

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA SANEAMENTO BÁSICO

Uma cartilha para professores do estado do
Rio Grande do Sul



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Engenharia Ambiental

Bruna Baggio Giordani
Gabriele Leão Cyganski
Natalia Pellisoli Reguly

PROFESSOR ORIENTADOR
Professor Dr. Gino Roberto Gehling

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Engenharia Ambiental

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E24 Educação ambiental para o saneamento básico: uma cartilha para professores do estado do Rio Grande do Sul [recurso eletrônico] / Bruna Baggio Giordani ... [et al.] – [Porto Alegre : Bruna Baggio Giordani, 2021].
126 p. : il. color.

Material desenvolvido por alunas do curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no âmbito do estágio em Educação Ambiental.

O orientador: Gino Roberto Gehling, também consta como autor no registro do ISBN.

ISBN 978-65-00-16184-7

1. Educação ambiental - Cartilha. 2. Saneamento básico. 3. Formação de professores. I. Giordani, Bruna Baggio II. Cyganski, Gabriele Leão III. Reguly, Natalia Pellisoli IV. Gehling, Gino Roberto V. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Engenharia Ambiental VI. Título. CDD 333.7071
CDU 37+502

Índice de ilustrações

FIGURA 1.1. POPULAÇÃO COM ACESSO À ÁGUA TRATADA NO BRASIL (%).....	11
FIGURA 1.2. PROPORÇÕES DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO, SEGUNDO O TIPO DE SERVIÇO QUE ABRANGE (2011/2017).	12
FIGURA 1.3. ODS 6 DA ONU.	12
FIGURA 2.1. ÍNDICE DE ATENDIMENTO TOTAL DE ÁGUA NO BRASIL.....	16
FIGURA 2.2. FORMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PRESENTES NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....	17
FIGURA 2.3. CLASSES DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS-DOCES E USOS RESPECTIVOS.	19
FIGURA 2.4. ENTRADA DE ÁGUA BRUTA NA ETA BELÉM NOVO (PORTO ALEGRE) RECEBENDO COAGULANTE E MISTURANDO RAPIDAMENTE.	21
FIGURA 2.5. ETAPAS DO TRATAMENTO DA ÁGUA.	23
FIGURA 2.6. ETAPAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA.	24
FIGURA 2.7. TOTAL DE ÁGUA CONSUMIDA NO BRASIL.	25
FIGURA 3.1. ATENDIMENTO TOTAL DE ESGOTO (%) POR REGIÃO NO PAÍS.	29
FIGURA 3.2. DESTINO DO ESGOTO DOS DOMICÍLIOS COM BANHEIRO OU SANITÁRIO EM 2010 (%).	30
FIGURA 3.3. RELAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS URBANOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	35
FIGURA 3.4. FUNCIONAMENTO DE UM TANQUE SÉPTICO.....	36
FIGURA 3.5. PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS UTILIZANDO LAGOA AERADA DE MISTURA COMPLETA.	38
FIGURA 3.6. LAGOAS AERADAS SEGUIDAS DE LAGOAS DE DECANTAÇÃO.....	38
FIGURA 3.7. PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODOS ATIVADOS.....	39
FIGURA 3.8. PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS UTILIZANDO UASB E FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR.	39
FIGURA 3.9. FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR.	39
FIGURA 3.10. PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS UTILIZANDO UASB.	40
FIGURA 3.11. FUNCIONAMENTO DO TRATAMENTO DE ESGOTOS NAS LAGOAS ANAERÓBIAS.....	41
FIGURA 3.12. FUNCIONAMENTO DO TRATAMENTO DE ESGOTOS NAS LAGOAS FACULTATIVAS.	41
FIGURA 3.13. LAGOAS FACULTATIVAS.	42
FIGURA 4.1 PARTICIPAÇÃO DAS REGIÕES NO TOTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS NO BRASIL.....	48
FIGURA 4.2. DISTRIBUIÇÃO DOS MUNICÍPIOS COM INICIATIVA DE COLETA SELETIVA NO BRASIL, POR REGIÕES E TOTAL NACIONAL.....	49
FIGURA 4.3. DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL, NO ANO DE 2018, EM TONELADAS POR DIA..	49
FIGURA 4.4. PERCENTUAL DE MUNICÍPIOS E NATUREZA JURÍDICA DO ÓRGÃO RESPONSÁVEL PELA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO RS, EM 2011.	50
FIGURA 4.5. VIAS DE ACESSO DE AGENTES PATOGENICOS PARA O HOMEM, ATRAVÉS DOS RESÍDUOS DISPOSTOS INADEQUADAMENTE.	54
FIGURA 4.6. ILUSTRAÇÃO DE SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.	56
FIGURA 4.7. ETAPAS EM UM ATERRO SANITÁRIO: (A) ESCAVAÇÃO, (B) E (C) COBERTURA COM GEOMEMBRANA ^[28] , (D) DISPOSIÇÃO E COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS ^[29] ; (E) E (F) COLETA E TRATAMENTO DO CHORUME ^[30]	59
FIGURA 4.8. MÉTODOS DE COMPOSTAGEM: (A) WINDROW; (B) STATIC PILE; E (C) INVESSEL.	63
FIGURA 4.9. PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM EM CANTEIROS.....	64
FIGURA 4.10. ESQUEMA DE VERMICOMPOSTEIRA DOMÉSTICA.	65
FIGURA 5.1. BALANÇO HÍDRICO EM AMBIENTE NATURAL E EM CENTRO URBANIZADO.	68
FIGURA 5.2. DESTAQUE PARA MICRO E MACRODRENAGEM.....	69
FIGURA 5.3. ESQUEMATIZAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MICRODRENAGEM URBANA.	69
FIGURA 5.4. EXEMPLO DE ESTRUTURA DE MACRODRENAGEM, NA CANALIZAÇÃO DO ARROIO DILÚVIO EM PORTO ALEGRE...	70
FIGURA 5.5. ELEMENTOS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA.	70
FIGURA 5.6. BALANÇO HÍDRICO NUMA BACIA URBANA, EM (A) CENÁRIO NÃO URBANIZADO E (B) CENÁRIO URBANIZADO.	72
FIGURA 5.7. IMPACTO DEVIDO A URBANIZAÇÃO.	72
FIGURA 5.8. CONCEPÇÃO ESTRATÉGICA DA GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS URBANAS.	73
FIGURA 6.1. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE A 08.....	79
FIGURA 6.2. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE A 12.....	81
FIGURA 6.3. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE A13.	82
FIGURA 6.4. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE ES 01.	84

