a mesma planilha (Apêndice A) constituída de uma lista de 147 indicadores apresentados na revisão bibliográfica deste trabalho que consta de uma coluna ao lado para assinalar o indicador selecionado. Além de outras duas colunas para identificar as dimensões da sustentabilidade as quais o especialista julgou que o indicador se encaixou e o seu respectivo grau de importância, de acordo com a consideração do profissional.

Quadro 12 - Painel de especialistas, suas respectivas funções e a justificativa para a participação na técnica Delphi.

Especialista/Função	Justificativa
Arquiteto (a) e Urbanista/ Funcionário (a) público (a) municipal. Docente no Ensino Superior.	Defendeu no Doutorado tese sobre o rio Paraíba do Sul e a região de Resende, Barra Mansa, Volta Redonda e Barra do Piraí, atuando na área de Preservação Ambiental e Urbanística.
Biólogo (a)/ Docente no Ensino Superior.	Possui experiência na área de Gestão de Bacias Hidrográficas atuando principalmente na área de Gestão de Recursos Hídricos ministrando uma disciplina nesta mesma área.
Oceanógrafo (a)/ Docente no Ensino Superior.	Possui mestrado em Engenharia Civil e Recursos Hídricos, atua na temática sobre avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul e possui experiência na área de ecossistemas aquáticos
Engenheiro (a) Ambiental/ Docente no Ensino Técnico.	Possui mestrado em Engenharia Agrícola na área de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, com experiência nesta área e também em qualidade hídrica, coordenou a Câmara Técnica do CBH-Médio Paraíba por dois anos. Doutorando (a) em Meio Ambiente.
Formado (a) em Ciências Contábeis/ Docente no Ensino Superior.	Líder do Observatório de Gestão, Contabilidade e Sustentabilidade (UFCG). Atualmente trabalha em linhas de pesquisa como Contabilidade para Gestão Social e Ambiental além de Gestão Pública (com ênfase em indicadores de sustentabilidade).
Engenheiro (a) Químico(a)/ Docente no Ensino Superior.	Atua nas áreas de Poluição Hídrica, tratamento de esgotos e Saneamento Básico.
Gestor (a) de autarquia municipal para serviços de água e esgoto.	Engenheiro (a) Civil. Possui experiência nos serviços de água e esgoto municipais
Gestor (a) de autarquia municipal para serviços de água e esgoto.	Engenheiro (a) Civil. Possui experiência nos serviços de água e esgoto municipais.

Fonte: Elaborado pela autora.

É importante enfatizar que todo o contato com os especialistas foi realizado via e-mail entre os meses de abril e junho de 2018. Foram realizadas duas rodadas de respostas, considerou-se os indicadores com o percentual acima de 60% de seleção e daí obteve-se a lista de 40 indicadores a serem aplicados no município de Volta Redonda (Quadro 13).

Quadro 13 - Indicadores selecionados pelo painel de especialistas através da técnica Delphi.

Indicadores Selecionados	Referências dos Indicadores
Índice de qualidade da água (água para consumo)	ONU (2007); Visvaldis, Ainhoa e Ralfs (2013); Carvalho, Curi e Lira (2013); IBGE (2017); Chen et al. (2017)
Índice de qualidade da água do corpo hídrico à montante e à jusante	Miranda e Teixeira (2004)
Desconformidades na qualidade da água de acordo com as normas	ANZECC (2000); Miranda e Teixeira (2004)
Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos	Miranda e Teixeira (2004)
Índice de captação de água para abastecimento público urbano e rural	Carvalho, Curi e Lira (2013)
% abastecimento por rede geral	Carvalho, Curi e Lira, (2013); Carvalho e Curi (2013)
% de abastecimento por poço nascente	Carvalho e Curi (2013)
Vazão dos rios para captação	Miranda e Teixeira (2004); Vieira e Studart (2009)
Vazões mínimas com dada duração e dado período de recorrência	Carvalho, Curi e Lira (2013)
Proporção de águas pluviais reutilizadas	Braulio-Gonzalo, Bovea e Ruá (2015)
Frequência de limpeza de caixas d'água residenciais	Miranda e Teixeira (2004)
Quantidade de produto químico utilizado no tratamento por 1000m ³ de água tratada	Miranda e Teixeira (2004)
Índice de perdas de água na rede geral	Miranda e Teixeira (2004); Carvalho, Curi e Lira, (2013); Carvalho e Curi (2013)
Reutilização de água (%)	Domingues et al. (2015); Mapar et al. (2017)
Separação de águas pluviais e águas residuais	Leeuwen et al. (2012)
Tarifa média praticada por m ³ de água distribuído	Carvalho e Curi (2013)
Extração de águas superficiais versus Disponibilidade	ANZECC (2000)
Consumo de água per capita	Miranda e Teixeira (2004); Carvalho e Curi (2013); Dale et al. (2017)
Disponibilidade de água per capita	Vieira e Studart (2009)

Índice de coleta de esgotos	Carvalho, Curi e Lira, (2013)
Índice de tratamento de esgotos coletado	ANZECC (2000); ONU (2007); Carvalho, Curi e Lira (2013); Carvalho e Curi (2013); IBGE (2017); Mapar et al. (2017);
Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido	Carvalho, Curi e Lira (2013)
Qualidade do lodo de esgoto	Leeuwen et al. (2012)
Índice de remoção de coliformes fecais nas estações de tratamento de esgotos (ETEs)	Carvalho, Curi e Lira (2013)
% rede sanitária via esgoto	Carvalho e Curi (2013)
% rede sanitária via rio ou lago	Carvalho e Curi (2013)
% que não dispõe de instalação sanitária	Carvalho e Curi (2013)
Número de pontos de lançamento de esgoto "in natura" nos corpos d'água	Miranda e Teixeira (2004)
Número de casos de doenças de veiculação hídrica/1000 habitantes	Miranda e Teixeira (2004); Carvalho, Curi e Lira (2013); Ibrahim, Omar e Mohamad (2015)
A bacia tem comitê de bacia?	Carvalho, Curi e Lira (2013)
A bacia hidrográfica tem órgão gestor?	Carvalho, Curi e Lira (2013)
O município participa do comitê de bacia?	Carvalho, Curi e Lira (2013)
A bacia tem plano de bacia?	Carvalho, Curi e Lira (2013)
Legislação ambiental municipal	IBGE (2017)
Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas à população	Miranda e Teixeira (2004)
Proporção de edifícios públicos com tecnologias de economia de água.	Braulio-Gonzalo, Bovea e Ruá (2015)
Ecosistemas significativos que são afetados pela coleta, descargas e escoamento hídricos	Domingues et al. (2015)
Saúde do rio	ANZECC (2000)
Densidade populacional total, urbana, rural	Carvalho, Curi e Lira (2013)
Escassez hídrica	Leeuwen et al. (2012)

Fonte: Elaborado pela autora.

É importante enfatizar que estes resultados são específicos ao município de Volta Redonda, tendo em vista que os especialistas consideraram em suas escolhas as características municipais. Por isso destaca-se que este conjunto de indicadores pode ser personalizado e não é uma lista padrão para ser aplicada a qualquer realidade.

Destaca-se que os indicadores que apresentaram maior multidimensionalidade, isto é, que contemplaram as seis dimensões da sustentabilidade encontradas na literatura, foram analisados e discutidos de acordo com a disponibilidade dos dados municipais.

4.2.2 Matriz Pressão/Estado/Impacto/Resposta

Existem diversas formas de avaliar a sustentabilidade através de indicadores (BELLEN, 2004), na presente pesquisa, o método selecionado foi o de Pressão-Estado-Resposta (PER) desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), que foi modificado pelo Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA, 2002) com a introdução da dimensão de Impacto, tornando-se então a ferramenta Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR).

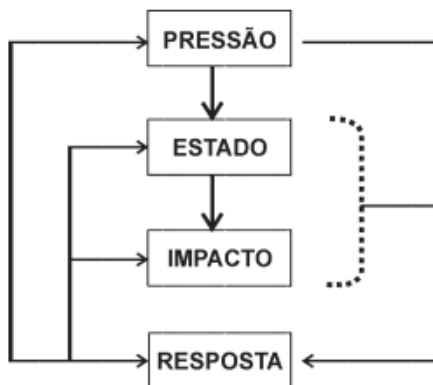
Para Silva et al. (2012), a decisão de incorporar o componente Impacto no método se deu em virtude da necessidade de analisar como o desenvolvimento urbano se relaciona com o meio ambiente principalmente em relação aos impactos ambientais causados pela urbanização internacionalmente.

O modelo PEIR foi escolhido porque além de ser adotado internacionalmente, também se encaixa no escopo do trabalho tendo em vista que é mais flexível em relação à seleção dos indicadores, visto que algumas das outras ferramentas utilizam indicadores ambientais gerais já pré-estabelecidos impossibilitando apenas daqueles específicos sobre recursos hídricos. O PEIR pode ser facilmente modificado adaptando-se aos objetivos particulares de cada abordagem (SILVA et al., 2012).

A matriz PEIR possuem a finalidade de responder a quatro perguntas básicas sobre o meio ambiente, em qualquer escala territorial: i) O que está ocorrendo com o meio ambiente?; ii) Porque isso está ocorrendo? iii) O que podemos fazer e o que estamos fazendo agora? iv) O que acontecerá se não atuarmos agora? (PNUMA, 2002).

A ferramenta PEIR visa determinar as conexões lógicas de todos os aspectos que a constituem, auxiliando no diagnóstico do estado ambiental englobando os fatores que pressionam os recursos e as respostas dadas aos impactos causados pelas pressões (Figura 3) (PNUMA, 2002)

Figura 3 - Ciclo da metodologia PEIR.



Fonte: PNUMA, 2002.

Os componentes do modelo PEIR podem ser descritos assim:

- **PRESSÃO:** Exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente, podem ser diretas ou indiretas, geralmente são consideradas como vetores de mudanças e também, as causas de determinados efeitos. Os indicadores deste componente são o reflexo da intensidade do uso dos recursos, exemplos de componentes de pressão são aumento da geração de resíduos sólidos, despejo de efluentes em corpos hídricos, entre outros. Quando se conhece os fatores de pressão, o objetivo é responder a pergunta “Porque isso está ocorrendo?” (OECD, 2003; PNUMA, 2002; SILVA et al., 2012).
- **Estado:** Condição do ambiente que é resultante das pressões exercidas, engloba características como a qualidade dos recursos e ao se identificar seus fatores, a pergunta “O que está ocorrendo com o meio ambiente?” (PNUMA, 2002; SILVA et al., 2012).
- **Impacto:** Efeito gerado pelo estado do ambiente sobre a saúde e qualidade de vida humanas, economia local e equilíbrio ecossistêmico (PNUMA, 2002; SILVA et al., 2012).
- **Resposta:** Ações da sociedade que possuem o objetivo prevenir ou mitigar os impactos ambientais negativos e conservar os recursos naturais. Retratam a forma

como a sociedade responde coletiva ou individualmente às preocupações ambientais. Indicadores como investimentos em melhorias na área ambiental, taxas de redução de emissão, taxas de reciclagem são exemplos. As ferramentas desta dimensão buscam responder a pergunta “O que podemos fazer e o que estamos fazendo agora?” (OECD, 2003; PNUMA, 2002; SILVA et al., 2012).

Sendo assim, o modelo PEIR se apresenta como uma ferramenta de análise que possibilita a organização adequada e lógica todos os aspectos que envolvem e se relacionam com o meio ambiente tais como os efeitos antrópicos produzidos sobre os recursos e as formas da sociedade civil e do Poder Público lidarem com os impactos ambientais negativos (PNUMA, 2002).

O meio é o resultado de um complexo agregado de relações de causa e efeito. A estrutura da matriz PEIR possibilita a análise dos problemas ambientais a partir de uma perspectiva de múltiplas interações, retratando as diferentes nuances da qualidade ambiental de uma bacia urbana (ARIZA e ARAÚJO-NETO, 2010; VAZ e SILVEIRA, 2014).

4.2.3 Ética da responsabilidade de Hans Jonas

Os dados municipais que representam os indicadores selecionados foram analisados sob a perspectiva do filósofo alemão Hans Jonas a partir da ética da responsabilidade proposta pelo autor com base na necessidade de uma nova ética a partir de uma discussão acerca da relação existente entre a existência humana e a tecnociência.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CRÍTICOS DO SISTEMA E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

A partir dos resultados obtidos na análise dos indicadores, as falhas no sistema serão identificadas e, com base na literatura, medidas de melhorias serão propostas ao Poder Público para uma gestão sustentável mais eficiente.

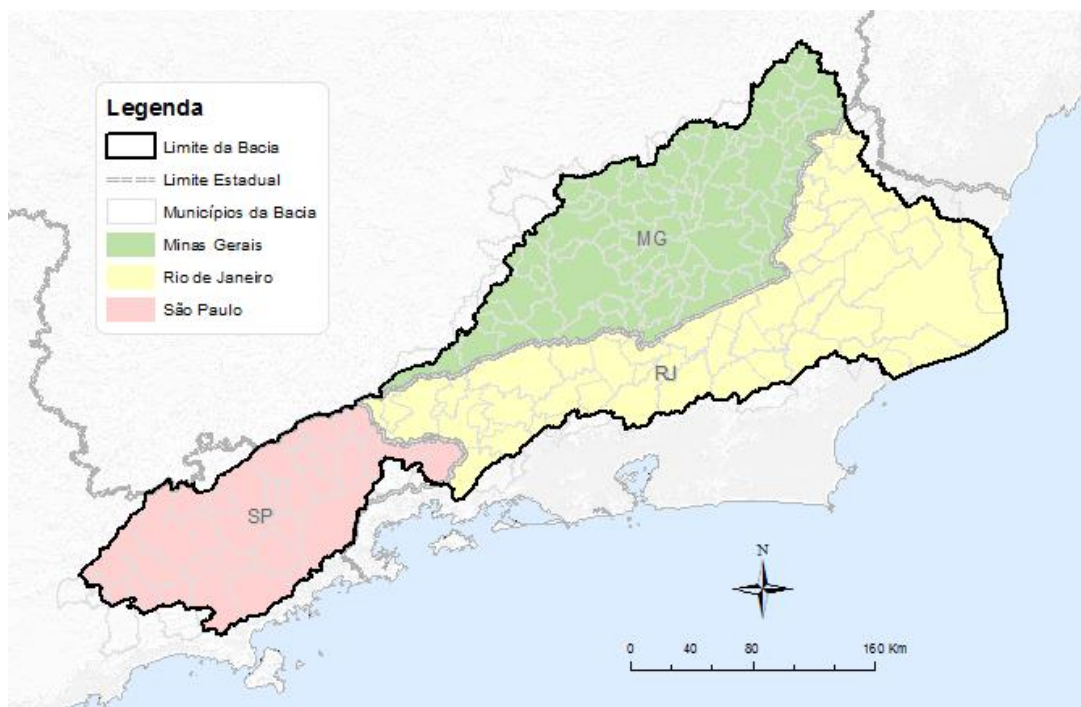
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA, SOCIECONÔMICA E AMBIENTAL (PRESSÕES) DE VOLTA REDONDA-RJ

O município de Volta Redonda está inserido em uma das principais bacias do país, a bacia do rio Paraíba do Sul possui uma área de drenagem da bacia do Rio Paraíba do Sul é de 55.500 km² estendendo-se pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Figura 4) e localiza-se em área de bioma Mata Atlântica (CEIVAP, 2006a).

A bacia drena uma das regiões mais desenvolvidas do país, responsável por 10% do PIB brasileiro (COELHO, 2012). A ANA (2001), destaca a importância política e econômica da bacia do Rio Paraíba do Sul no contexto nacional.

Figura 4 - Localização da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.



Fonte: CEIVAP, 2018.

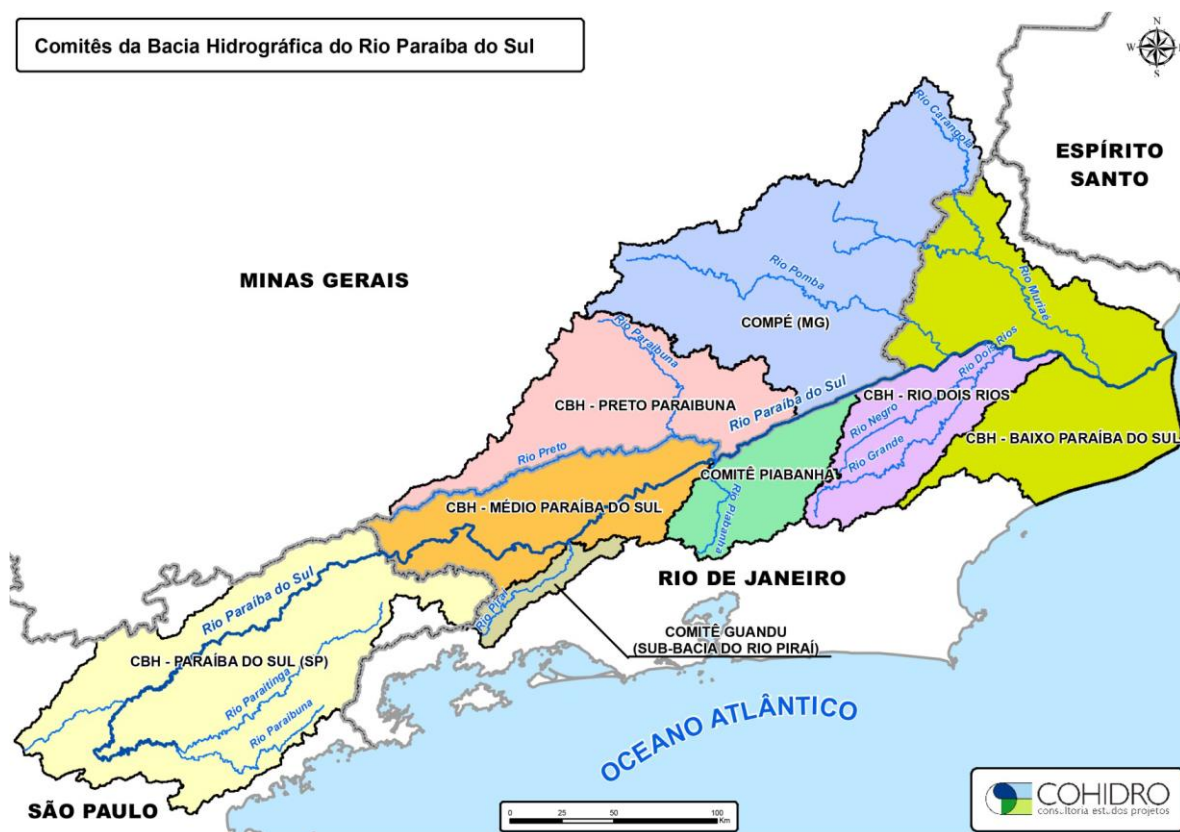
Inicialmente, a maior parte do território da bacia era coberta por mata nativa e só em meados de XVIII a agropecuária se intensificou, principalmente a cultura de cana-de-açúcar que incentivou a substituição da floresta nativa pelo plantio extenso de cana. A supressão vegetal na bacia intensificou-se no século XVIII em virtude da expansão das lavouras

cafeeiros no Vale do Paraíba. Como consequência do plantio intensivo de café, houve perda rápida de produtividade e aumento de intensos processos erosivos. A partir disso as áreas tornaram-se extensas pastagens (COELHO, 2012; CEIVAP, 2006a).

O declínio das produções agrícolas incentivou o início da industrialização na bacia, em 1905 iniciam-se as primeiras unidades geradoras de eletricidade no estado, que, mais tarde, impulsionariam o desenvolvimento industrial, marcado pela chegada da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1941. A atividade industrial desenvolveu-se de forma intensa, transformando a população da bacia de rural para urbana. Atualmente grande parte da bacia caracteriza-se como improdutiva e degradada (COELHO, 2012; CEIVAP, 2006a).

A bacia do Rio Paraíba do Sul é subdividida em sete sub-bacias, cada uma destas bacias possui um comitê para sua gestão conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e suas subdivisões representadas pelos comitês.



Fonte: CEIVAP, 2014.

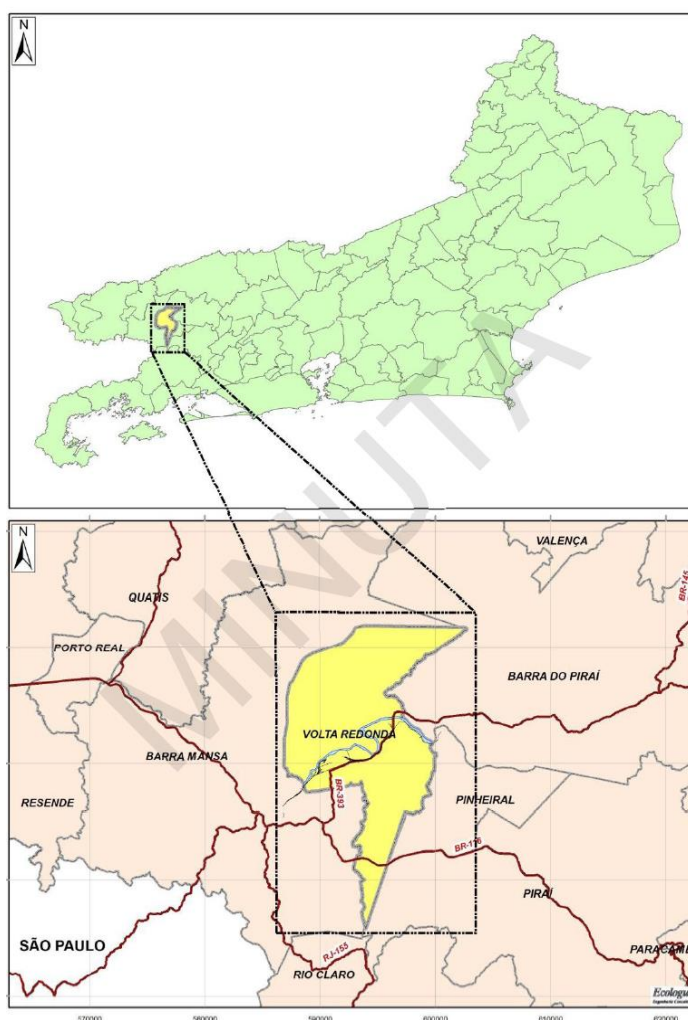
A cidade de Volta Redonda encontra-se na sub-bacia do Médio Paraíba do Sul, os principais usos da bacia do Médio Paraíba são, respectivamente, o uso industrial (63%) e o

abastecimento humano (25%) (CEIVAP, 2016). Destaca-se que o território da bacia é quase completamente antrópico, ou seja, já fortemente degradado pela ação do homem, pelo desmatamento, a exploração agropecuária e a urbanização (CBHMPS, 2016).

O município de Volta Redonda localiza-se na Região Sudeste, estado do Rio de Janeiro (Figura 6), a área territorial do município é de 182,483 km² e a população estimada para 2018 pelo IBGE (2015) é de 271.998 habitantes.

O uso do solo volta-redondense é baseado em áreas urbanizadas, áreas de pastagens, de culturas temporárias e silviculturas, além de áreas florestais, assim, 49,5% do território caracteriza-se por áreas de pastagens enquanto a área urbana ocupa 26,4% da cidade (PMVR, 2014).

Figura 6 - Macrolocalização do município de Volta Redonda-RJ.



Fonte: PMVR, 2014.

A primeira fase da história de Volta Redonda foi de exploração do solo enquanto garimpo, após o enfraquecimento do garimpo tem-se a fase das fazendas que dão nome a alguns dos bairros atuais do município tais como Vila Santa Cecília e Três Poços. Posteriormente, se inicia a fase de fortalecimento do setor de comércio quando o município ainda era um vilarejo e, por último, a fase de industrialização com a chegada da CSN que motivou a emancipação do município (PMVR, 2018).

Com destaque para as fases de fortalecimento do comércio e o início da industrialização brasileira, atualmente, o PIB municipal é baseado justamente em serviços e indústria, respectivamente (IBGE, 2015).

De acordo com o Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD) em parceria com a Fundação João Pinheiro (FPJ) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o município de Volta Redonda ocupa a 220ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros no ranking de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no país, (PNUD, FPJ e IPEA, 2013).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) passou de 0,580 (1991) para 0,771 (2010), um índice considerado alto. A dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,315), seguida por Renda e por Longevidade (PNUD, FJP e IPEA, 2013).

Em relação aos serviços de saneamento básico, embora o índice de coleta de esgoto seja de 99% salienta-se o baixo índice de tratamento de esgoto de 18,67%. O índice relacionado ao abastecimento hídrico é satisfatório sendo 99% da população atendida pelo serviço, no entanto, atenta-se ao alto índice de perda hídrica no sistema geral que é de 47,80% (CBHMPS, 2018d).

Em relação aos serviços de resíduos sólidos, o índice de coleta é de 100% e o de coleta seletiva de 80% (BRASIL, 2014a). Desta forma, os índices municipais de tratamento de esgoto e perda hídrica apresentam-se como pressões exercidas ao Rio Paraíba do Sul.

5.1.2 Usina Presidente Vargas

É o município de Volta Redonda que abriga a Usina Presidente Vargas (UPV/CSN), uma das unidades fabris da CSN, considerada uma das maiores siderúrgicas da América Latina, a Usina Presidente Vargas produz, atualmente, 12,8 mil toneladas de ferro-gusa por dia tendo a capacidade anual de produzir 5,8 milhões de toneladas de aço (CSN, 2017).

A Companhia foi construída em uma época anterior aos processos de licenciamento ambiental visto que, chegou em Volta Redonda na data de 1946 e o instrumento de licenciamento foi instituído no fim da década de 70 e então, desde 1985, a CSN acumula multas ambientais (LOPES, et al. 2004).

Em relação aos impactos na fauna aquática, por exemplo, Castro (2001) justifica a extinção de algumas espécies em virtude de lançamento de esgoto doméstico e, também, de efluentes industriais que contribuem para a contaminação dos indivíduos. Esses impactos se intensificaram no final do século XX, como demonstra o autor:

(...) inclusive com alterações morfológicas e estruturais, lesões, tumores e variações no crescimento dos peixes, provocados pelos efluentes das indústrias químicas e, principalmente, da Companhia Siderúrgica Nacional, pois a maior incidência dessas anomalias ocorre no trecho compreendido entre as cidades de Volta Redonda e Barra do Piraí, a jusante dos despejos da CSN.

A qualidade do rio Paraíba do Sul foi influenciada pela industrialização na bacia, a CSN foi um marco neste processo e além deste impacto, apresentam-se também os impactos causados pela poluição orgânica resultante do aumento da população na bacia (COELHO, 2012).

Devido a essas problemáticas, a siderúrgica é considerada o maior poluidor da bacia, em relação à poluição hídrica, no trecho entre Resende e Volta Redonda contribui significativamente para a criticidade da qualidade da água. Em virtude dos passivos ambientais, a CSN celebrou, em 2000, um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com a FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente), no qual investiu R\$ 66,7 milhões em ações para controle da poluição hídrica (MOREIRA, 2014; CARVALHO, TRINTA e BACELLAR, 2009).

Ao menos 150 representantes dos bairros volta-redondenses participaram da criação do “Movimento dos atingidos pelo pós da CSN” em agosto de 2018, o Movimento trabalha com duas linhas de ação, uma audiência pública com representantes da Companhia, do Ministério Público, do órgão ambiental, entre outros atores envolvidos e o registro de depoimentos de famílias atingidas pelas partículas de pó que são emitidas pela CSN (O DIA, 2018).

Já em relação ao depósito irregular de escória no bairro Brasilândia (Figura 7), há uma ação civil pública movida pelos Ministérios Públicos Federal e Estadual (MPF e MPE) onde se questiona o fato da saída do material nunca superar a entrada caracterizando o depósito como um “bota-fora” onde a Companhia dispõe o resíduo desde a década de 1970 a

céu aberto em solo desnudo, em área de preservação permanente na mata ciliar do rio Paraíba do Sul (MPF e MPE, 2018) .

Figura 7 - Depósito de escória às margens do rio Paraíba do Sul em Volta Redonda.



Fonte: O DIA, 2018.

Com base nesse passivo, a CSN apresenta-se atualmente como o principal alvo dos órgãos ambientais no contexto de proposição de TAC's e também outras ferramentas legislativas que possam minimizar os danos ambientais causados pelas ações da Companhia (MOREIRA, 2014). Destaca-se assim que uma das principais pressões exercidas sobre a gestão hídrica no município de Volta Redonda parte da Companhia Siderúrgica Nacional.

5.2 INDICADORES SELECIONADOS: CLASSIFICAÇÃO, DIMENSIONALIDADES E IMPORTÂNCIA

Os indicadores foram divididos pela sua classificação baseada na matriz PEIR, além da caracterização de seus respectivos graus de importância e dimensionalidades. é importante salientar que um mesmo indicador pode ser encaixado em diferentes dimensões da sustentabilidade (Quadro 14).

Os graus de importância e dimensões da sustentabilidade foram identificados de acordo com a técnica Delphi. As opções de dimensões da sustentabilidade foram apresentadas de acordo com a literatura: Ambiental/Ecológica, Economia, Social/Cultural, Tecnológica,

Ética e Política/Institucional enquanto os graus de importância foram divididos em: Muito Importante, Importante, Pouco Importante, Irrelevante e Em Dúvida.

Ao considerar os graus de importância destaca-se que, embora as opções tenham sido cinco, somente três foram atribuídas ao conjunto selecionado sendo estas: Muito Importante, Importante e Pouco Importante. Em relação às dimensões, três indicadores apresentaram-se como tridimensionais enquanto 11 foram caracterizados como tetradimensionais, 13 foram considerados pentadimensionais e outros 13 hexadimensionais, enfatiza-se que todos os indicadores selecionados foram encaixados em, pelo menos, três dimensões.

Quadro 14 - Indicadores selecionados, dimensionalidades e graus de importância.

Classificação	Indicadores	Dimensionalidade	Grau de importância
PRESSÃO	Índice de captação de água para abastecimento público urbano e rural	Pentadimensional	Importante
	% abastecimento por rede geral	Tetradimensional	Muito Importante
	% de abastecimento por poço nascente	Tetradimensional	Importante
	Vazão dos rios para captação	Hexadimensional	Importante
	Separação de águas pluviais e águas residuais*	Pentadimensional	Muito Importante
	Extração de águas superficiais <i>versus</i> Disponibilidade	Hexadimensional	Importante
	Consumo de água per capita	Pentadimensional	Importante
	Índice de tratamento de esgotos coletado*	Hexadimensional	Muito Importante
	Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido*	Hexadimensional	Muito Importante
	% rede sanitária via esgoto	Tetradimensional	Importante
	% rede sanitária via rio ou lago	Hexadimensional	Pouco Importante
	% que não dispõe de instalação sanitária	Hexadimensional	Pouco Importante
	Número de pontos de lançamento de esgoto "in natura" nos corpos d'água	Hexadimensional	Muito Importante
	Densidade populacional total, urbana, rural	Pentadimensional	Importante
	ESTADO	Índice de qualidade da água (água para consumo)	Pentadimensional
Índice de qualidade da água do corpo hídrico à montante e à jusante		Pentadimensional	Importante
Desconformidades na qualidade da água de acordo com as normas		Pentadimensional	Muito Importante
Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos		Hexadimensional	Importante
Vazões mínimas com dada duração e dado período de recorrência		Hexadimensional	Importante
Índice de perdas de água na rede geral		Tetradimensional	Muito Importante
Disponibilidade de água per capita		Tetradimensional	Muito Importante
Qualidade do lodo de esgoto*		Tetradimensional	Importante
Índice de remoção de coliformes fecais nas estações de tratamento de esgotos (ETEs)		Tetradimensional	Importante
Saúde do rio		Hexadimensional	Importante
Escassez hídrica		Tridimensional	Muito Importante

IMPACTO	Número de casos de doenças de veiculação hídrica/1000 habitantes	Hexadimensional	Muito Importante
	Ecossistemas significativos que são afetados pela coleta, descargas e escoamento hídricos	Tetradimensional	Importante
RESPOSTA	Proporção de águas pluviais reutilizadas	Pentadimensional	Importante
	Frequência de limpeza de caixas d'água residenciais	Tridimensional	Importante
	Quantidade de produto químico utilizado no tratamento por 1000m ³ de água tratada	Hexadimensional	Importante
	Reutilização de água (%)	Pentadimensional	Muito Importante
	Separação de águas pluviais e águas residuais*	Pentadimensional	Muito Importante
	Tarifa média praticada por m ³ de água distribuído	Tetradimensional	Importante
	Índice de coleta de esgotos	Tetradimensional	Muito Importante
	Índice de tratamento de esgotos coletado*	Hexadimensional	Muito Importante
	Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido*	Hexadimensional	Muito Importante
	Qualidade do lodo de esgoto*	Tetradimensional	Importante
	A bacia tem comitê de bacia?	Hexadimensional	Muito Importante
	A bacia hidrográfica tem órgão gestor?	Tridimensional	Importante
	O município participa do comitê de bacia?	Pentadimensional	Muito Importante
	A bacia tem plano de bacia?	Hexadimensional	Importante
	Legislação ambiental municipal	Tetradimensional	Importante
	Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas à população	Pentadimensional	Importante
Proporção de edifícios públicos com tecnologias de economia de água	Pentadimensional	Importante	

Fonte: Elaborado pela autora. Nota: Os indicadores destacados com * (*) apresentam dupla classificação em relação à matriz PEIR.

5.2.1 Classificação PEIR

Os indicadores de pressão a serem utilizados na análise da sustentabilidade do sistema de água e esgoto de Volta Redonda foram assim identificados pois retratam a pressão exercida pelo sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário sobre o corpo hídrico, dos 40 indicadores selecionados, 14 são de pressão.

Os indicadores de pressão são relacionados à capacidade do sistema de prestação de serviços de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário em relação à recursos financeiros, recursos humanos e tecnologia, entre outros (SCHNEIDER et al.,2010).

Os indicadores de pressão podem ser, de uma forma genérica, relacionados às alterações climáticas, fontes pontuais ou difusas de poluição com destaque para o aumento de lançamentos de resíduos orgânicos e nutrientes nos corpos hídricos superficiais (KRISTENSEN, 2004).

É importante enfatizar o monitoramento contínuo da dinâmica da interação urbano-ambiental a longo prazo (perspectiva diacrônica) tendo em vista que alguns indicadores, na perspectiva sincrônica, que são classificados como resposta podem também ser categorizados como pressões. Assim, isto implica que os fatores que em determinado momento pertencem ou influenciam a dimensão das respostas podem ser considerados, em um momento posterior, como parte dos mecanismos de pressão sobre o meio ambiente (PNUMA, 2004).

Em virtude desta perspectiva diacrônica destacam-se os indicadores de Separação de águas pluviais e águas residuais, Índice de tratamento de esgotos coletado e Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido que também foram classificados como indicadores de resposta.

Do 40 selecionados, há 11 indicadores de estado, que apresentam dados da situação atual do sistema e dos recursos. Assim, o estado do meio ambiente é a combinação de condições físicas, químicas e biológicas além de ser determinado por fatores naturais em conjunto com as pressões antrópicas (KRISTENSEN, 2004).

Os indicadores de estado referem-se à qualidade ambiental e o desempenho da infraestrutura existente, ou seja, fornecem um diagnóstico do sistema de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário municipal, de modo a identificar as características da água

distribuída à população, do corpo hídrico, do tratamento de esgoto e do panorama atual em relação à disponibilidade hídrica (SCHNEIDER et al.,2010).

Os indicadores de impacto neste caso são aqueles que representam qualquer mudança ambiental que afeta a saúde humana, a biota e a qualidade do corpo hídrico (VAZ e SILVEIRA, 2014). De acordo com a Resolução CONAMA nº 001 de 1986, considera-se impacto ambiental:

Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Dois indicadores foram classificados como de impactos, esses dados retratam os danos causados ao meio ambiente e à saúde pública em virtude das pressões exercidas (KRISTENSEN, 2004). No caso do sistema de água e esgoto de Volta Redonda, caracterizam os efeitos adversos resultantes da pressão exercida pelo próprio sistema, envolvendo a população e o ecossistema aquático.

A categoria de resposta representa uma parcela de 17 indicadores do total de 40 da listagem e representam as medidas corretivas, ou seja, as ações que, se realizadas, fornecem uma maneira de corrigir e/ou mitigar os impactos causados pelas pressões exercidas pelo sistema de água e esgoto municipal, o PNUMA (2004) exemplifica alguns:

Dentre os tipos existentes, as RESPOSTAS podem ocorrer através de projetos, programas e investimentos referentes aos principais problemas ambientais identificados na cidade (...) como Indicadores de RESPOSTAS. Além dos indicadores selecionados, existem também respostas que atuam de forma integral na questão ambiental, tais como Agenda 21, educação ambiental, legislação, participação da sociedade civil organizada, entre outros. As RESPOSTAS atuam de formas diferentes sobre os vetores de pressão ou sobre o estado do meio ambiente ou impactos gerados nos ecossistemas ou na qualidade de vida.

Podem ser referentes aos valores da água, eficiência no uso da água, estoques gerais dos reservatórios, entre outros, nos indicadores selecionados para Volta Redonda também estão os mecanismos do processo de gestão dos recursos hídricos tais como o plano de bacia, a legislação ambiental municipal e a disponibilização de informações à população (KRISTENSEN, 2004).

As categorias de Impacto (2 IS) e Estado (11 IS) apresentaram as menores parcelas dos indicadores, provavelmente porque representam os resultados das pressões exercidas e, apesar de um diagnóstico da situação também ser importante, quando identificadas as pressões exercidas sobre o meio, prioriza-se as respostas às estas pressões.

As categorias com a maior parte dos indicadores escolhidos foram as de Pressão (14 IS) e Resposta (15 IS), daí nota-se a importância de identificar as pressões causadas e estabelecer ações preventivas, de controle e mitigatórias, a fim de tornar a gestão dos recursos hídricos mais eficaz e sustentável.

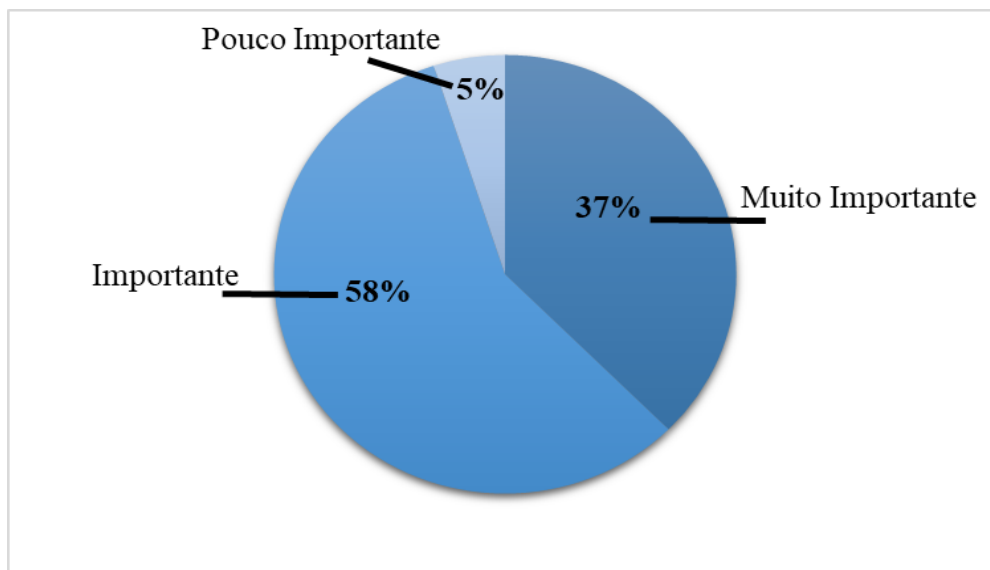
Essa classificação contribui para estabelecer as diferentes nuances da qualidade de uma bacia urbana contribuindo para uma perspectiva integrada da relação causa e efeito que são mais perturbadas pela ação antrópica (VAZ e SILVEIRA, 2014).

Essas considerações permitem observar um cenário onde os indicadores que retratam as pressões exercidas pelo homem sobre o meio e as respostas dadas à essas pressões são priorizadas em detrimento das informações acerca do estado do meio e quais impactos este sofreu.

5.2.2 Dimensionalidades e Importância

Em relação aos resultados acerca do grau de importância, de acordo com a maioria dos especialistas, 15 indicadores foram categorizados como muito importantes enquanto 23 foram classificados como importantes e dois indicadores foram considerados pouco importantes. (Figura 8).

Figura 8 - Gráfico do percentual de Indicadores de Sustentabilidade (IS) atribuído a cada um dos graus de importância.

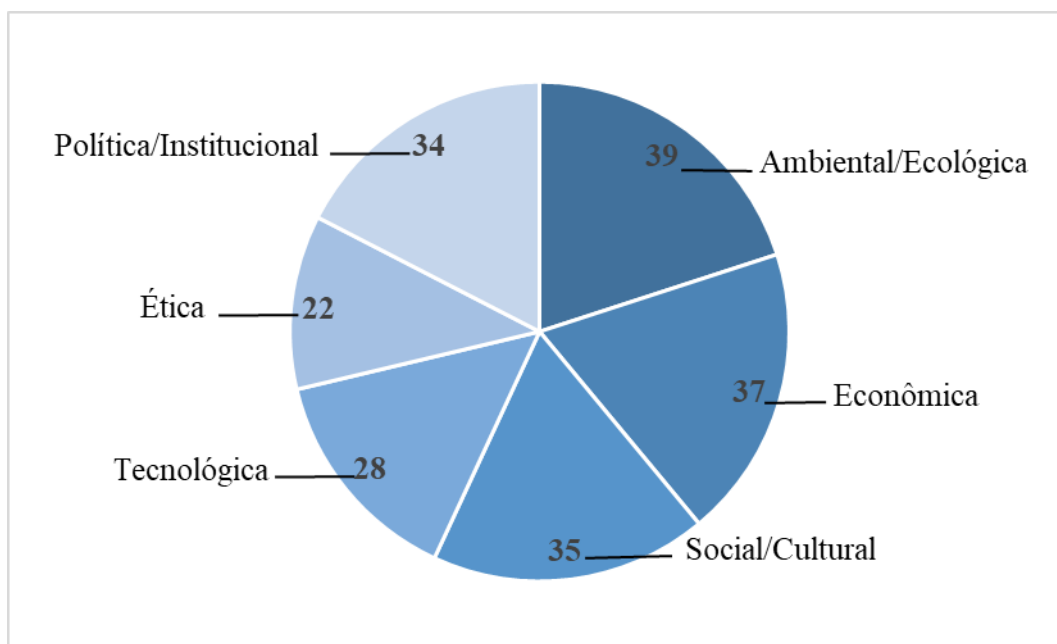


Fonte: Elaborado pela autora.

Embora as opções de grau de importância tenham sido cinco, somente três foram atribuídas aos indicadores sendo os graus Muito Importante, Importante e Pouco Importante. As opções de Irrelevante ou Em dúvida não foram selecionadas pelos especialistas na 2ª rodada da técnica Delphi, o que retrata a influência direta da exibição das respostas da 1ª rodada aos participantes, visto que na 1ª rodada houve indicadores considerados irrelevantes ou especialistas que se declararam em dúvida.

Avaliando individualmente cada dimensão, nota-se que a dimensão com mais indicadores atribuídos foi a Ambiental/Ecológica (39 IS), seguida pelas dimensões Econômica (37 IS), Social/Cultural (35 IS) e Política/Institucional (34 IS). Já as dimensões com menos indicadores atribuídos foram as Tecnológica (28 IS) e a Ética (22 IS) (Figura 9).

Figura 9 - Gráfico das dimensões do Desenvolvimento Sustentável e a quantidade de Indicadores de Sustentabilidade (IS) atribuídos a cada uma delas.



Fonte: Elaborado pela autora.

A maior quantidade de indicadores atribuídos foi justamente das três principais dimensões do Desenvolvimento Sustentável (Ambiental, Social e Econômica), provavelmente devido à popularidade maior destes termos, sendo os mais tradicionais conceitos acerca do tema Sustentabilidade. De forma a englobar as principais dimensões do Desenvolvimento Sustentável é importante que todas elas sejam contempladas (CRUZ e FERRER, 2015; ONU, 2007).

O desenvolvimento sustentável é complexo e multidimensional, por isso que, os diferentes métodos de mensurar o desenvolvimento sustentável exigem dados que sejam capazes de englobar todas as dimensões, oferecendo uma medição abrangente (BLUSZCZ, 2016).

Destaca-se que 92,5% dos indicadores cumpriram a maioria das dimensões, diferentemente do resultado que Pires et al. (2017) obtiveram em sua pesquisa onde apenas 14% dos IS se encaixaram na maioria dos critérios da sustentabilidade, os autores destacam que, assim, os indicadores não fornecem uma perspectiva holística e multidimensional.

A função principal destas ferramentas é fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões que compõem o Desenvolvimento Sustentável da gestão hídrica na sociedade. Por isso, ao avaliar o quão sustentável é um sistema, os indicadores devem

envolver o maior número de dimensões possível a fim de oferecer uma avaliação mais completa da Sustentabilidade, visto que esta é multidimensional, os indicadores devem promover uma visão integrada (CARVALHO, CURI e LIRA, 2013; ONU, 2007; IBGE, 2015).

Enfatiza-se a importância da listagem ter diminuído de 147 para 40 IS através da Técnica Delphi, porque um conjunto menor de indicadores facilita o gerenciamento. O desenvolvimento destes instrumentos é um processo e, por isso, essa lista não está fechada em si e outros indicadores podem ser incluídos em futuros estudos (ONU, 2007; PIRES et al., 2017).

A partir dos dados apresentados anteriormente, os indicadores selecionados apresentaram-se como satisfatórios, abrangendo às diversas dimensões, apresentando sua tendência à sustentabilidade e contribuindo para um diagnóstico mais completo. O fato de nem todos terem contemplado as 6 dimensões não deve ser visto como uma limitação mas como uma característica a ser levada em conta pelos tomadores de decisão (MIRANDA e TEIXEIRA, 2004; PIRES et al., 2017).

5.3 ANÁLISE DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE MULTIDIMENSIONAIS EM VOLTA REDONDA

Embora haja um crescente interesse na mensuração da sustentabilidade, a maior parte dos estudos não desenvolveram indicadores holísticos, isto é, considerando todas dimensões integrando-as entre si, a maior parte das pesquisas avaliaram aspectos econômicos, ambientais e sociais individualmente (MOLINOS-SENANTE, et al.,2016). Assim, em busca de uma avaliação que integre as diversas dimensões, os 13 indicadores considerados multidimensionais foram escolhidos para análise dentro do contexto municipal de Volta Redonda (Tabela 1).

Alguns dados municipais foram encontrados na literatura como em documentos do Comitê da Bacia do Médio Paraíba ou do Instituto Estadual do Ambiental enquanto outros dados foram solicitados ao SAAE-VR ou à Secretaria Municipal de Saúde de Volta Redonda (SMS-VR).

Tabela 1 - Indicadores multidimensionais e os respectivos dados municipais de Volta Redonda.

Desempenho do Sistema quanto à Coleta e Tratamento de esgoto	Indicadores de Sustentabilidade Multidimensionais	Dados municipais (Ano)
	Índice de tratamento de esgotos coletado	18,67% (2017)
	Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido	30-35% (2018b)
	Número de pontos de lançamento de esgoto "in natura" nos corpos d'água	Dados não disponíveis
	% rede sanitária via rio ou lago	75% (2018b)
	% que não dispõe de instalação sanitária	3% (2018b)
Desempenho do Sistema quanto ao Abastecimento Humano	Quantidade de produto químico utilizado no tratamento por 1000m ³ de água tratada	Sulfato de Alumínio: 52kg (2018b) Polímero: 0,04kg (2018b) Geocálcio: 4,2kg (2018b) Cloro: 2,93kg (2018b) Flúor: 3,2lts (2018b)
	Número de casos de doenças de veiculação hídrica/1000 habitantes	0,000036765 (2017/2018)
Desempenho do Sistema quanto ao Estado Qualitativo e Quantitativo da Água	Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos	Maioria dos parâmetros em conformidade (2018b/2018c)
	Vazão do rio para captação	37.922.565,6 m ³ /ano (vazão outorgada) (2017)
	Vazões mínimas com dada duração e dado período de recorrência	Dados não encontrados
	Extração de águas superficiais versus Disponibilidade	2250 l/s <i>versus</i> Boa disponibilidade (2018b/2016)
	Saúde do rio	Precária (2010)
Gestão da Bacia	A bacia tem plano de bacia?	Sim (2018)

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.1 Desempenho do Sistema quanto à Coleta e Tratamento de esgoto

O Código Municipal de Meio Ambiente de Volta Redonda (CMMA-VR, 2008), em seu capítulo VII estabelece:

Art. 99 – Fica vedado o lançamento de esgotos “in natura” a céu aberto ou na rede de águas pluviais, devendo ser exigido pelo Poder Público medidas corretivas.

Art. 100 – Os esgotos sanitários deverão ser coletados, tratados e receber destinação adequada, de forma a se evitar contaminação de qualquer natureza.

Art. 89 – Cabe ao Poder Público a instalação, diretamente ou em regime de concessão ou permissão, de estações de tratamento, elevatórias e rede coletora de esgotos sanitários.

O indicador de esgoto tratado por água consumida mostra qual porcentagem do esgoto é tratada. Quanto maior for essa porcentagem, melhor, pois maior parte esgoto do município é tratada (ITB, 2017), de acordo com o SNIS (BRASIL, 2017), este índice é expresso pela fórmula:

$$\text{Índice de Esgoto Tratado por Água Consumida} = \frac{\text{Volume de Esgoto Tratado}}{\text{Volume Água Consumida} - \text{Volume Água Exportado}}$$

O SNIS (BRASIL, 2017) ainda define os conceitos acima assim:

Volume de Esgoto Tratado: volume anual de esgoto coletado na área de atuação do prestador de serviços e que foi submetido ao tratamento, medido ou estimado na(s) entrada(s) da(s) ETE(s).

Volume de Água Consumida: volume anual de água consumido por todos os usuários.

Volume de Água Exportado: volume anual de água potável, previamente tratada, transferido para outros agentes distribuidores.

Considerando o estabelecido pelo CMMA de Volta Redonda, observa-se que a realidade do município difere do que a legislação determina. Embora o índice de esgoto de tratado em relação à água consumida tenha aumentado de 16,89% (CBHMPS, 2018d) para 35% (2018b), ainda é considerado baixo. De acordo com o SAAE-VR (2018b), a melhora ocorreu devido à nova Elevatória no bairro Conforto que possui uma capacidade de 20 l/s aumentando assim a vazão da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Gil Portugal.

Com base no *Ranking* de Saneamento Básico do Instituto Trata Brasil (ITB, 2017), Volta Redonda foi classificado como um dos melhores municípios considerando o índice de atendimento total de esgoto que é de 98,95% (2017), no entanto, destaca-se que, ao

considerar o índice de esgoto tratado por água consumida, o município ainda apresenta percentuais baixos. Embora os percentuais sejam baixos, o município de Volta Redonda possui 7 ETEs (Quadro 15) (CBHMPS, 2018d).

Quadro 15 - Estações de tratamento de esgoto de Volta Redonda e suas principais características.

ETE	Bairros atendidos	Tratamento
ETE Gil Portugal	Conforto (parte do bairro); Bela Vista; Rústico; Vila Santa Cecília; Sessenta; Siderópolis; Casa de Pedra; Jardim Belvedere; Cidade Nova; Loteamento Mata Atlântica; Jardim Tiradentes; Jardim Esperança; Jardim Vila Rica; Monte Castelo (parte do bairro); Laranjal	Terciário
ETE Padre Josimo	Jardim Padre Josimo (parte do bairro)	Secundário
ETE Ronaldo Gonçalves	Santa Cruz II (parte do bairro); Santa Cruz	Secundário
ETE Volta Grande IV	Volta Grande IV	Secundário
ETE Eng. Silvino Streva	Roma I e II; Condado do Ipê; Parques das Garças; Nova Roma; Nova Roma II.	Secundário
ETE Vila Rica I	Vila Rica.	Secundário
ETE Parque Do Contorno	Loteamento Parque do Contorno	Secundário

Fonte: Adaptado de CBHMPS, 2018d.

A partir dos dados apresentados acima, sabe-se que a maioria das ETES municipais compreendem até o tratamento secundário que visa remover a matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes como Nitrogênio e Fósforo por meio das ações de microrganismos aeróbios e anaeróbios, enquanto a ETE Gil Portugal é a única que apresenta o tratamento terciário que visa remover poluentes específicos tais como metais pesados, patógenos, entre outros (CORNELLI et al., 2014).

Mesmo com 7 ETES municipais, considerando o *Ranking* do ITB, dos 100 municípios analisados, 21 cidades apresentaram índices de tratamento abaixo de 20%, incluindo Volta Redonda, que apresentou um percentual de 18,67% do esgoto tratado. Assim, considerando os níveis de cobertura, é o tratamento de esgoto que está mais longe da universalização nos municípios da amostra, se mostrando o principal gargalo a ser superado (ITB, 2017).

Enfatiza-se que o lodo das ETES municipais é tratado e aproveitado como substrato para produção de flores, espécies arbóreas florestais nativas, frutíferas e medicinais. Alguns projetos em parceria com a Secretaria Municipal de Serviços Públicos recebem essas mudas para os jardins municipais. No entanto, é importante destacar que o lodo da Estação de Tratamento de Água Belmonte é descartado no rio Paraíba do Sul (GURGEL-JÚNIOR, 2016).

Um dos principais usos da água da bacia é a diluição de esgotos, que é uma das principais fontes de poluição do rio Paraíba do Sul, apresentando estado de degradação preocupante, especialmente nos trechos que cruzam ou tangenciam áreas urbanas (ANA, 2016), como é o caso de Volta Redonda que coleta praticamente todo o esgoto gerado deixando apenas 3% da população sem rede sanitária mas que lança “*in natura*” no rio aproximadamente 65% do esgoto coletado em relação ao volume de água consumido (SAAE-VR, 2018b).

O maior vetor de contaminação do rio Paraíba do Sul é, atualmente, o lançamento de esgotos domésticos “*in natura*” no corpo hídrico, em relação à bacia do Médio Paraíba do Sul. Os problemas de poluição orgânica também são alarmantes já que a população da bacia já soma mais de 1 milhão de habitantes (COELHO, 2012; CEIVAP, 2016). O despejo de efluentes domésticos “*in natura*” nos corpos hídricos causa diversos impactos ambientais tais como a poluição hídrica, que afeta a qualidade da água, as diversas doenças de veiculação hídrica e a degradação de ecossistemas.

Além destes problemas, ainda existem os denominados contaminantes emergentes que se caracterizam por serem substâncias potencialmente tóxicas das quais ainda não se conhecem os efeitos. Não estando incluídos na legislação, essas substâncias tais como produtos químicos perigosos, metais tóxicos e bio-resíduos são oriundas de despejo de efluentes, incluindo produtos farmacêuticos, alimentos e processamento de metais (DHARUPANEEDI et al., 2019).

Ademais, Silva e colaboradores (2016) realizaram uma pesquisa, a fim de identificar a presença de contaminantes emergentes em resíduos sanitários bruto e tratado na entrada e na saída dos efluentes em quatro ETE's, e identificaram quinze contaminantes, dentre eles a progesterona e o etinilestradiol. A presença destes hormônios se justifica pelo uso de anticoncepcionais, no caso do etinilestradiol e pela excreção natural da progesterona pelas mulheres, principalmente, no período menstrual. É importante destacar que muitas das substâncias detectadas na entrada das ETE's permaneceram na saída das estações, demonstrando a ineficiência do tratamento empregado na sua degradação.

Estes contaminantes não podem ser removidos por processos convencionais de tratamento de água e esgoto, o que traz um novo desafio e uma nova preocupação em relação à busca de novas tecnologias para solucionar essa questão (TEODOSIU et al., 2018).

Então a problemática da ausência de tratamento de esgoto no município de Volta Redonda vai além dos impactos causados pelo despejo do efluente “*in natura*” no corpo hídrico abrangendo também uma questão muito recente que atinge o sistema de saneamento mundial: o lançamento de contaminantes que ainda não se sabe como tratar tampouco seus efeitos no ambiente e na saúde humana.

5.3.2 Desempenho do Sistema quanto ao Abastecimento Humano

5.3.2.1 Quantidade de produto químico utilizado no tratamento por 1000m³ de água tratada

5.3.2.1.1 *Sulfato de Alumínio*

O sulfato de alumínio é um coagulante adicionado à água logo após sua captação, após a adição do produto ocorre uma agitação da água que causa uma desestabilização elétrica das partículas facilitando a agregação entre si. A esta fase do processo dá-se o nome de coagulação (SAAE-VR, 2018a).

O objetivo de substâncias coagulantes é realizar a formação de agregados maiores e mais densos a fim de facilitar sua remoção nas próximas fases do processo de tratamento. Devem ser eficientes na produção de cátions para promover a desestabilização das partículas do meio através da neutralização/redução de cargas (LEE, ROBINSON e CHONG, 2014; LIMA JÚNIOR e ABREU,2018).

O sulfato de alumínio é corrosivo em relação à sua mobilidade e se mantém no meio por alguns dias, não é biodegradável, se acumula no solo em sua forma insolúvel e em organismos vivos na forma de íon, em água pode ocasionar mudança brusca de pH além de ter facilidade para dissolução em água podendo alterar características físico-químicas (AM QUÍMICA, 2011; QUÍMICA CREDIE, 2016; QUIMIDROL, 2007; USIQUIMICA, 2009), a Ficha de Informação e Segurança de Produto Química (FISPQ) da Quimidrol (2007) ainda destaca que:

Os rios contaminados por volume considerável de sulfato de alumínio, além de ter seus aspectos físicos e químicos alterados, podem apresentar mortalidade de peixes, o sulfato de alumínio atua no rio como clarificador retirando algas e filamentos das pedras e provocando a mortalidade de diversos microrganismos necessários ao metabolismo genético da fauna.

A problemática do uso deste tipo de coagulante é que são baseados em polímeros sintéticos orgânicos solúveis em água, que, na maioria das vezes, são derivados de matérias-primas não renováveis (LIMA JÚNIOR e ABREU,2018).

Existem diversas pesquisas que apontam uma relação entre o alumínio e casos de doenças neurodegenerativas indicando uma neurotoxicidade crônica do alumínio sobre o sistema nervoso humano, doenças como Alzheimer, Parkinson, encefalopatias e distúrbios neurológicos podem estar relacionadas à exposição humana à este metal, inclusive na água, por exemplo, Rondeau et al. (2008) acompanharam, por 15 anos, pessoas que foram expostas a $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ de alumínio na água para consumo e a conclusão foi a relação direta entre o consumo desta água tratada e a ocorrência de doenças de redução cognitiva e demência (BANKS et al. 2006; POLIZZI et al. 2002; WALTON, 2013).

Há também uma preocupação com os impactos ambientais gerados pela utilização destes coagulantes considerando que seus resíduos são ricos em hidróxidos metálicos não biodegradáveis, o lodo gerado nas estações de tratamento apresenta riscos ecotoxicológicos devido às altas concentrações de substâncias orgânicas e inorgânicas necessitando de uma disposição final correta (LIMA JÚNIOR e ABREU,2018).

Destaca-se a revisão realizada por Lima Júnior e Abreu (2018) onde apresenta-se o conceito de biocoagulantes, nova opção sustentável para substituir substâncias sintéticas e não biodegradáveis, emergindo como uma proposta promissora no setor de saneamento, como exemplos tem-se a *Moringa oleífera* e as *Prosopis juliflora* e *Cactus latifaria*. Os autores ainda enfatizam as vantagens destas substâncias em virtudes de suas características:

Destacam-se por serem solúveis em água e efetivos numa ampla faixa de pH, produzem menores volumes de lodo biodegradável e de baixo impacto ambiental, não são corrosivos e são constituídos em sua maioria por polímeros e proteínas vegetais de baixa toxicidade. Quando bem explorados, esses agentes multifuncionais podem permitir a redução do custo operacional do tratamento de água e expandir o acesso a esse recurso, tornando-o de fato universal. As diversas possibilidades de aplicação dos biocoagulantes (tratamento de águas superficiais, subterrâneas e residuais) refletem a importância dos produtos naturais ao redor do mundo. Constituem-se como uma opção sustentável para o desenvolvimento de processos químicos que vão ao encontro dos princípios da química verde.

Assim, essa realidade vale também para o município de Volta Redonda, mas para mudar esse cenário, são necessárias mais pesquisas motivadas pela busca de biocoagulantes economicamente viáveis, que despertem o interesse dos serviços de saneamento e que contribuam para a redução do impacto ambiental causada pelo processo de tratamento de água e promovam a sustentabilidade dentro do sistema de saneamento municipal.

5.3.2.1.2 Polímero

Os polímeros são amplamente utilizados no tratamento de água e efluentes, pois são capazes de remover grande parte da matéria orgânica sólida por meio da coagulação ou floculação (MANCHESTER, 2018).

O polímero utilizado como auxiliar no processo de coagulação na Estação de Tratamento de Água (ETA) Belmonte é o FLOPAM EM 230 PWG e, de acordo com sua FISPQ (SNF, 2018), é caracterizado como um líquido viscoso, leitoso, que apresenta toxicidade aguda em peixes, invertebrados e algas. Além disso, não se espera bioacumulação do produto e é lentamente biodegradável.

Embora o FLOPAM EM 230 PWG seja tóxico em determinadas concentrações, a quantidade utilizada na ETA Belmonte é mínima. Ademais, não foram encontrados na literatura potenciais impactos deste coagulante no meio ambiente através de seu no tratamento de água.

5.3.2.1.3 *Hidróxido de Cálcio*

O hidróxido de cálcio é utilizado para a correção de pH da água. Sua ecotoxicidade é considerada aguda com efeito prejudicial aos organismos aquáticos, não é uma substância carcinogênica e não possui solubilidade em água. Além disso, não se bioacumula em organismos (SAAE VR, 2018a; LABSYNTH, 2009; QUÍMICA CREDIE, 2016; ANIDROL, 2014).

A correção de pH influencia no processo de floculação e é realizada com agentes alcalinizantes. A mensuração da alcalinidade é essencial no processo de tratamento hídrico porque é seu resultado que determinará as quantidades dos produtos químicos a serem utilizados (BRASIL, 2006).

Sendo assim, é importante medir o pH da água bruta para que ajustá-lo a fim de promover a reação entre o íon hidroxila com o cátion alumínio, proveniente do sulfato de alumínio. No geral, as águas superficiais apresentam uma alcalinidade natural suficiente para reagir com o sulfato de alumínio, porém, existem casos de alcalinidade baixa ou nula onde é necessário a correção do pH com alcalinizantes ou, em caso de alcalinidade alta, é necessária a acidificação da água até um teor que torne possível a reação com o coagulante (BRASIL, 2014b; BRASIL, 2006).

Embora a ecotoxicidade do hidróxido tenha sido considerada aguda em algumas FIPSQs, não foram encontrados, na literatura, potenciais impactos do alcalinizante no meio ambiente através de seu uso tratamento de água.

5.3.2.1.4 *Cloro*

As substâncias desinfectantes utilizadas predominantemente no tratamento da água são o cloro e seus derivados, o cloro é utilizado na etapa de desinfecção devido à sua capacidade de destruir ou inativar organismos patógenos, como vírus e bactérias (RODRÍGUEZ et al., 2007; TOMINAGA e MIDIO, 1999; SAAE VR, 2018a).

De acordo com algumas FIPSQs, o cloro não é bioacumulativo, no entanto, também não é biodegradável e é tóxico aos organismos aquáticos sendo esta ecotoxicidade de moderada a intensa (CARBOCLORO, 2006; SASIL, 2008; LINDE, 2016; HIDROMAR, 2016).

Porém, a problemática da utilização do cloro como desinfectante é que, ao reagir com a matéria orgânica natural (MON) presente na água gera os chamados subprodutos da cloração, compostos organoclorados potencialmente prejudiciais à saúde, entre os quais a legislação brasileira destaca os trialometanos (THM). Os quatro principais THMs são o clorofórmio, o bromodiclorometano, o dibromoclorometano e bromofórmio. (RODRÍGUEZ et al., 2007; BRASIL, 2007).

Vale ressaltar que os THMs são cancerígenos e podem indicar a presença de outros organoclorados tais como clorofenóis e ácido acético clorado, substâncias essas que podem ser mais perigosos que os THMs. Os THMs são apenas alguns dos subprodutos da cloração existentes e o seu controle na água de abastecimento público pode auxiliar na redução de níveis de outros subprodutos, como ácidos haloacético (MÂCEDO e BARRA, 2002; PAIXÃO, SILVA e ANDREOLA, 2015).

Existem desinfetantes alternativos ao uso do cloro como a cloramina e o ozônio mas que também geram subprodutos. O uso da cloramina por exemplo sub-produz nitratos e nitritos e o uso do ozônio gera bromatos de aldeído, peróxidos e outros. Então, o cloro é mais viável economicamente ainda sendo o desinfetante que oferece mais vantagens quando comparados aos demais (RODRÍGUEZ et al., 2007).

Para Sanches, Silva e Vieira (2003), independente do desinfetante alternativo a ser utilizado é importante garantir sua eficiência na remoção de patógenos, que apresente custos razoáveis e que não produza compostos secundários que afetem à saúde humana. Para Rodríguez et al. (2007), por sua vez, cabe aos responsáveis pelo tratamento de água encontrar o equilíbrio entre uma oferta de água potável livre de organismos patógenos e, simultaneamente, reduzir a geração de subprodutos da cloração.

Outrossim, existem estratégias de tratamentos dos THMs como a aeração e o carvão ativo em pó, sendo a primeira menos viável economicamente em virtude dos custos dos aeradores e da manutenção do equipamento. No entanto, os resultados com carvão ativo em pó variaram de uma remoção pobre a muito boa de acordo com o teor de MON existente na água, além disso, destaca-se a remoção de MON antes da etapa de cloração, impedindo que reajam entre si durante a desinfecção (SANCHES, SILVA e VIEIRA, 2003).

O caso do uso do cloro no tratamento da água no município de Volta Redonda encaixa-se na problemática dos demais sistemas de abastecimento brasileiros, que não substituíram o cloro por outra substância já que é o mais viável economicamente e que os demais também geram subprodutos, porém, recomenda-se uma maior atenção às estratégias

de redução da geração de THMs e outros subprodutos através das técnicas encontradas na literatura tais como as propostas por Sanches, Silva e Vieira (2003).

5.3.2.1.5 *Flúor*

A cárie dentária é uma doença infecciosa que atinge a maior parte da população de países em desenvolvimento, principalmente crianças, a principal forma de prevenção é a fluoretação durante o processo de tratamento da água para consumo, uma vez que o flúor diminui a ocorrência de cáries dentárias. No Brasil, a problemática da cárie ganhou atenção a partir do Programa Brasil Sorridente promovido pelo Governo Federal em 2004, quando entrou em vigor a Política Nacional de Saúde Bucal que tem como uma de seus norteadores a fluoretação das águas (BRASIL, 2004; MOIMAZ et al., 2010; YÉVENES et al., 2011).

Embora a fluoretação possua amplas vantagens à saúde pública, sofre oposição de alguns grupos que argumentam diversos aspectos, destacando-se os questionamentos acerca da eficiência do método e os possíveis riscos à saúde. No entanto, o processo de fluoretação da água é uma ação de alta eficiência de custo relativamente baixo e com grande benefício social pois contribui efetivamente para a melhora da qualidade de vida (MOIMAZ et al., 2010).

O flúor é tóxico em determinadas concentrações podendo até mesmo ocasionar a morte, mas no caso da flúor adicionado à água de abastecimento público, os níveis recomendados são muito baixos, o que não expõe à população a nenhum de seus efeitos tóxicos (GARBIN et al., 2017).

Entretanto, o que é necessário ser destacado em relação à fluoretação é o monitoramento da concentração de flúor nas águas de abastecimento público, já que altas doses de flúor ingeridas por um longo prazo podem caracterizar intoxicação crônica, causando fluoroses dentárias ou, em casos mais extremos, doenças ósseas como a osteosclerose e, em quantidades pequenas podem não gerar resultados eficientes na prevenção da cárie (YÉVENES et al., 2011; GARBIN et al., 2017).

Cabe destacar que diversos estudos foram realizados a fim de verificar a influência da concentração de flúor na água de abastecimento na ocorrência de cáries e fluorose, onde Moimaz et al. (2010) realizaram uma análise comparativa de casos de cáries e fluorose entre municípios com e sem fluoretação no estado de São Paulo. Os autores concluíram que o processo de fluoretação de água foi associada à prevalência de fluorose, porém, também

houve casos de fluorose nos municípios sem fluoretação, possivelmente, por conta de ingestão de flúor de outras fontes.

Outro estudo em relação foi realizado por Brito et al. (2016), que verificaram concentrações inconstantes de flúor no processo de tratamento, em desacordo com a legislação, e as associaram à alta prevalência de cáries no município de Passo Fundo - RS. Em relação à eficiência da fluoretação, Yévenes et al. (2011) realizaram esta pesquisa na Região Metropolitana de Santiago no Chile, onde, após 8 anos do início da fluoretação da água, encontraram 100% das crianças sem histórico de cárie enquanto houve aumento de fluorose, porém, em graus mais leves.

Contudo, vale destacar que nem sempre a água fluoretada é a responsável para casos de fluorose dentárias ou pela redução da ocorrência de cárie tendo em vista que variabilidade na alimentação e altas concentrações de fluoreto no ar podem implicar em maiores exposições ao íon (KALAMATIANOS e NARVAI, 2006; GARBIN et al., 2017).

Assim, no caso de Volta Redonda, enfatiza-se a necessidade de manter as concentrações de flúor dentro dos parâmetros exigidos pela legislação e em níveis constantes afim de reduzir os casos de cáries dentárias e não ocasionar prevalência de fluorose dentária. É importante existir um controle da qualidade da fluoretação na ETA pois a heterogeneidade dos teores de flúor na água além de causar risco aumentados à fluorose também podem sugerir que uma parte da população não está recebendo os benefícios da fluoretação (OLIVATI, 2011).

5.3.2.2 Número de casos de doenças de veiculação hídrica/1000 habitantes

Os dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde de Volta Redonda (SMS - VR) são dos anos de 2017 e de 2018 (Tabela 2) e referem-se aos casos das seguintes doenças de veiculação hídrica: Amebíase; Giardíase; Gastroenterite; Febres tifóide e paratifoide; Hepatites infecciosas (A e E); Cólera e Verminoses (Esquistossomose, Ascaridíase, Taeníase, Rotavírus, Doenças diarreicas agudas).

Tabela 2 - Dados municipais acerca do número de casos de doenças de veiculação hídrica em Volta Redonda.

Ano da notificação	Doença	Número de casos
2017	Hepatite A	0
	Esquistossomose	4
	Febre tifóide	0
	Cólera	0
	Rota Vírus	0
2018	Hepatite A	1
	Esquistossomose	5
	Febre tifóide	0
	Cólera	0
	Rota Vírus	0

Fonte: SMS-VR, 2018.

Foram notificados um total de 10 casos de doenças de veiculação hídrica sendo quatro casos de Esquistossomose em 2017, e cinco casos da mesma enfermidade em 2018, ainda em 2018 um caso de Hepatite A foi registrado. Não houve registro de casos de Febre tifóide, Cólera e Rota Vírus tratados no município no período demonstrado.

As demais doenças solicitadas à SMS-VR não possuem notificação compulsória no Sistema de Informação de Agravo de Notificação, portanto, não há dados de notificação. Assim, somando todos os casos registrados em 2017 e 2018 são, no total, 10 casos de doenças de veiculação hídrica. O cálculo realizado para chegar ao resultados deste indicador foi:

$$\frac{10 \text{ casos de doenças de veiculação hídrica}}{271.998 \text{ habitantes}} = 0,0000367650$$

Nota: População estimada para 2018 pelo IBGE.

Assim, o número de casos de doenças de veiculação hídrica em Volta Redonda apresenta-se baixo nos últimos dois anos, o que pode ser explicado pelo alto índice de atendimento total de água potável (99%). As análises fornecidas pelo SAAE em relação à qualidade da água no ano de 2017 demonstraram que todas as amostras estavam em conformidade com as normas de potabilidade (Tabela 3) (SAAE-VR, 2018c).

Tabela 3 - Parâmetros da água distribuída - Ano 2017.

Mês	pH	Turbidez	Cor	Flúor	Coli. Fecal	Coli. Total	Nº de Amostras em conformidade com a norma de qualidade
01/17	6.24	0.99	<5	0.50	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
02/17	6.40	1.30	5.0	0.54	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
03/17	6.22	1.00	5.0	0.55	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
04/17	6.32	1.20	5.0	0.55	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
05/17	6.46	0.80	5.0	0.50	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
06/17	6.80	0.90	<5	0.40	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
07/17	6.42	0.93	<5	0.47	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
08/17	6.20	0.86	<5	0.42	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
09/17	6.55	0.90	<5	0.50	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
10/17	6.61	0.76	<5	0.60	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
11/17	6.51	0.77	<5	0.60	AUSENTE	AUSENTE	TODAS
12/17	6.49	0.87	5.0	0.70	AUSENTE	AUSENTE	TODAS

Fonte: Adaptado de SAAE-VR, 2018c.

Assim, por fornecer uma água potável dentro dos padrões exigidos pelas normas para praticamente toda a sua população, Volta Redonda não apresenta grandes problemas com doenças de veiculação hídrica que são associadas à ingestão de água contaminada por organismos patogênicos (FILHO, MORAIS e SILVA, 2013).

Embora a realidade em relação ao abastecimento de água de qualidade seja satisfatória em Volta Redonda, a situação não é igual em todo o Brasil, a realidade no restante do país é diferente já que o fornecimento da água é feito de maneira muito desigual. As populações que consomem água fornecida sem tratamento podem ser consideradas expostas ou vulneráveis, visto que as doenças de veiculação hídrica estão relacionadas às condições de saneamento básico, tais como o não-tratamento da água (BRASIL, 2015; PAIVA e SOUZA, 2018; FILHO, MORAIS e SILVA, 2013).

5.3.3 Desempenho do Sistema quanto ao Estado Qualitativo e Quantitativo da Água

5.3.3.1 Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 1997), o enquadramento dos corpos hídricos em classes tem o objetivo de assegurar às águas qualidade compatível com seus principais usos além de reduzir os gastos com ações de combate à poluição mediante ações preventivas. A Portaria nº 86 do Ministério do Interior (BRASIL, 1981) enquadra o rio Paraíba do Sul, no trecho da barragem de Santa Branca até Campos, na classe 2, que é caracterizada pela Resolução CONAMA 357/2005:

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 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.

De acordo com o SAAE-VR (2018b), as amostras de água bruta encontram-se em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para a classe 2 de águas doces.

Cabe evidenciar o Relatório de Qualidade da Água 2017 que avalia que a maioria dos parâmetros analisados enquadraram-se nos valores estabelecidas para as Classes 2 da Resolução CONAMA 357/05, destacando que, no geral, a água apresenta condições de ser distribuída à população desde que passe por tratamento (SAAE-VR, 2018c).

É importante enfatizar que, de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005), define-se a classe de qualidade do corpo hídrico de acordo com metas progressivas e finais, a serem alcançadas, baseando-se não necessariamente no estado atual dos corpos d'água, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

Neste sentido, a Resolução trouxe uma grande evolução porque dá início a um planejamento progressivo da bacia através de metas progressivas e finais compatíveis e em coerência com a ação institucional, tecnológica e de acordo com a disponibilidade de recursos (DINIZ et al., 2006).

Assim, não foram observadas desconformidades da água bruta em relação às normas de enquadramento do corpo hídrico. Porém, é importante considerar as críticas ao

atual modelo de enquadramento brasileiro dentre elas a proposta da metodologia Diretiva Quadro da Água, utilizada pela União Europeia, como alternativa para uma gestão hídrica com ênfase nos ecossistemas aquáticos, essa metodologia abrange características geológicas, hidrológicas, químicas e biológicas ao estabelecer os critérios ecológicos avaliando a qualidade do estado ecológico daquele corpo hídrico (SILVA, MARIANI e POMPÊO, 2015).

Além disso, de acordo com Diniz et al. (2006), a maioria dos rios ainda não foi submetida ao processo de enquadramento, tendo sido enquadrados em classe 2 sem que fossem feitos estudos mais aprofundados, os autores ainda criticam:

(...) não existem diretrizes para a seleção desses parâmetros e para o seu monitoramento, que podem variar em função da data em que este for realizado, da vazão e dos pontos de amostra. Também não existe previsão de possíveis frequências de violação dos parâmetros a serem monitorados. A frequência de violação varia de acordo com os parâmetros e é fundamental para a gestão. Em casos extremos, por exemplo, uma amostra que dê um resultado incompatível pode alterar toda a classificação do corpo hídrico ainda que a maioria das amostras esteja de acordo com a classe.

5.3.3.2 Saúde do rio

Segundo Coelho (2012), é possível avaliar a qualidade ambiental de um corpo hídrico através da saúde dos organismos aquáticos que o habitam (fitoplâncton, zooplâncton, bentos e peixes) pois a biota traz em suas características os efeitos acumulados da degradação daquele ambiente.

Desde a década de 1980, alguns órgãos ambientais têm realizado estudos sobre os impactos à fauna do rio Paraíba do Sul. A FEEMA em 1981, realizou um estudo sobre a bioacumulação de metais pesados no trecho Funil/Santa Cecília em quatro espécies de peixe, onde foram encontrados altos níveis significativos de mercúrio, cobre e níquel no reservatório do Funil (COELHO, 2012).

Em 2010, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2010) realizou um estudo acerca da avaliação ambiental no trecho Funil/Santa Cecília e apresenou as espécies ameaçadas de extinção e/ou raras no rio Paraíba do Sul como *Brycon insignis*, *Cyphocharax gilbert*, *Pachyurus adspersus*, *Pogonopoma parahybae*, *Prochilodus vimboides*, *Rinelepis aspera*, *Steindachneridion parahybae*. Além dessas, algumas espécies sofreram reduções

drásticas nos trechos de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre tais como *Astyanax giton*, *Hypostomus affinis*, *Hypostomus luetkeni*, *Leporinus copelandii*.

Vale ressaltar que, entre 1980 e 1983, constatou-se uma incidência acima de 70% de deformidades em peixes cascudos, tais como tumores externos e em órgãos internos, no trecho do rio entre Volta Redonda e Santa Cecília. Porém, em parceria com o Museu Nacional, a CSN apresentou em 2003 um estudo onde apontava a diminuição do número de peixes com deformidade no trecho à jusante da UPV/CSN. Este resultado provavelmente possuiu relação direta à inauguração da nova estação de tratamento biológico da unidade no ano de 2000 (COELHO, 2012).

Em relação à bioacumulação de mercúrio e metilmercúrio, constatou-se que, em eventos climáticos extremos, como a seca que ocorreu em 2014 na bacia, as concentrações desses contaminantes aumentaram na maioria das espécies de peixes estudadas (AZEVEDO et al., 2018). Ainda destaca-se que, o Índice de Integridade Biótica de Peixes no trecho de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre são classificados como “regular” ou “ruim” (Figura 10) (INEA, 2010).

Figura 10 - Critérios para interpretação do índice de integridade biótica de peixes (IIBP) do rio Paraíba do Sul, Trecho Funil – Santa Cecília.

IIBP	Classes de integridade (Status de qualidade ambiental)	Características
45-50	Ótima	Condição excelente da ictiofauna
37-44	Boa	Decréscimo na riqueza das espécies, especialmente espécies intolerantes e migratórias.
29-36	Regular	Redução de espécies intolerantes e de migração longa e redução das populações de espécies de migração moderada; Redução de resultados do esforço de pesca e do índice de diversidade de Shannon.
10-28	Ruim	Poucas espécies intolerantes e de migração longa; aumento de peixes tolerantes e oportunistas; aumento de anomalias; redução e desequilíbrio das populações.
<10	Péssima	Presença de pouquíssimas espécies tolerantes ou ausência.

Fonte: INEA, 2010.

O intenso desenvolvimento populacional e industrial, a construção de barragens e as dragagens do leito do rio afetaram a fauna ictiológica do rio Paraíba, degradando suas áreas de refúgio, de reprodução e alimentação. Ainda assim, em relação à qualidade da água, o rio Paraíba do Sul vem apresentando boas condições principalmente devido à sua capacidade de autodepuração (COELHO, 2012).

Quanto à qualidade da água, os coliformes, compostos fosfatados e demanda bioquímica de oxigênio apresentam os maiores níveis devido à poluição orgânica. O alumínio, os fenóis, mercúrio, chumbo e cádmio também apresentaram concentrações elevadas, superiores aos níveis estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. Os coliformes apresentam-se como o parâmetro que compromete a qualidade hídrica em praticamente todas as estações assim como o alumínio, que apresentou violações significativas às normas em algumas estações e que, nas outras teve níveis próximos ao limite do enquadramento. Até mesmo em trechos onde a qualidade da água é ótima, o alumínio encontrava-se em altas concentrações, o que poderia indicar uma característica natural da bacia (CEIVAP, 2006b).

Assim, mesmo com a alta carga de poluição que recebe desde o seu início em São Paulo, um estudo constatou que o rio Paraíba do Sul não chega com uma carga poluente tão intensa em sua foz devido à sua capacidade de autodepuração biológica, química e física, além do processo de diluição causado pelo aporte de água de seus afluentes. Porém, embora este seja um resultado positivo, ainda existe uma necessidade de minimizar os impactos causados pela poluição aumentando o índice de tratamento de esgoto da bacia (NUNES et al., 2014).

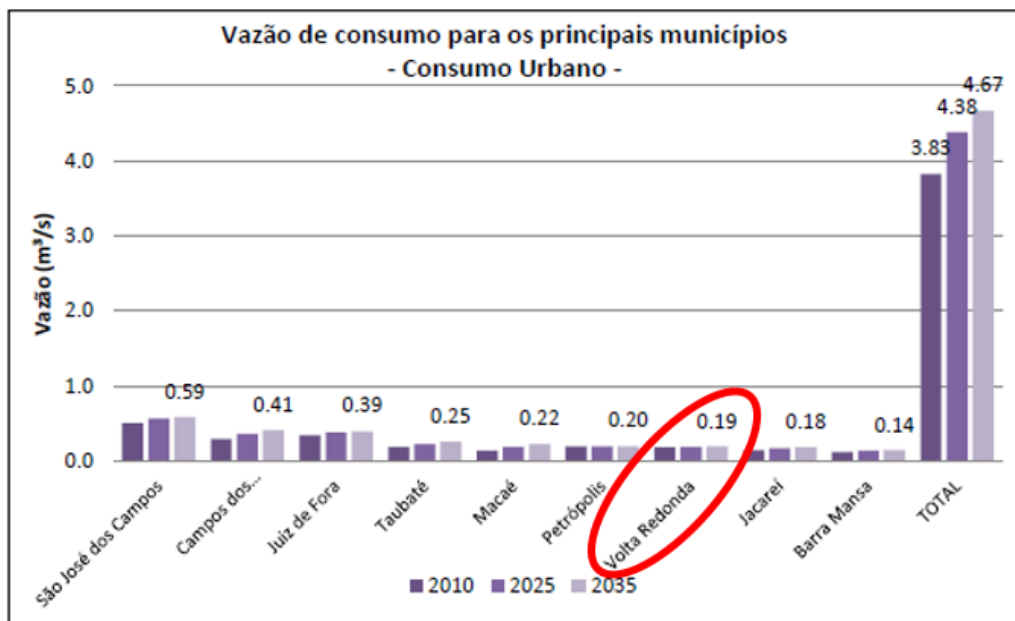
Mesmo assim, consideram-se as condições sanitárias do rio Paraíba do Sul como precárias porque o status de sua qualidade ambiental é ruim. Porém, a qualidade hídrica classifica-se como “aceitável” em virtude de sua autodepuração, o IIBP, que é um indicador considerado excelente enquanto ferramenta de status da qualidade ambiental hídrica confirma a prevalência desta situação em diversos trechos de amostragem da bacia. Ressalta-se que a bacia do rio Paraíba do Sul apresentou-se descaracterizada significativamente, devido à devastação quase total de sua cobertura vegetal assim como por conta da expansão urbano-industrial e a construção de barragens (INEA, 2010).

5.3.3.3 Extração de águas superficiais *versus* Disponibilidade e Vazão do rio para captação

A gestão eficiente dos recursos hídricos deve apresentar, entre outras informações, a disponibilidade dos mananciais para os diversos usos hídricos e confrontar a demanda *versus* disponibilidade. A Região Hidrográfica III, Médio Paraíba do Sul, apresentou altos valores de consumo atual *versus* disponibilidade (INEA, 2014b).

O município de Volta Redonda apresentou um dos maiores consumos da bacia em 2010, a vazão de consumo urbano foi de 0,18 m³/s. No entanto, a projeção para anos futuros (2025-2035) praticamente se manteve com uma vazão de 0,19 m³/s em ambos os cenários projetados (Figura 11) (CEIVAP, 2013).

Figura 11 - Gráfico da vazão de consumo para os principais municípios da bacia para consumo urbano de 2010 e estimada para 2025 e 2035.



Fonte: CEIVAP, 2013.

Em relação ao consumo geral, Volta Redonda apresenta demandas significativas juntamente com o município de Resende no Médio Paraíba com destaque para a CSN que possui outorga de 15 m³/s mas utiliza atualmente 4,7 m³/s. A indústria é o principal consumidor da água do Paraíba do Sul no Médio Paraíba, com aproximadamente 7,051 m³/s (63%) enquanto o abastecimento apresenta 2,804 m³/s (25%) (CEIVAP, 2016).

É importante considerar que a área de abrangência do Médio Paraíba do Sul além de atender as necessidades da bacia também possui a demanda da transposição para o rio Guandu, responsável pelo abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro. Assim, a bacia do Médio Paraíba do Sul, em um horizonte de 2033 apresenta um consumo de 6,57 m³/s com um saldo hídrico de 139,92 m³/s. A disponibilidade hídrica do Médio Paraíba do Sul foi avaliada qualitativamente, não havendo um valor numérico mas sim uma

classificação qualitativa tendo sido considerada com boa disponibilidade hídrica para o futuro, porém, insuficiente para atender a transposição para o rio Guandu (CEIVAP, 2016).

Embora a bacia do Médio Paraíba do Sul necessite de maior atenção em sua disponibilidade por conta da transposição para o rio Guandu, o município de Volta Redonda apresenta uma produção suficiente até o ano de 2030 (Tabela 4) (INEA, 2014b).

Tabela 4 - Dados sobre demandas hídricas (2010 e 2030) e mananciais utilizados pelo sistema de abastecimento urbano de Volta Redonda.

RH	Sedes municipais	Demanda (2010) L/s	Demanda (2030) L/s	Mananciais utilizados e vazão aduzida dos atuais sistemas	Necessidade de ampliação	Mananciais alternativos
III	Volta Redonda	1.412,04	1.485,66	Rio Paraíba do Sul - 2.000 L/s	Produção suficiente até 2030	

Fonte: Adaptado de INEA, 2014c.

No entanto, observa-se uma diferença entre a demanda estimada para 2030 e os dados de captação fornecidos pelo SAAE-VR em 2018. Atualmente, tal órgão capta aproximadamente 2250 L/s, ou seja, capta uma vazão maior que a sua demanda, retratando uma realidade de disponibilidade satisfatória. Porém, é fundamental considerar a existência de altos índices de perdas hídricas no processo, ou seja, nem toda a água captada é distribuída (SAAE-VR, 2018b; CBHMPS, 2018d).

Ainda assim, destaca-se a ausência de mananciais alternativos para o município de Volta Redonda em casos de problemas com a disponibilidade do rio Paraíba do Sul, então, nota-se a necessidade de promover um uso racional da água.

Em relação à vazão do rio para captação, é importante esclarecer que o dado deste indicador é a vazão outorgada para o SAAE-VR para a captação da água em 2017, encontrada no cadastro federal dos usuários do rio Paraíba do Sul, que foi de 37.922.565,6 m³/ano (ANA, 2017).

A outorga para a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final é realizada a partir de uma avaliação da disponibilidade hídrica

com análises das vazões de referência mínimas, que são as menores vazões registradas para aquele corpo hídrico em determinado espaço de tempo. A partir destas vazões, calcula-se a vazão de referência e daí, determina-se o percentual máximo a ser alocado entre os diversos usos da bacia (ANA, 2011).

A partir disso, nota-se que o cálculo realizado para determinar a vazão outorgada prevê a segurança hídrica, de modo que, mesmo em vazões mínimas, os usuários ou os usos prioritários mantenham, de certa forma, suas retiradas de água (ANA, 2011). Então, o instrumento da outorga pode funcionar como incentivo ou restrição àquelas atividades que requerem o uso intensivo ou são poluidoras da água. Neste sentido, a outorga exerce uma função essencial na orientação do desenvolvimento regional, considerando a bacia hidrográfica como unidade regional (CONEJO, 1993).

Embora a disponibilidade hídrica da bacia do Médio Paraíba seja considerada boa é importante destacar que o instrumento da outorga funciona eficientemente em períodos de abundância hídrica. Porém, em situações de escassez, é fundamental rever seus termos em virtude dos usos prioritários estabelecidos em lei. No caso do SAAE-VR, o uso para abastecimento público é prioritário em situações de escassez (AMBROSIO, PLACIDO e FORMIGA-JOHNSON, 2017; PNRH, 1997).

5.3.4 Gestão

5.3.4.1 A bacia tem plano de bacia?

Os Planos de Bacias Hidrográficas (PBH's) são um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 3.239/1999), de acordo com a Política eles devem conter:

Art. 13 - Serão elementos constitutivos dos Planos de Bacia Hidrográfica (PBH's):
I - as caracterizações sócio-econômica e ambiental da bacia e da zona estuarina; II - a análise de alternativas do crescimento demográfico, de evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; III - os diagnósticos dos recursos hídricos e dos ecossistemas aquáticos e aquíferos; IV - o cadastro de usuários, inclusive de poços tubulares; V - o diagnóstico institucional dos Municípios e de suas capacidades econômico-financeiras; VI - a avaliação econômico-financeira dos setores de saneamento básico e de resíduos sólidos urbanos; VII - as projeções de demanda e de disponibilidade de água, em distintos cenários de planejamento; VIII - o balanço hídrico global e de cada sub-bacia; IX - os objetivos de qualidade a serem alcançados em horizontes de planejamento não-inferiores aos estabelecidos no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI); X - a análise das alternativas de tratamento de efluentes para atendimento de objetivos de qualidade da água; XI - os programas das intervenções, estruturais ou não, com

estimativas de custo; e XII - os esquemas de financiamentos dos programas referidos no inciso anterior.

O Plano de Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba ainda não foi elaborado, então, o Caderno de Ações – Área de Atuação da Associação de Usuários das Águas do Médio Paraíba do Sul (AMPAS) do Plano de Recursos Hídricos do CEIVAP é o documento orientador para a aplicação de recursos, provenientes da cobrança pelo uso da água (CBHMPS, 2018c).

Assim, a bacia do rio Paraíba do Sul possui um PBH mas a sub-bacia do Médio Paraíba do Sul não possui seu próprio Plano e utiliza o PBH da bacia maior, a qual o Médio Paraíba está incluído. Para delinear suas ações, o PBH do Paraíba do Sul engloba todas as suas sub-bacias incluindo a do Médio Paraíba e possui um Caderno de Ações para cada uma delas. Em cada Caderno há orientações que auxiliam os Comitês e Agências na aplicação dos recursos arrecadados.

O Caderno do Médio Paraíba do Sul é de 2006, neste documento apresentam-se as características dos municípios, tais como dados de uso e ocupação do solo, situação dos sistemas de saneamento básico, usos e demandas hídricas, enquadramento das águas em classes de uso, entre outros.

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2001), os Planos de Bacias têm o objetivo de fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e Gerenciamento de Recursos Hídricos, tomando-se a bacia como unidade ideal de planejamento.

O Plano de Bacia é importante porque é um instrumento de referência para a gestão da água, que delinea e orienta as ações que devem ser consideradas a fim de manter a disponibilidade e qualidade hídricas além de estabelecer ações que visem a proteção e conservação da água (ANA, 2013b).

Os Planos de Bacia podem servir de orientação aos Planos Diretores Municipais, apontando diretrizes de uso e ocupação do solo integrando saneamento, crescimento urbano e outros setores. Assim, os PBH's funcionam como uma ferramenta estratégica de articulação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão urbana (PERES e SILVA, 2013).

5.3.4.1.1 *A relação entre o Plano da Bacia do Médio Paraíba do Sul e o Plano Diretor Participativo de Volta Redonda*

O Plano Diretor Participativo de Volta Redonda (PDPVR, 2008) apresenta-se como uma ferramenta de ordenamento territorial e desenvolvimento urbano sustentável reconhecendo a importância do município no cenário regional e nacional e colocando a cidade à disposição tanto da população local quanto das cidades vizinhas, salientando a proteção e recuperação ambientais como uma de suas missões estratégicas.

O PBH concorda com a importância da interação regional entre os municípios tendo em vista que, para atingir as metas previstas nos planos de ações, não são necessários apenas projetos mas também a participação e o engajamento dos diversos atores envolvidos na gestão da bacia, incluindo os municípios dentro do espaço de discussão, compartilhando da mesma responsabilidade.

Ademais, o denominado Desenvolvimento Urbano Estratégico Sustentável da cidade dar-se-á, dentre outros aspectos, através da universalização do acesso aos serviços de saneamento bem como a proteção, conservação e recuperação do patrimônio natural e construído. O PBH corrobora com esse conceito ao apresentar como um dos seus objetivos principais melhorar a qualidade e a quantidade de água na bacia partindo de processos que visem a proteção dos mananciais e o uso sustentável do solo.

Em relação ao Macrozoneamento municipal destacam-se as Zonas de Preservação Ambiental (ZPA) com o papel de preservar equilíbrio ambiental. São ZPA's a Área de Relevante Interesse Ecológico da Floresta da Cicuta e o Parque Natural Municipal Fazenda Santa Cecília do Ingá. As Zonas de Conservação do Verde (ZCV) são porções territoriais com importância à proteção do patrimônio natural municipal e as Zonas de Ambiência Relevante (ZAR) que caracterizam-se pelas margens e leitos dos rios já urbanizadas merecendo planejamento e ações diferenciadas a fim de proporcionar a recuperação deste elemento ambiental fundamental.

O PBH também aborda as áreas protegidas da bacia, no entanto, reconhece a gestão deficiente das Unidades de Conservação (UC) da bacia retratando dificuldades de pessoal e equipamentos suficientes para tornar a infraestrutura da UC eficiente no combate à queimadas, extração ilegal da flora, entre outros.

O PDPVR também apresenta sua Política Municipal de Meio Ambiente visando dentre outros objetivos, a proteção hídrica e, novamente, a universalização do acesso ao

saneamento básico, para isso, apresenta-se a Seção IV acerca do Saneamento Ambiental onde engloba atividades de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais, coleta e destinação final de resíduos sólidos urbanos, entre outros.

Alguns aspectos abordados no PDPVR também são considerados no Caderno de Ações do Médio Paraíba, como a melhoria no sistema de saneamento prevendo ações como coleta e tratamento de esgoto visando o planejamento de investimentos nos serviços de esgotamento sanitário implementados por empresas e serviços públicos do setor, a previsão de alcance é até 2020, além dos serviços de drenagem urbana para diminuir ocorrência de cheias urbanas bem como o abastecimento hídrico visando a diminuição dos altos índices de perdas dos sistemas da bacia.

A coleta e disposição de resíduos sólidos urbanos também é um aspecto abordado em ambos os Planos, no entanto, o PBH contempla o incentivo ao tratamento de efluentes industriais enquanto o PDPVR não menciona nenhuma ação em relação à essa temática embora estabeleça como diretriz da PMMA controlar os níveis de poluição atmosférica, sonora, do solo e da qualidade hídrica afim de mitigar e combater os níveis elevados.

Em relação ao envolvimento com outros municípios, o PDPVR reconhece, mais diretamente, a importância de se articular com outras cidades somente no Plano de Desenvolvimento Econômico Municipal. Entretanto, é fundamental que se criem estruturas articuladas entre os municípios da bacia afim de integrar ações e políticas públicas sobre a gestão dos recursos hídricos e não somente sobre aspectos econômicos, é necessário que integrem a sociedade civil e seus interesses visando uma gestão territorial efetiva e verdadeiramente integrada (PERES e SILVA, 2013).

Destaca-se a abordagem participativa do PDPVR, corroborando com a denominada gestão participativa apresentada na PNRH (1997) e já implementada nos Comitês de Bacia atualmente. Também é importante lembrar que, atualmente, o Plano Diretor Participativo Municipal passa por uma revisão através da realização de reuniões públicas.

Então, embora o Plano Diretor contemple algumas diretrizes que se conectem com os planos de ações do Plano da Bacia, é importante salientar que o mesmo não abordou a gestão participativa e integrada dos recursos hídricos e nem o conceito de bacia hidrográfica, considera-se que é imprescindível adotar a bacia hidrográfica como unidade ideal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Ambos os Planos devem orientar ações mais específicas e integradas entre si, ou seja, no contexto municipal e também da bacia, as abordagens relacionadas à água no Plano

Diretor, por exemplo, apenas apontam condutas gerais para a proteção dos mananciais, das áreas marginais ao corpo hídrico e acerca do controle da poluição hídrica, não esclarecendo de que maneira essas condutas pré-estabelecidas se concretizam em ferramentas práticas de intervenção e controle do uso do solo (PERES e SILVA, 2013).

5.4 ANÁLISE DOS INDICADORES SOB A PERSPECTIVA JONASIANA

A técnica moderna, de acordo com Jonas, passa a ter poder sobre a humanidade e a natureza, e este poder tecnológico apresenta riscos diretos à própria natureza humana e também à não humana. Então, o homem torna-se responsável pela continuidade de toda forma de existência (CARRARA, 2016; MORETTO, 2015). Assim, Jonas (2006) ainda destaca a autonomia que o poder ganhou, fugindo ao controle de seu executor:

O poder tornou-se autônomo, enquanto sua promessa transformou-se em ameaça e sua perspectiva de salvação, em apocalipse (...) Torna-se necessário um poder sobre o poder, depois de um poder de primeiro grau, voltado para um mundo que parecia inesgotável, transformou-se em um poder de segundo grau que foge a todo controle do seu usuário, chegou a vez de um terceiro grau de poder, capaz de autolimitar a dominação que arrasta o condutor, antes que este se estraçalhe de encontro aos limites da natureza.

Se se adota a heurística do temor de Jonas, impõe-se avaliar responsabilmente os riscos desconhecidos dos contaminantes emergentes diante da incapacidade de se preverem as consequências destes poluentes a longo prazo. Isso deve nos motivar a adotar condutas mais cuidadosas, corroborando com a afirmação do autor de que, diante dos riscos tecnológicos incertos, a resposta humana deve sempre ser a precaução e a cautela, pesando prioritariamente as eventuais consequências negativas (ALENCASTRO, 2009).

O temor exige levantar a questão: “o que pode acontecer se eu não assumir a responsabilidade?” E quanto maior a obscuridade da resposta, maior a responsabilidade delineada (JONAS, 2006). Assim, Moretto (2015) também destaca a ambivalência da técnica e sua relação com a heurística do temor:

Como exemplo, pode-se citar os fertilizantes químicos, que são produzidos para melhorar a agricultura e a alimentação da humanidade; mas, como toda técnica é ambivalente, suas ameaças permanecem ocultas, dificultando consequentemente a avaliação. Para Hans Jonas, essa técnica pacífica é muito mais difícil de controlar, porque a ela se vinculam diferentes interesses, alguns de forma inocente, outros voltados para o olhar econômico e político. Por isso a importância, diante dessa “ambiguidade invisível”, de sempre se levar em conta a pior possibilidade.

A ambiguidade invisível pode ser observada na realidade dos poluentes emergentes, para os quais a humanidade ainda não possui tecnologia capaz de trata-los. Enquanto as ETE's do município de Volta Redonda tratam uma quantidade pequena de esgoto doméstico, ainda há a problemática desses poluentes emergentes que não são tratados e acabam por impactar de alguma forma o corpo hídrico.

Enfatizam-se também os potenciais riscos do sulfato de alumínio e do cloro no tratamento da água, considerando a ambivalência da técnica. Ao mesmo tempo que a técnica (tecnologia) possa representar coisas boas (neste caso, a coagulação e a desinfecção, dois processos fundamentais no tratamento da água), os seus riscos não passíveis de mensuração impossibilitam a delimitação das consequências desta ação (neste caso, os danos causados à saúde humana tais como doenças neurológicas e a subprodução de THMs).

Além disso, Jonas (2006) questiona até onde irão os limites de tolerância da natureza, a capacidade do meio ambiente de suportar as agressões humanas e seus limites. Essa questão pode ser observada no indicador sobre a saúde do rio, onde é importante atentar-se em até que ponto o corpo hídrico será capaz de tolerar os impactos antrópicos negativos e quais serão as consequências para a civilização técnico-científica quando este limite for ultrapassado. Recomenda-se que os cálculos sobre onde começam esses patamares críticos sejam realizados antecipadamente de modo a agir com cautela e precaução (JONAS, 2006).

O pensamento ecofilosófico revelou a necessidade de uma responsabilidade da humanidade para com a natureza, especialmente em face da condição de poder dos seres humanos perante o complexo biológico natural. A superioridade com que se apresenta o poder da técnica e o grande consumismo atual são fatores que alertam para a mudança ética, pregada pelo Princípio da Responsabilidade.

A superioridade dos fins humanos e os riscos de sua tecnologia perante a vulnerabilidade da natureza instigam uma nova ética que seja pautada na responsabilidade humana para com toda a biosfera e também para com a humanidade futura (SILVEIRA, 2018).

A partir disso, acerca da saúde do rio e às desconformidades do enquadramento do corpo hídrico, ressalta-se também a responsabilidade do homem em relação aos usos de sua tecnologia que prejudica outros seres vivos tais como a fauna aquática do rio Paraíba do Sul (colocando em risco a existência desta fauna), falhando em seu papel de responsável pela continuidade da vida porque a utilização de suas técnicas, de forma irresponsável, prejudica

todo o equilíbrio ecossistêmico alterando condições ambientais de um corpo hídrico, em desacordo com seu enquadramento estabelecido pela norma.

Já que o homem passa a ser responsável sobre suas ações que influenciam em todas as formas de vida existentes no planeta, então a sua responsabilidade é universal e solidária sendo também um compromisso perante o futuro da humanidade. A responsabilidade perante o futuro implica em não executar ações arriscadas sem considerar os interesses dos outros pois não tenho o direito de pôr em risco o interesse coletivo (NODARI e PACHECO, 2014).

A análise dos indicadores de extração de águas superficiais *versus* disponibilidade e vazão do rio para captação sob a interpretação jonasiana encaixa-se, novamente, na ética da responsabilidade do homem para com as gerações futuras.

Devido à questão dos riscos de escassez hídrica na Região Metropolitana do Rio de Janeiro em virtude da futura vazão insuficiente para a transposição do rio Guandu, assim, a população do Médio Paraíba do Sul torna-se responsável por assegurar água suficiente para a continuidade da vida humana em regiões mais distantes que também dependem do mesmo corpo hídrico. Também insere-se neste caso o princípio ético da solidariedade, já que o uso da água deve ser realizado de forma racional pensando nos demais municípios.

De acordo com a ética da responsabilidade de Hans Jonas, pode-se inferir a importância de uma gestão integrada dos recursos hídricos, sendo esta responsabilidade do homem já que é o único ser que alcançou sua plenitude e também porque é o ser natural que gerou e gera riscos à existência da natureza (SGANZERLA, 2015; CARRARA, 2016).

Sendo assim, cabe ao homem os esforços para harmonizar a relação entre a técnica e a preservação ambiental, incluindo ações de gestão ambiental tais como a integração direta entre o plano de bacia e o plano diretor de um município, considerando sempre a ideia de sustentabilidade.

Por outro lado, Hans Jonas reconhece positivamente a utilidade da técnica. Embora o filósofo alerte para os riscos potenciais da tecnologia, não deixa de ressaltar a capacidade de inventividade que a técnica permite ao homem, nem seu valor no alívio do sofrimento e na cura de doenças graves que as biotecnologias proporcionam (CARRARA, 2017).

Destaca-se aqui a importância da tecnologia de tratamento de esgoto que, por sua vez, contribui para a mitigação da poluição orgânica nos corpos hídricos, agindo em prol da preservação da natureza. Assim como no caso do baixo número de casos de doenças de veiculação hídrica por 1000 habitantes, reconhece-se que a tecnologia auxilia positivamente

na prevenção de doenças causadas por ingestão de água contaminada haja vista a utilização da técnica para tornar a água potável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacam-se aqui os principais pontos críticos do sistema de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário municipal que caracterizam a não-sustentabilidade da gestão hídrica em Volta Redonda.

Inicialmente, é importante enfatizar os baixos índices de tratamento de esgoto coletado que, contribui fortemente para a deterioração do corpo hídrico, embora o índice de tratamento de esgoto em relação ao volume de água consumido tenha aumentado de 2017 para 2018, ainda é baixo. Assim, recomenda-se a implementação de novas ETES e/ou o aumento da capacidade das estações já existentes. Reconhece-se também a importância de investimentos por parte do próprio Comitê que delibera sobre os planos de ações onde serão alocados os recursos oriundos da cobrança pelo uso da água.

Embora a disponibilidade para o Médio Paraíba seja considerada boa, considerando o princípio ético da solidariedade enfatiza-se os riscos de manter a disponibilidade para o rio Guandu, responsável pelo abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Assim, torna-se necessário elaborar ações preventivas como o incentivo a um consumo racional e a diminuição do índice de perdas hídricas de todos os sistemas do Médio Paraíba do Sul a fim de evitar insuficiência da vazão transposta do rio Guandu.

A saúde do rio também merece maior atenção haja vista que, embora a capacidade de autodepuração do rio Paraíba do Sul seja boa, os impactos sofridos pela fauna aquática já prejudicam a biodiversidade levando algumas espécies à extinção. Neste caso, recomenda-se uma gestão mais bem integrada da bacia com maior efetividade de ação por parte do Comitê contribuindo com uma cobrança sobre os órgãos fiscalizadores de cada estado e também sobre a responsabilidade dos usuários da água.

Embora o sistema ainda não possa ser considerado sustentável em virtude dos aspectos citados anteriormente, é importante ressaltar os pontos positivos tais como o baixo número de casos doenças de veiculação hídrica por conta do alto índice de atendimento total de água,

Em relação à perspectiva jonasiana, observou-se que, de fato, as questões levantadas pelo filósofo alemão Hans Jonas são pertinentes para a realidade do município de Volta Redonda, comprovada a forte dependência do homem em relação às técnicas. Enfatiza-se a necessidade urgente de ações de gestão, por parte do homem, buscando

prevenir, fiscalizar e mitigar os processos que são prejudiciais à natureza, pela qual o homem é responsável.

Desta forma, são necessárias ações de melhorias no sistema de gestão de recursos hídricos municipal com o objetivo de torna-lo sustentável, observando todas as dimensões da sustentabilidade, contemplando a preservação ambiental, a justiça social e a viabilidade econômica.

6.1 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Inicialmente é necessário destacar a importância da seleção personalizada de indicadores, isto é, cada município/empresa/bacia possui características próprias que delinearão o conjunto que melhor vai representar o seu cenário de sustentabilidade. No caso de Volta Redonda, notou-se a ausência de indicadores que permitam avaliar o cenário de sustentabilidade em relação à forte industrialização do município dada a presença da CSN em seu território, maior poluidora da bacia.

Houve também uma outra limitação em virtude da ausência de parâmetros, isto é, a literatura propõe diversos indicadores de sustentabilidade mas poucas estabelecem parâmetros para classifica-los. No entanto, é necessário reconhecer a dificuldade de estabelecer padrões mundiais para todos os indicadores dada a especificidade de cada sistema, tudo depende das características próprias de cada município/empresa ou bacia a ser avaliado.

Em relação à trabalhos futuros, destaca-se a importância da avaliação dos demais indicadores selecionados, incluindo aqueles referentes à indústria, já que nesta pesquisa foram analisados aqueles que, de acordo com o painel de especialistas, foram considerados multidimensionais.

REFERÊNCIAS

- ACP- AÇÃO CIVIL PÚBLICA- Pátio de escória CSN e Harsco. Inquéritos Cíveis Públicos n. 08120.001452/97-04 e 1.30.010.000159/2000-29. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/rj/sala-de-imprensa/docs/pr-rj/acp-patio-de-escoria-csn-e-harsco-1>> Acesso em 29 set. 2018.
- ACSERALD, M.V. AZEVEDO, J.P.S. FORMIGA-JOHNSSON, R. M.. Cobrança pelo uso da água no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (2004–2013): histórico e desafios atuais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, v. 20, n.2, p.199-208, abr./jun. 2015.
- AHLERT, A. Ação comunicativa e ética no acesso e uso sustentável da água: a experiência do saneamento rural de Marechal Cândido Rondon – Paraná. *Horizonte*, PUC-Minas, v.11, n.32, p. 1571-1588, out./dez. 2013.
- AITH, F.M.A. ROTHBARTH, R. O estado jurídico das águas no Brasil. *Estudos Avançados*, USP, v. 29, n.84, p. 163-177, mai./ago. 2015.
- AL SAIDI, M. Conflicts and security in integrated water resources management, *Environmental Science and Policy*, Elsevier, v. 73, p. 38-44, jul. 2017.
- ALENCASTRO, M.S. Hans Jonas e a proposta de uma ética para a civilização tecnológica. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, UFPR, n. 19, p.13-27, jan./jun. 2009.
- ALVES, F.E. CSN tenta passar para órgãos públicos montanhas de resíduos. *O DIA*, 19 jun. 2018. Disponível: <<https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2018/06/5550695-csn-tenta-passar-para-orgaos-publicos-montanhas-de-residuos.html#foto=1>>. Acesso em 30 set. 2018.
- ALVES, F.E. VOLTA REDONDA cria o “Movimento dos Atingidos pelo Pó da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)”. *O DIA*, 24 ago. 2018. Disponível: <<https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2018/08/5569163-volta-redonda-cria-o-movimento-dos-atingidos-pelo-po-da-companhia-siderurgica-nacional-csn.html#foto=1>>. Acesso em 29 set. 2018.
- AM QUÍMICA. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Sulfato de Alumínio, 27, dez. 2011. Disponível: <<http://www.hcrp.fmrp.usp.br/sitehc/fispq/Sulfato%20de%20Aluminio.pdf>> Acesso em 29 dez. 2018.
- AMBROSIO, L.L. PLACIDO, Daniel Taboada; FORMIGA-JOHNSSON, Rosa Maria. Outorga de direito de uso da água no rio Paraíba Do Sul. In: XXII Simpósio Brasileiro de

Recursos Hídricos, *Anais...* Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.22, 2017, p.1-8.

ANA. Apostila Lei das Águas- Módulo 2: O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2013a. Disponível:

<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/simplesearch?query=Lei+das+%C3%81guas&filter_field_1=type&filter_type_1>equals&filter_value_1=Apostila&sort_by=dc.title_sort&order=asc&rpp=10&etal=0&start=10> Acesso em 14 jul. 2018.

____. Apostila Lei das Águas- Módulo 3: Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. 2013b. Disponível:

<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/simplesearch?query=Lei+das+%C3%81guas&filter_field_1=type&filter_type_1>equals&filter_value_1=Apostila&sort_by=dc.title_sort&order=asc&rpp=10&etal=0&start=10> Acesso em 15. jul. 2018.

____. Cadastro de Usuários Federais na Bacia do Rio Paraíba do Sul- 2017. Disponível: <<http://www.ceivap.org.br/cadastro-usuario-outorga.php>> Acesso em 05 dez. 2018.

____. Cobrança e Arrecadação- Normativas Legais- Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/cobranca/paraiba-do-sul>> Acesso em: 2 de ago. 2017.

____. Comitês de Bacias Hidrográficas-Mapas e Imagens. Disponível: <<http://www.cbh.gov.br/MapasImagens.aspx>> Acesso em 14 jul. 2018.

____. Comitês de Bacias Hidrográficas-Mapas e Imagens- Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridRio.aspx>> Acesso em 14 jul. 2018.

____. O que é o SINGREH? Disponível: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh>> Acesso em 14 jul. 2018.

____. Atlas abastecimento urbano de água. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>> Acesso em: 08 jan. 2018.

____. Bacia rio Paraíba do Sul. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/v2/RioParaibadoSul.aspx>> Acesso em: 24 mai. 2017.

____. Cadernos de capacitação em recursos hídricos- Outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília, v. 6, 2011, 54p.

____. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2014-Informe especial crise hídrica. Brasília: ANA, 2015, 31 p.

____. Livro da Bacia Paraíba do Sul. Brasília: ANA, 2001, 68p.

____. Normativos Legais- Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Disponível: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/01_ParaibaDoSul.jpg> Acesso: 5 ago. 2017.

____. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos. Brasília: ANA, 2016. 97 p.

____. Sala de Situação- Paraíba do Sul. Disponível: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/paraiba-do-sul/paraiba-do-sul-saiba-mais>>. Acesso 29 out. 2018.

ANIDROL. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Hidróxido de Cálcio, 05, jan. 2014. Disponível: <<http://www.anidrol.com.br/fispq/HIDROXIDO%20DE%20CALCIO%20A-1522.pdf>> Acesso em 01 dez. 2018.

ANZECC. Indicadores ambientais fundamentais para relatórios sobre o estado do meio ambiente, Canberra: ANZECC, 2000, 96 p.

ARAÚJO, A.P. Água e desenvolvimento: análise da Lei 9.433/97 sob a perspectiva do direito de acesso à água potável. *Revista Jurídica da FA7, UNI7*, v.12, n.1, p. 106-120, jun. 2015. .

ARIZA, C.G. ARAUJO-NETO, M.D. Contribuições da Geografia para Avaliação de Impactos Ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão - Estado Impacto - Resposta (P.E.I.R.). *Caminhos da Geografia*, Instituto de Geografia- UFU, v.11, n. 35, p. 128-139, set. 2010.

AVANEX. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Sulfato de Alumínio, 01, nov. 2015. Disponível: <<https://www.avanex.com.br/pdf/produto/16/20160126145250.pdf>> Acesso em 29 dez. 2018.

AVZARADEL, P.C.S. Reflexões sobre ética ambiental e educação ambiental. In: CARLI, A.A.. MARTINS, S.B. (Organizadoras) *EDUCAÇÃO AMBIENTAL premissa inafastável ao desenvolvimento econômico sustentável*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2014, 460 p, cap. VII, p. 147- 170.

AZEVEDO, L.S. PESTANA, I.A. ROCHA A.R.M. et al. Drought promotes increases in total Mercury and methylmercury concentrations in fish from the lower Paraíba do Sul river, southeastern Brasil. *Chemosphere*, Elsevier, v. 202, p. 483-490, mar. 2018.

- BANCO MUNDIAL. Gênero em água e saneamento. Nairobi- Quênia: BANCO MUNDIAL, 2010, 40p.
- BANKS, W.A. NIEHOFF, M.L. DRAGO, D. et al. Aluminum complexing enhances amyloid β protein penetration of blood-brain barrier. *Brain Research*, Elsevier, v.1116, p.215-221, jul. 2006.
- BARBIERI, J.C. Desenvolvimento e Meio Ambiente- As estratégias de mudanças da Agenda 21. 15ª Ed. Petrópolis: Vozes, 2014, 159 p.
- BELLEN, H.M.V. Indicadores de sustentabilidade- um levantamento dos principais sistemas de avaliação. *Cadernos EBAPE.BR*, FGV, v. II, n. 1, p. 2-14, mar. 2004.
- BERTOLDI, M.R. DAMASCENO, A.T.M. A governança transnacional ambiental: do fundamento ético em Hans Jonas ao princípio da solidariedade intergeracional. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, v.3, n.2, p. 109-124, jul./dez. 2017.
- BLUSZCZ, A. A comparative analysis of selected synthetic indicators of sustainability. *Procedia - Social and Behavioral*, Elsevier, vol 220, p. 40-50, mai. 2016.
- BORJA, P.C. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. *Saúde e Sociedade*, USP, v.23, n.2, 432-447, 2014.
- BOSSSEL, H. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. A Report to the Balaton Group*. International Institute for Sustainable Development (IISD), 1999, 138 p.
- BRAGA, B. HESPANHOL. I. CONEJO, J.G.L. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental- O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, 318p.
- BRASIL. Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 5 de outubro, 1988. Brasília: Supremo Tribunal Federal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, p.1, 5 out. 1988. Seção 1.
- _____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, p. 3, 8 jan. 2007. Seção 1.
- _____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a 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. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, p. 470, 9 jan. 1997. Seção 1.

_____. Lei nº 12.527 de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, p. 1, 18 nov. 2011. Seção 1.

_____. Ministério da Saúde. Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde (OMS). Brasília, 2015.

_____. Ministério da Saúde. Diretrizes da Política Nacional de Saúde Bucal. Brasília, 2004. 16p.

_____. Ministério da Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. Brasília, 2014b. 116 p.

_____. Ministério da Saúde. Manual Prático de Análise de Água. Brasília, 2006. 147p.

_____. Ministério da Saúde. PORTARIA 2.914, 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, p.39, 14 dez. 2011. Seção 1.

_____. Ministério da Saúde. Potenciais Fatores de Risco à Saúde Decorrentes da Presença de Subprodutos de Cloração na Água Utilizada para Consumo Humano. Brasília, 2007. 127p.

_____. Ministério das Cidades- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2017. Brasília, 2017, 212p.

_____. Ministério das Cidades- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2014. Brasília, 2014a, 211p.

_____. Ministério das Cidades. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto. Brasília, 2016b.218 p.

_____. Ministério do Interior. Portaria 86, de 4 de junho de 1981. Enquadra os cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Cartilha Água; Programa de Ecoturismo. Brasília, 2016a. 16 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-Principais Atribuições. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>> Acesso em 14 jul. 2018.

_____. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, p.2.548, 17 fev. 1986. Seção 1.

_____. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de 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, p. 58, 18 mar. 2005. nº053.

BRAULIO-GONZALO, M. BOVEA, M.D. RUÁ, M. J. Sustainability on the urban scale: Proposal of a structure of indicators for the Spanish context. *Environmental Impact Assessment Review*, Elsevier, v.53, p.16-30, jul. 2015.

BRITO, C.S. GARBIN, R.R. MUSSI, A. et al. Vigilância da concentração de flúor nas águas de abastecimento público na cidade de Passo Fundo – RS. *Caderno Saúde Coletiva*, v.24, n. 4, p. 452-459, 2016.

CARBOCLORO. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Cloro, 24, mar. 2006. Disponível: < <http://www.higieneocupacional.com.br/download/cloro-carbocloro.pdf>> Acesso em 29 nov. 2018.

CARLI, A.A. As dimensões dos direitos das águas. *Revista de Direito Administrativo*, Rio de Janeiro: FGV e Fórum, v.275, p. 77-107, set/dez. 2017.

CARLI, A.A. Educação ambiental: condição fundamental à concretização da Política Nacional das Águas Brasileiras. In: CARLI, A.A. MARTINS, S.B.. (Organizadoras) *EDUCAÇÃO AMBIENTAL premissa inafastável ao desenvolvimento econômico sustentável*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2014, 460 p, cap I, p. 9-34.

CARRARA, O.V. A responsabilidade ética em Jonas e Levinas. In: SAYÃO, Sandro et al. *Levinas entre nós*. Pernambuco: UFPE, 2014, 282p., p. 217-224.

CARRARA, O.V. Ética e técnica em Jonas e Levinas: diferenciações e aproximações. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, UFPR, v.41, p.1-18, ago. 2017.

CARRARA, O.V. Ética, meio ambiente e mineração. *Revista Internacional Interdisciplinar*, UFSC, v. 13, n. 03, p.121-142, set/dez. 2016.

CARVALHO, J.R.M. CÂNDIDO, G.A. CURI, W.F. et al. Análise da sustentabilidade hidroambiental de municípios da região da sub-bacia do alto Piranhas, PB. *Holos*, IFRN, v.6, p. 13-31, out. 2015.

CARVALHO, J.R.M. CURI, W.F. Construção de um índice de sustentabilidade hidroambiental através da análise multicritério: Estudo em municípios paraibanos. *Sociedade e Natureza*, UFU, v. 25, n.1, p. 91-106, jul. 2013.

CARVALHO, J.R.M. CURI, W.F. LIRA, S.W. Processo participativo na construção de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas. In: LIRA, W.S. CÂNDIDO, A.G.. *Gestão Sustentável dos Recursos Naturais: uma abordagem participativa*. Campina Grande: EDUEPB, 2013, 334 p. cap. II, p.30-80.

CARVALHO, R.C.S. TRINTA, J.S. BACELLAR, F.C.T. CSN e Responsabilidade Sócio-Ambiental: Conscientização, Estratégia ou Necessidade? *Cadernos UNIFOA*, n. 10, p. 41-54, ago. 2009.

CASTRO, E.M.N.V. Desenvolvimento e degradação ambiental- Um estudo da região do Médio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro, 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CEIVAP/AGEVAP. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. Caderno de Ações Área de Atuação da AMPAS. Anexo 2 do Relatório Contratual- R10. Rio de Janeiro, 2006a. 123 p.

_____. Plano Integrado De Recursos Hídricos – PIRH da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba Do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos – PARH das Bacias Afluentes. Prognóstico. Relatório Síntese, Resende: AGEVAP, 2016, 122p.

_____. Plano Integrado De Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba Do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Diagnóstico das Fontes de Poluição, Resende: AGEVAP, 2014, 145p.

_____. Avaliação dos impactos das novas transposições de vazão no rio Paraíba do Sul. R4- Demandas de uso de água consuntivos e não-consuntivos. 2013, 96p.

_____. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. Diagnóstico dos Recursos Hídricos- Relatório Final. 2006b, 201 p.

_____. Cobrança e arrecadação 2017. Disponível: <<http://www.ceivap.org.br/cobranca-arrecadacao.php>> Acesso em: 08 out. 2018.

- _____. Apresentação. Disponível: <<http://www.ceivap.org.br/apresentacao.php>> Acesso em 13 abr. 2018.
- _____. Avaliação dos impactos de novas transposições de vazão no rio Paraíba do Sul. R4: demandas de uso da água consuntivos e não consuntivos, 2015, 96 p.
- _____. Relatório de situação 2010- Região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. 2011, 28 p.
- _____. Sistema de informações geográficas e geoambientais da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. 2018. Disponível: <<http://sigaceivap.org.br/observatorioEstado>>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- CHEN, X. CHEN, Y. SHIMIZU, T. et al. Water resources management in the urban agglomeration of the Lake Biwa region, Japan: An ecosystem services-based sustainability assessment. *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 586, p. 174-187, jan. 2017.
- CHEN, Z. NGO, H.H. GUO, W. A critical review on sustainability assessment of recycled water schemes. *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 426, p. 13-31, jun. 2012.
- CNUMAD. Agenda 21. Brasília: Centro de Documentação e Informação -Coordenação de Publicações, 1995. 475 p.
- COELHO, Victor. Paraíba do Sul- um rio estratégico. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012, 336p.
- COM INTERLIGAÇÃO, rio Paraíba do Sul passa a abastecer São Paulo. G1a, 03 mar. 2018. Disponível: <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/com-interligacao-rio-paraiba-do-sul-passa-a-abastecer-sao-paulo.ghtml>> .Acesso em 23 nov. 2018.
- COMEST. Best ethical practice in water use. Paris: UNESCO, 2004, 53p.
- CBHMPS. Área de atuação. Disponível: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/area-atuacao.php>>. Acesso em: 18 jul. 2017.
- _____. Atlas Região Hidrográfica Rio Paraíba do Sul. RESENDE: AGEVAP, 2016, 172p.
- _____. Cobrança e arrecadação. 2018a Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/cobranca-arrecadacao.php>>. Acesso em: 14 jun, 2018.
- _____. Composição do Plenário 2018b. Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/composicao-plenario.php>>. Acesso em: 14 jun, 2018.
- _____. Composição do Plenário. Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/composicao-plenario.php>>. Acesso em: 14 jun, 2018e.
- _____. Plano de Bacia. Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/plano-de-bacia.php>>. Acesso em: 14 jun, 2018c.

_____. Resolução CBH-MPS Nº 75/2017 de 28 de fevereiro de 2018. Aprova o Relatório da Oficina do Raio-X do Esgotamento Sanitário do Comitê Médio Paraíba do Sul. Barra Mansa, 2018d, 119 p.

CSN. Site institucional- Unidades Fabris. 2017. Disponível em: <http://www.csn.com.br/conteudo_pti.asp?idioma=0&conta=45&tipo=60851&prSv=1> Acesso em: 28 fev. 2018.

CONEJO, J.G.L. A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento de recursos hídricos. *Revista de Administração Pública*, FGV, v. 27, n. 2, p. 28-62, abr./jun.1993

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE ÁGUA. Resoluções, Mar del Plata-Argentina,1977, 5p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Declaração final da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio + 20)- O futuro que queremos. Rio de Janeiro-Brasil: ONU, 2012, 55 p.

CONFERÊNCIA MUNDIAL DOS POVOS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DIREITOS DA MÃE TERRA. Declaração Universal dos Direitos da Mãe Terra, Cochabamba, Bolívia: ONU, 2010. 3 p.

CNRH. Resolução CNRH nº145 de 12 de dezembro de 2012. Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e dá outras providencias. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, p. 128, 16 fev. 2013. Seção 1.

CORNELLI, R. AMARAL, F.G. DANILEVICZ, A.M.F. et al. Métodos de tratamento de esgotos domésticos: uma revisão sistemática. *Revista de Estudos Ambientais*, v.16, n.2, p. 20-36, jul./dez. 2014.

CRUZ, M.P. FERRER, G.R. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos. *Sequência*, UFSC, n. 71, p. 239-278, mai. 2015.

DALE, V.H. KLINE, K.L. RICHARD, T.L. et al. Bridging biofuel sustainability indicators and ecosystem services through stakeholder engagement. *Biomass and Bioenergy*, Elsevier, v. XXX, p. 1-14, jul. 2017.

DALKEY, N. HELMER, O. *An experimental application of the Delphi method to the usa of experts*. California-EUA: Manage, 1962, 27p.

- DHARUPANEEDI, P.S. NATARAJ, S.K. NADAGOUDA, M. et al. Membrane-based separation of potential emerging pollutants. *Separation and Purification Technology*, Elsevier, v. 201, p.850-866, 2019.
- DINIZ, L.T. YAZIKI, L.F.O. JUNIOR, J.M.M. et al. O enquadramento de cursos d'água na legislação brasileira. In: I Simpósio de Recursos Hídricos Sul-Sudeste, *Anais...*Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006, p. 1-19.
- DOMINGUES, A.R. PIRES, S.M. CAEIRO, S. et al. Defining criteria and indicators for a sustainability label of local public services. *Ecological Indicators*, Elsevier, v. 57, p.452-564, out. 2015.
- DONG, Y. HAUSCHILD Z. M. Indicators for Environmental Sustainability. *Procedia CIRP*, Elsevier, v.61, p.697-702, 2017.
- DOORN, N. Water and Justice: Towards an Ethics of Water Governance. *Public Reason, Stanford Encyclopedia of Philosophy*, v. 5, n.1, p. 97-114, 2013.
- DOVERS, S. HANDMER, J. Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change*, Elsevier, v.2, n.4, p. 262-276, dez. 1992.
- ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review*, v.36, n.2, p.90-100, jan. 1994.
- EPA. A framework for sustainability indicators at the EPA, 2012, 59 p.
- _____. Sustainability and the EPA. National Academics Press, Washington, 2011, 163p.
- FERNANDEZ, B.P.M. Ecodesenvolvimento, Desenvolvimento Sustentável e Economia Ecológica: em que sentido representam alternativas ao paradigma de desenvolvimento tradicional? *Desenvolvimento e meio ambiente*, UFPR, n. 23, p.109-120, jan./jun. 2011.
- FILHO, A.C. MORAIS, R.D. SILVA, J.B. Doenças de veiculação hídrica: dados epidemiológicos, condições de abastecimento e armazenamento da água em Massaranduba/PB. *GEOAMBIENTE ON LINE*, UFG, n. 20, p. 83-96, jan./jun. 2013.
- FILHO, G.M. Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentável. *Textos de Economia*, UFSC, n. 1, v.4, p. 131-142, 1993.
- FONSECA, L.S.G. Hans Jonas responsabiliza a técnica pela atual crise ambiental? *Revista de Filosofia Aurora*, Champgnat- PUCPR, v.24, n.35, p. 465-480, jul/dez. 2012.
- GARBIN, C.A.S. SANTOS, L.F.P. GARBIN, A.J.I. et al. Fluoretação da água de abastecimento público: abordagem bioética, legal e política. *Revista Bioética*, CFM, v. 25, n. 2, p. 328-337, 2017.
- GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª Ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002, 176p.

GODOY, A.M.G. A abordagem neoclássica sobre a cobrança pelo uso da água dá conta da realidade? *Revista Estudos do CEPE*, UNISC, n. 34, p.202-230, jul/dez. 2011.

GUIVANT, J.S. JACOBI, P. Da hidro-técnica a hidro-política: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas*, UFSC, n. 43, p. 2-26, jun. 2003.

GURGEL-JÚNIOR, F.J. A atuação do poder público municipal na gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: Volta Redonda-RJ. *Acta Scientiae & Technicae*, UEZO, v. 4, n. 1, p. 9-16, jun. 2016.

HAKE, J.F. SCHLOR, H. SCHURMANN K. et al. Ethics, sustainability and the water, energy, food nexus approach – a new integrated assessment of urban systems. *Energy Procedia*, Elsevier, v. 88, p. 236-242, jun. 2016.

HIDROALL. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Sulfato de Alumínio, 26, fev. 2010. Disponível: <<http://www.hidroazul.com.br/wp-content/themes/hidroazul/assets/fispq/Sulfato%20de%20Aluminio.pdf>> Acesso em 29 dez. 2018.

HIDROMAR. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Cloro, mar. 2016. Disponível: <<http://www.grupohidromar.com.br/wp-content/themes/hidromar/download/FISPQ-Cloro.pdf>> Acesso em 29 dez. 2018.

IBGE. Cidades- Volta Redonda. Infográficos Dados gerais. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=330630&search=||infogr%E1ficos:-dados-gerais-do-munic%EDpio.>> Acesso em: 24 mai. 2017.

_____. Cidades- Volta Redonda-RJ –Infográficos Economia. Disponível: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/economia.php?lang=&codmun=330630&search=rio-de-janeiro|volta-redonda|infogr%E1ficos:-despesas-e-receitas-or%E7ament%E1rias-e-pib>> Acesso em: 10 jun. 2017.

_____. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável- Edição 2017. Disponível: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>> Acesso em: 12 jun. 2018.

_____. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável- Edição 2015. Brasil: IBGE, 2015, 352 p.

IBRAHIM, F.I. OMAR, D. MOHAMAD, N.H.N. Theoretical Review on Sustainable City Indicators in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 202, p. 322 – 329, ago. 2015.

ICWE. Carta de Dublin, Dublin-Irlanda: ONU, 1992, 5p.

- INEA. Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul- Trecho Funil-Santa Cecília. 2010. 132p.
_____. Site Institucional Portal INEA. Disponível: <
<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/index.htm&lang=PT-BR>> Acesso 16 jul. 2018.
- _____. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro R3-A – Temas Técnicos Estratégicos RT-04 - Fontes Alternativas para o Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, com Ênfase na RMRJ. 2014c, 190 p.
- _____. Nota Técnica DIGAT/INEA nº 01-A/2014¹- Em 26 de março de 2014b, 20 p.
- _____. Plano Estadual de Recursos Hídricos- Relatório Gerencial. 2014b, 69 p.
- _____. Plano Estadual de Recursos Hídricos- Relatório de Metas e Estratégias. 2014a, 258 p.
- ITB. Ranking de Saneamento Básico 2017. 2017. 122p.
- JACOBI, P.R. Aprendizagem social, desenvolvimento de plataformas de múltiplos atores e governança da água no Brasil. *INTERthesis*, UFSC, v. 07, n.01, p. 69-95, jan./jun. 2010.
- JARDIM, M.H. BURSZTYN M.A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, São Paulo: ABES, v. 20, n. 3, p. 353-360, jul./set. 2015.
- JONAS, H. *O princípio responsabilidade- Ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto: PUC RIO, 2006, 353 p.
- JÚNIOR, F.J.G. O voltaredeense e sua contribuição no processo de gestão ambiental pública. *Cadernos UniFOA*, n. 32, p. 67-78, 2016.
- KALAMATIANOS, P.A. NARVAI, P.C. Aspectos éticos do uso de produtos fluorados no Brasil: uma visão dos formuladores de políticas públicas de saúde. *Ciência e Saúde Coletiva*, Associação Brasileira de Saúde Coletiva, v. 11, n.1, p. 63-69, 2006.
- KAUARK, F.S. MANHÃES, F.C. MEDEIROS, H.C. *Metodologia da Pesquisa: guia prático*. 1ªEd. Itabuna-Brasil: Via Litteratum, 2010, 89 p.
- KRISTENSEN, P. The DPSIR framework. In: Workshop Assessment of the Vulnerability of Water Resources to Environmental Change in Africa, Nairobi, 2004. Disponível: <
<https://wwz.ifremer.fr/dce/content/download/69291/913220/file/DPSIR.pdf>>. Acesso em 03 out. 2018.
- LABSYNTH. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Hidróxido de Cálcio, 17, abr. 2009. Disponível: <
<https://www.fca.unicamp.br/portal/images/Documentos/FISPQs/FISPQ-%20Hidroxido%20de%20Sodio.pdf>> Acesso em 01 dez. 2018.

LACERDA, C. S; CÂNDIDO, G. A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA W.S. CÂNDIDO, G.A. *Gestão Sustentável dos Recursos Naturais: uma abordagem participativa*, Campina Grande: EDUEPB, 2013, 334 p. cap. I, p.13-30.

LAHOZ, R.A.L. DUARTE, F.C. A universalização do serviço público de saneamento básico e a efetividade do direito fundamental à saúde. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC* •, UFC, v. 35, n. 1, p. 329-343, jan./jun. 2015.

LEE, C.S. ROBINSON, J. CHONG, M.F.. A review on application of flocculants in wastewater treatment. *Process Safety and Environmental Protection*, Elsevier, v. 92, n.6, p. 489-508, nov. 2014.

LEEUWEN, J.C.V. FRIJNS, J. WEZEL, A.V. et al. City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle, *Water Resource Manage*, Springer, v.26, p. 2177-2197, mar. 2012.

LEFF, E. Political Ecology: a Latin American Perspective. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, UFPR, v.35, p. 29-64, dez. 2015.

LIMA JÚNIOR, R.N; ABREU, F.O.M.S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. *Revista Virtual de Química*, SBQ, v. 10, n.3, jun. 2018.

LINDE. FISPQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Cloro, 02, mar. 2016. Disponível: < http://www.linde-gas.com.br/pt/images/FISPQ_CLORO_REV01_VS00_tcm241-368900.pdf> Acesso em 29 dez. 2018.

LIU, J. et al. Ética da água e gestão dos recursos hídricos. Bangkok- Tailândia: UNESCO, 2011, 84p.

LIU, J. ZHANG, M. ZHENG, C. Role of Ethics in Groundwater Management- Guest Editorial. *Groundwater*, NGWA, 1p, dez. 2010.

LOPES, J.S.L (Coordenador). et al. *A ambientalização dos conflitos sociais- Participação e controle público da poluição industrial*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004, 168p.

MÂCEDO, J.A.B. BARRA, M.M. Derivados clorados de origem orgânica uma solução para o processo de desinfecção de água potável e para desinfecção de indústrias. In: VI SIBESA- Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Ambiental, *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental . Vitória, 2002, v.9, p.1-17.

MACHADO, I.C. FAGUNDES, L.; HENRIQUES, M.B.. Multidimensional assessment of sustainability extractivism of mangrove oyster *Crassostrea* spp. in the estuary of Cananéia, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, Instituto Internacional de Ecologia, v. 75, n.3, p. 670-678, ago. 2015.

MANCHESTER. Tratamento de Água- Polímeros. Disponível: <<http://mqb.com.br/tratamento-de-agua/polimeros/>> Acesso em 14 jan. 2018.

MAPAR, M. JAFARI, M.J. MANSOURI, N. et al. Sustainability indicators for municipalities of megacities: Integrating health, safety and environmental performance. *Ecological Indicators*, Elsevier, v. 83, p. 271-291, dec. 2017.

MARTELEIRA, R. PINTO, G. NIZA, S. Regional water flows – Assessing opportunities for sustainable management, *Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, v. 82, p. 63-74, jan. 2014.

MEIRELES, A.C.M. NETO, J.A.R. OLIVEIRA, Lúcio José. Sustentabilidade do modelo agrícola da bacia do riacho Faé. *Ciência Agrônômica*, Centro de Ciências Agrárias- UFC, v. 42, p. 84-91, jan./mar. 2011. .

MESQUITA, L.F.G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, UFPR, v.45, p. 56-80, abr. 2018.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração práticas. *Revista Economia e Desenvolvimento*, PIMES-UFPB, n. 16, p. 23-41, 2004.

MILLER, G.T.J. *Ciência Ambiental*. 11ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014, 509p.

MIRANDA, A.B. TEIXEIRA, B.A.N. Nota Técnica: Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, v.9, p. 269-279, out./dez. 2004.

MOIMAZ, S.A.S. A comparative analysis of caries and fluorosis among cities with and without public water supply fluoridation in São Paulo State, Brazil. *Revista Odonto Ciência*, PUCRS v.25, n. 1, p. 15-19, 2010.

MOLINOS-SENANTE, M. MARQUES, R.C. PÉREZ, F. et al. Assessing the sustainability of water companies: A synthetic indicator approach. *Ecological Indicators*, Elsevier, v.61, p. 577-587, 2016.

- MORANO, C.B.L. O serviço público de saneamento básico e a lei n° 11.445/07: corte de água e a dignidade da pessoa humana. *Revista do Curso de Direito*, FMU, n. 31, p. 49-58, 2009.
- MOREIRA, A.A. Paraíba do Sul: um rio, quatro cidades, um patrimônio socioambiental em questão. Rio de Janeiro, 2014. 423 f. Tese (Doutorado em Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- MORETTO, G. Técnica. In: OLIVEIRA, Gelson. MORETTO, Geovani. SGANZERLA, Anor. Vida, técnica e responsabilidade- Três ensaios sobre a filosofia de Hans Jonas. 1ª Ed. São Paulo: Paulus, 2015, 200p, cap. 2, p. 75-124.
- MUSA, H.D. YACOB, M.R. ABDULLAH, A.M. et al. Delphi method of developing environmental well-being indicators for the evaluation of urban sustainability in Malaysia. *Procedia Environmental Sciences*, Elsevier, v. 30, p. 244 – 249, 2015.
- NASCIMENTO, P.E. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos avançados*, USP, n. 26, v. 74, p. 51-64, 2012.
- NODARI, P.C. PACHECO, L.A. Responsabilidade e heurística do temor em Hans Jonas. *Conjectura : Filosofia e Educação*, UCS, v. 19, n. 3, p. 69-95, set./dez. 2014.
- NUNES M.S. Aspectos éticos quanto ao acesso desigual à água potável. *Bioethikos*, São Paulo: Centro Universitário São Camilo, v. 3, n.1, p. 110-116, 2009.
- NUNES, T.C.G. MENEZES, G.G. CORRÊA, B.S. et al. Abordagem da qualidade da água do Rio Paraíba do Sul na educação ambiental na UPEA, Campos dos Goytacazes, RJ. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, IFF, v. 8, n. 2, p. 19-32, jul./dez. 2014.
- OECD. OECD Environmental Indicators- Development, Measurement and Use, Reference Paper, 2003, 37 p.
- OLIVATI, F.N. SOUZA, M.L.R. TENUTA, L.M.A. et al. Quality of drinking water fluoridation of Capão Bonito, SP, Brazil, evaluated by operational and external controls. *Revista Odonto Ciência*, PUCRS v.26, n. 4, p. 285-290, 2011.
- ONS. Energia agora- Reservatórios- 2018. Disponível em: <<http://ons.org.br/paginas/energia-agora/reservatorios>> Acesso em 23 nov. 2018.
- ONU. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Relatório Nosso Futuro Comum. New York- Estados Unidos, 1987. 226 p.
- _____. Pacto dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. ONU, 1966, 10p.

_____. Resolução A/RES/64/292. 2010. Disponível: <<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E>. Acesso em: 05 out. 2018.

_____. Sustainable Development Indicators: Guidelines and Methodologies. 3. ed. New York: Nações Unidas, 2007, 99 p.

_____. Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC)- O Direito Humano e à Água e Saneamento Comunicado aos Média. 2015. Disponível: <<http://www.un.org/waterforlifedecade>> Acesso em 10 nov. 2018.

PAIVA, R.F.P.S. SOUZA, M.F.P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, FIOCRUZ, v. 34, n. 1, p. 2-11, 2018.

PAIXÃO, R.M. SILVA, L.H.B.R. ANDREOLA, Ricardo. Avaliação da presença de Trihalometanos na água destinada ao abastecimento, público na cidade de Maringá- Paraná. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, UEPG, v. 7, n. 4, p. 235-242, dez. 2015.

PARK, K. KREMER, O.E. Gul. Text mining-based categorization and user perspective analysis of environmental sustainability indicators for manufacturing and service systems. *Ecological Indicators*, Elsevier, v. 72, p. 803-820, jan. 2017.

PELLICER-MARTÍNEZ, F. MARTÍNEZ-PAZ, J.M. The Water Footprint as an indicator of environmental sustainability in water use at the river basin level. *Science of the Total Environment*: Elsevier, v. 571, p. 561–574, nov. 2016.

PERES, R.B. SILVA, R.S. Análise das relações entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP. *Sociedade e Natureza*, UFU, v. 25, n. 2, p. 349-362, 2013.

PIRES, A. MORATO, J. PEIXOTO, H. et al. Sustainability Assessment of indicators for integrated water. *Science of The Total Environment*, Elsevier, v.578, p. 139-147, nov. 2017.

PMVR. Lei Municipal nº 4438 de 2008. Cria o Código Municipal de Meio Ambiente de Volta Redonda.

_____. Lei Municipal nº 1411 de 01 de fevereiro de 1977. Fixa os objetivos e as diretrizes básicas do Plano Estrutural de Desenvolvimento Integrado do município de Volta Redonda, estado do Rio de Janeiro.

_____. Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2014, 79p.

_____. Portal Vr- História da Cidade. 2018 Disponível: <<http://www.voltaredonda.rj.gov.br/2012-12-20-11-24-20/historia-cidade>> Acesso em: 03 de jul. 2018.

_____. Decreto nº 13.697 de 15 de dezembro de 2015. Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, que tratam da gestão e do gerenciamento dos serviços de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e dá outras providências.

_____. Lei Municipal nº 4.438 de 16 de julho de 2008. Cria o Código Municipal de Meio Ambiente de Volta Redonda.

_____. Lei Municipal nº 4.441 de 06 de agosto de 2008. Aprova o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Urbano de Volta Redonda e dá outras providências.

_____. Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Volta Redonda- Documento 2: Plano Municipal de Saneamento Básico PMSB, 2015. Disponível:

<http://www.voltaredonda.rj.gov.br/projetos/saneamento/mod/consulta_publica_2015/> Acesso em 14 jul, 2018.

_____. Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Volta Redonda- Documento 3: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos PMGIRS, 2015.

Disponível:<http://www.voltaredonda.rj.gov.br/projetos/saneamento/mod/consulta_publica_2015/> Acesso em 14 jul, 2018.

_____. Site institucional de Volta Redonda- Portal VR- Mapa Virtual. Disponível: <<http://geo.epdvr.com.br/mapavirtual/map.phtml>> Acesso 18 jul, 2018.

_____. Site institucional de Volta Redonda- Portal VR- Projetos. Disponível: <http://www.voltaredonda.rj.gov.br/projetos/saneamento/mod/consulta_publica_2015/> Acesso 18 jul, 2018.

_____. Site institucional de Volta Redonda- Portal VR- SMMA. Disponível: <<http://www.voltaredonda.rj.gov.br/smma/10-interno/31>> Acesso 18 jul, 2018.

_____. Site institucional de Volta Redonda- Portal VR. Disponível: <<http://www.voltaredonda.rj.gov.br/>> Acesso 18 jul, 2018.

PNUD, FPJ, IPEA. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013- Volta Redonda. Disponível: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/volta-redonda_rj>. Acesso em 02 out. 2018.

PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013. Disponível: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

PNUMA. Projeto Geo Cidades- Relatório Ambiental Urbano Integrado- Rio de Janeiro, 2002, 193p.

_____. Metodologia para a elaboração de Relatórios GEO CIDADES, 2004, 181 p.

POLIZZI, S. PIRA, E. FERRARA, M. et al. Neurotoxic Effects of Aluminium Among Foundry Workers and Alzheimer's Disease. *NeuroToxicology*, Elsevier, v. 23, p. 761-744, jul. 2002.

PORTO-GONÇALES, C.W. LEFF, E. A Ecologia Política na América Latina: A reapropriação da natureza, a reinvenção dos territórios e a construção da racionalidade ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, UFPR, v.35, p. 65-88, dez.2015

PUPPHACHAI, U. ZUIDEMA, C. Sustainability indicators: A tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development. *Ecological Indicators*, Elsevier, v. 72, p. 784-793, jan. 2017.

QUÍMICA CREDIE. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Sulfato de Alumínio, 24, mai. 2016. Disponível: <<http://www.quimicacredie.com.br/produtos/tratamento%20de%20agua/Sulfado%20de%20Aluminio%20Isento%20de%20Ferro.pdf>> Acesso em 29 dez. 2018.

_____. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Hidróxido de Cálcio, 31, mar. 2016. Disponível: <[http://www.quimicacredie.com.br/produtos/tratamento%20de%20agua/Hidroxido%20de%20ocalcio%20\(%20Cal%20Hidratada\).pdf](http://www.quimicacredie.com.br/produtos/tratamento%20de%20agua/Hidroxido%20de%20ocalcio%20(%20Cal%20Hidratada).pdf)> Acesso em 01 dez. 2018.

QUIMIDROL. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Sulfato de Alumínio, nov. 2007. Disponível: <http://www.quimidrol.com.br/media/blfa_files/Sulfato_de_Aluminio_3.pdf> Acesso em 29 dez. 2018.

RANTALA, T. UKKO, J. SAUNILA, M. et al. The effect of sustainability in the adoption of technological, service, and business model innovations. *Journal Cleaner Production*, Elsevier, v.172, p. 46-55, jan. 2018.

RAMID, J. RIBEIRO, A. Declaração do Rio de Janeiro. *Estudos Avançados*, USP, v. 6, n. 15, p. 153-159, 1992.

RIO DE JANEIRO. Decreto 41.475 de 11 de setembro de 2008. Institui o Comitê da Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 3.239 de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. Cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; Regulamenta a Constituição Estadual, em seu Artigo 261, Parágrafo 1º, Inciso VII; E dá outras providências.

RODRÍGUEZ, M.J. SERODES, J. RODRÍGUEZ, G. et al. Subproductos de la desinfección del agua potable: formación, aspectos sanitarios y reglamentación. *Interciencia*, v.32, n. 11, p. 749-756, nov. 2007.

ROMEIRO, A.R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos avançados*, USP, n. 26, v. 74, p. 65-92, 2012.

RONDEAU, V. JACQMIN-GADDA, H. COMMENGES, D. et al. Aluminum and Silica in Drinking Water and the Risk of Alzheimer's Disease or Cognitive Decline: Findings From 15-Year Follow-up of the PAQUID Cohort. *American Journal of Epidemiology*, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, v. 169, n. 4, p. 489-496, out. 2008.

ROZADOS, H.B.F. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. *Em questão*, UFRGS, v.21, n.3, p. 64-86, set/dez. 2015.

SAAE-VR. CARVALHO, Deividy. Dados municipais referentes ao sistema de água e esgoto de Volta Redonda [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <valeriagarcez1995@gmail.com> em 12 nov. 2018b.

_____. Relatório Qualidade da Água 2017, 2018c. Disponível: <<http://www.saaevr.com.br>> Acesso em 06. dez. 2018.

_____. Site institucional- Tratamento de Água, 2018a. Disponível: http://www.saaevr.com.br/tratamento_de_agua.asp . Acesso em 29 nov. 2018.

SABESP. Encarte Especial Condomínios- Economize Água. Disponível: <<http://old.secovi.com.br/files/Arquivos/pg-3-sabesp.pdf>> Acesso em 10 abr. 2018.

SANCHES, S.M. SILVA, C.H.T.P. VIEIRA, E.M. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água. *Química Nova na Escola*, SBQ, n. 17, p. 8-12, mai. 2003.

SANTOS, I.A. SAITO, C.H. A mitificação da participação social na política nacional de recursos hídricos – gênese, motivação e inclusão social. *Geosul*, UFSC, v. 21, n. 42, p. 7-27, jul./dez. 2006.

SARTORI, S. LATRÔNICO, F. CAMPOS, L.M.S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo: ANNPAS, v. XVII, n. 1, p. 1-22, jan./mar. 2014.

SASIL. FISPQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Cloro, 03, out. 2008. Disponível: < <http://www.sasil.com.br/br/hp/upload/FISPQ-CloroLiquidoSASIL.pdf>> Acesso em 29 dez. 2018.

SCHNEIDER, D.D. SANTOS, R. MARTINEZ, R.C. et al. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, ABES, n. 17, p. 65-76, set. 2010.

AHLERT L. A Ética Do Uso Da Água Doce: Um Levantamento. Brasília: UNESCO, 2001, 79 p.

SGANZERLA, A. Responsabilidade. In: OLIVEIRA, Gelson. MORETTO, Geovani. SGANZERLA, A. Vida, técnica e responsabilidade- Três ensaios sobre a filosofia de Hans Jonas. 1ª Ed. São Paulo: Paulus, 2015, 200p, cap. 3, p. 125-195.

SIGA- CEIVAP. Disponível: <<http://sigaceivap.org.br/saibaMais>>. Acesso 16 jul. 2018.

SILVA, B.M.B. SILVA, D.D. MOREIRA, M.C. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da bacia do rio Paraopeba. *Ambiente e Água*, Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas, v. 10, n. 3, p. 623-634, Jul./Set. 2015.

SILVA, R.F. SILVA, G.L. SILVA, P.T. et al. Identificação e Quantificação de Contaminantes Emergentes em Estações de Tratamento de Esgoto. *Revista Virtual de Química*, Sociedade Brasileira de Química, v. 8, n.3, p. 702-715, 2016.

SILVA, S.S.F. SANTOS, J.G. CÂNDIDO, G.A. et al. Indicador de Sustentabilidade Pressão –Estado – Impacto – Resposta no Diagnóstico do Cenário Sócio Ambiental resultante dos Resíduos Sólidos Urbanos em Cuité, PB. *Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, v. 2, n.3, p. 76-93, ago. 2012.

SILVA, S.C.; MARIANI, C.F. POMPEO, M. Análise crítica da Resolução CONAMA n° 357 à luz da Diretiva Quadro da Água da União Europeia: estudo de caso (Represa do Guarapiranga - São Paulo, Brasil). In: POMPEO, M. MOSCHINI-CARLOS, V.

- NISHIMURA, P.Y. et al. (Orgs.) *Ecologia de reservatórios e interfaces*. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015, p. 367-375.
- SILVEIRA, M. O meio ambiente como direito humano de terceira dimensão e a ética da responsabilidade na metateoria do direito fraterno. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, v. 4, n. 1, p. 130-143, jan./jun. 2018.
- SILVESTRE, B. Sustainable supply chain management: current debate and future directions. *Gestão e Produção*, UFSCar, n.2, v.23, p. 235-249, abr./jun. 2016.
- SMS VR. SOUZA, Milene Paula de. Dados referentes às doenças de veiculação hídrica em Volta Redonda [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <valeria_garcez@outlook.com> em 6 dez. 2018.
- SNF Health- Safety Environment. Ficha de informações de segurança de produto químico. FLOPAM EM 230 PWG. 2018. 13 p.
- SOBRINHO, R.A. BORJA, P.C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. *Engenharia Ambiental e Sanitária*, ABES, v. 21, n.4, p. 783-795, out./dez. 2016,
- SOUZA, C.M.N. Gestão da água e saneamento básico: reflexões sobre a participação social. *Saúde e Sociedade*, USP, v. 26, n.4, p. 1058-1070, 2017.
- SPILLER, M. Adaptive capacity indicators to assess sustainability of urban water systems – Current application. *Science of the Total Environment*, Elsevier, v. 569-570, p. 751-761, jul. 2016.
- TEODOSIU, C. GILCA, A.F. BARJOVEANU, G. et al. Emerging pollutants removal through advanced drinking water treatment: A review on processes and environmental performances assessment. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v.197, p. 1210-1221, 2018.
- THORNHILL, I. HO, G.J. ZHANG, Y. et al. Prioritising local action for water quality improvement using citizen science a study across three major metropolitan areas of China. *Science of the Total Environment*, Elsevier, p. 584-585, jan. 2017.
- TOLENTINO, Z.T. OLIVEIRA, L.P.S. Pachamama e o direito à vida: uma reflexão na perspectiva do novo constitucionalismo latino-americano. *Veredas do Direito*, Dom Helder, v.12, n.23, p. 313-335, jan/jun. 2015.
- TOMINAGA, M.Y.; MIDIO, A.F. Exposição humana a Trihalometanos presentes em água tratada. *Revista de Saúde Pública*, USP, v. 33, n. 44, p. 413-421, ago. 1999.

UNESCO. Resumo Executivo- Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos- Água e Emprego Relatório Executivo. Perugia-Itália, 2016. 12 p.

_____. Resumo Executivo do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Recursos Hídricos 2018. Disponível: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/environment/wwdr/>> Acesso em: 03 jul. 2018.

USIQUIMICA. FIPSQ- Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Sulfato de Alumínio, 25, fev. 2009. Disponível: <http://www.usiquimica.com.br/adm_img/fispq-22.pdf> Acesso em 29 dez. 2018.

VANDERMYDE, R. My Water, My Rights: Ethics and Implications of Water Privatization, *Concurso de ensaios de ética*, Faculdade Augustana, p. 1-15, 2015.

VAZ, C.A.B. SILVEIRA, G.L. O Modelo PEIR e Base SIG no Diagnóstico da Qualidade Ambiental em Sub-bacia Hidrográfica Urbana. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, ABRH, v.19, n.2, p. 281-298, abr./jun. 2014.

VIEIRA, L. BREDARIOL, C. Cidadania e Política ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2006. 171 p.

VIEIRA, P.M.S. STUDART, T.M.C. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, ABRH, v. 14, n.4, p. 125-136, jan. 2009.

VISVALDIS, V. AINHOA, G. RALFS, P. Selecting indicators for sustainable development of small towns: The case of Valmiera municipality. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 26, p. 21–32, 2013.

WALTON, JR. Aluminum's Involvement in the Progression of Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, v. 35, p. 7-43, jan. 2013.

WOLKMER, M.F.S.; PIMMEL, Nicole F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. *Sequência*, UFSC, n. 67, p. 165-198, dez. 2013.

WWF BRASIL, FGV. Governança dos recursos hídricos: propostas de indicadores para acompanhar sua implementação. 2014. 27 p.

YÉVENES, I. ZILLMAN, G. MUÑOZ, A. et al. Caries and fluorosis in the Santiago metropolitan region in Chile: The impact of the fluoridation of the water. *Revista Odonto Ciência*, PUCRS, v. 26, n. 2, p. 109-115. 2011

APÊNDICE A- Planilha enviada ao quadro de especialistas da técnica Delphi

INDICADORES	"X" PARA SELECIONAR	DIMENSÃO	IMPORTÂNCIA
Índice de qualidade da água (água para consumo)			
Índice de qualidade da água do corpo hídrico à montante e à jusante			
Desconformidades na qualidade da água de acordo com as normas			
Desconformidades com o enquadramento dos corpos hídricos			
Índice de captação de água para abastecimento público urbano e rural			
% abastecimento por rede geral			
% de abastecimento por poço nascente			
% Outra forma de abastecimento de água			
Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas			
Vazão dos rios para captação			
Coefficiente de escoamento superficial			
Déficit de evapotranspiração potencial relativo			
Índice de derivação de águas entre bacias hidrográficas			
Coefficiente de superávit hídrico total			
Vazões mínimas com dada duração e dado período de recorrência			
Proporção de águas pluviais reutilizadas			
Pegada hídrica total			
Frequência de limpeza de caixas d'água residenciais			
Proporção total de água utilizada			
Quantidade de produto químico utilizado no tratamento por 1000m ³ de água tratada			
Índice de perdas de água na rede geral			
Reutilização de água (%)			
Número de interrupções no sistema urbano de água e esgoto			
Volume de água produzida por unidade monetária			

Consumo de energia elétrica, por m ³ de água produzida			
Existência de reuso e reaproveitamento de água pelos usuários			
Tarifa média praticada por m ³ de água distribuído			
Índice de armazenamento de água			
Separação de águas pluviais e águas residuais			
Tarifa média praticada por m ³ de esgoto coletado ou tratado			
Extração de águas subterrâneas <i>versus</i> Disponibilidade			
Extração de águas superficiais <i>versus</i> Disponibilidade			
Consumo de água per capita			
Disponibilidade de água per capita			
Demanda hídrica			
Índice de coleta de esgotos			
Índice de tratamento de esgotos coletado			
Índice de tratamento dos esgotos em relação ao volume de água consumido			
Reutilização de águas residuais			
Qualidade do lodo de esgoto			
Índice de remoção de coliformes fecais nas estações de tratamento de esgotos (ETEs)			
% rede sanitária via esgoto			
% rede sanitária via fossa séptica			
% rede sanitária via fossa rudimentar			
% rede sanitária via vala			
% rede sanitária via rio ou lago			
% que não dispõe de instalação sanitária			
Número de vazamentos de esgoto			
Número de pontos de lançamento de esgoto "in natura" nos corpos d'água			
Número de casos de doenças de veiculação hídrica/1000 habitantes			
Óbitos por doenças de veiculação hídrica			
Nº de médicos por 1.000 habitantes			
Acesso à saúde?			
Segurança sanitária			
Índice de população atendida por			

coleta de lixo			
Acesso ao serviço de coleta de lixo doméstico			
Percentual de resíduos sólidos que são reciclados			
Destinação final do lixo			
Total de investimentos no setor de coleta de lixo			
No município existe aterro sanitário			
Coleta seletiva de lixo			
Classificação dos resíduos na fonte			
Geração de energia através de resíduos			
Compostagem			
Reuso			
Gestão e geração de resíduos perigosos			
Gestão de resíduos de construção civil			
Gestão de resíduos radioativos			
Proporção de materiais reutilizados e/ou reciclados em serviços públicos			
A bacia tem comitê de bacia?			
A bacia hidrográfica tem órgão gestor?			
O município participa do comitê de bacia?			
A bacia tem plano de bacia?			
Legislação ambiental municipal			
Conselhos municipais de meio ambiente			
A bacia tem sistema de outorga?			
A bacia tem sistema de cobrança?			
Existência de canais de participação			
Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas à população			
Existência de formas de avaliação dos sistemas urbanos de água e esgoto pela população			
Número de reclamações de falta d'água nas residências			
Prioridade de investimentos em atividades de melhoria, gerando postos de trabalho			
Números de iniciativas de proteção ambiental			
Outorga p/irrigação (m ³ /h)			

Outorga p/abast.rural (m ³ /h)			
Outorga p/abast. urbano (m ³ /h)			
Outro tipo de outorga (m ³ /h)			
Índice de satisfação social em relação ao serviço			
Proporção de consultas públicas			
Água potável em locais públicos			
Proporção de edifícios públicos com tecnologias de economia de água.			
Índice de perda de cobertura vegetal por bioma			
Índice de cobertura vegetal natural e plantada existente por bioma			
Índice de substituição de cobertura vegetal natural por cobertura plantada			
Ecosistemas significativos que são afetados pela coleta, descargas e escoamento hídricos			
Extensão de cobertura vegetal sobre os reservatórios			
Saúde do rio			
Extensão e condição das zonas úmidas			
Estimativa de estoques de peixes			
Índice de riscos de extinção de vegetais superiores			
Extensão dos rios com matas ciliares em conformidade legal			
Índice de suscetibilidade do solo à erosão acelerada			
Densidade dos focos de erosão acelerada (voçorocas)			
Probabilidade de ocorrência de secas, estiagens e inundações			
Precipitação média anual			
Densidade populacional total, urbana, rural			
Índice de captação de água para uso industrial			
Índice de pressão turística			
Índice de áreas agrícolas			
Índice de pressão da pecuária			
Índice de captação de água para uso agropecuário			
Índice de ocupação agrícola por tipo de cultivo			
Índice de urbanização			

Índice de urbanização por tipo de domínio hidrológico			
Índice de impermeabilidade do solo			
Índice de área irrigada			
Índice de perdas de água na irrigação			
Índice de rebanhos por tipo de criações			
Índice de captação de água por setor usuário			
Precipitação média anual			
Índice de indústrias com potencial poluidor			
Escassez hídrica			
Autossuficiência hídrica			
Eficiência hídrica			
Índice de Confiabilidade Hídrica (Índice de Hashimoto)			
Índice de Resiliência (Índice de Hashimoto)			
Índice de Vulnerabilidade (Índice de Hashimoto)			
Critério da sustentabilidade hídrica (Índice de Hashimoto)			
Índice de vendas ou de consumo de agrotóxicos e fertilizantes			
Capacidade instalada das estações hidrelétricas			
IDH (Índice de Desenvolvimento Humano)			
ICV (Índice de Condições de Vida)			
Expectativa de Vida ao Nascer			
Taxa de crescimento			
Índice de Mortalidade Infantil			
Taxa de redução do Índice de Mortalidade Infantil			
Índice de Analfabetismo			
Taxa de redução do Analfabetismo			
Índice de Pobreza			
Taxa de crescimento do Índice de Pobreza			
Desenvolvimento de material de informação sobre o meio ambiente			
Área de lugares para educação ambiental (ambiental)			
Nível de educação ambiental			
Número de seminários e treinamentos sobre meio ambiente			

Número de escolas com práticas em educação ambiental			
Abordagem do tema água no ensino de forma ampla			
Número de instituições com projetos de educação ambiental			
Consumo verde			

LEGENDAS

Ao lado de cada indicador uma coluna para você assinalar um “X” nos indicadores que julga mais importantes de adequado à realidade do município de Volta Redonda e aos objetivos da pesquisa. Na 3ª coluna, você deve assinalar em qual dimensão da sustentabilidade o indicador (apenas preencha para os indicadores que você assinalou o “X”) se encaixa, de acordo com a sua opinião. Na próxima coluna, você deve, em uma escala de 1 a 5, assinalar a importância do indicador.

DIMENSÕES
1 - Ambiental/Ecológica
2 - Econômica
3 - Social/Cultural
4 - Tecnológica
5 - Ética
6 - Política/Institucional
7 - Territorial

IMPORTÂNCIA
1 - Muito importante
2 - Importante
3- Pouco importante
4- Irrelevante
5- Em dúvida