FIGURA 6.5. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE ES 02.	85
FIGURA 6.6. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE ES 02.	86
FIGURA 6.7. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE ES 03.	87
FIGURA 6.8. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE ES 04.	90
FIGURA 6.9. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE RS 03.	92
FIGURA 6.10. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE RS 05.	93
FIGURA 6.11. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE RS 06.	94
FIGURA 6.12. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE RS 08.	96
FIGURA 6.13. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE DR 01.	97
FIGURA 6.14. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE DR 02.	98
FIGURA 6.15. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE DR 04.	100
FIGURA 6.16. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE DR 05.	101
FIGURA 6.17. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE SAN 01.	102
FIGURA 6.18. FIGURAS EXEMPLOS DA ATIVIDADE SAN 02.	103
FIGURA 6.19. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE SAN 03.	103
FIGURA 6.20. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE SAN 08.	106
FIGURA 6.21. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE SAN 08.	106
FIGURA 6.22. FIGURA EXEMPLO DA ATIVIDADE SAN 10.	108

Índice de tabelas

TABELA 3-1. DOENÇAS RELACIONADAS À FALTA DE SANEAMENTO E SEU MODO DE TRANSMISSÃO E PREVENÇÃO.	45
TABELA 4-1. ENFERMIDADES RELACIONADAS COM OS RESÍDUOS, TRANSMITIDAS POR MACROVETORES.....	54
TABELA 4-2. TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS PRESENTES EM RESÍDUOS SÓLIDOS.	54
TABELA 4-3. MATERIAIS SEPARADOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS IN NATURA	57
TABELA 6-1. DIRETRIZES CURRICULARES RELACIONADAS AO SANEAMENTO BÁSICO.	109

Sumário

APRESENTAÇÃO	9
PREFÁCIO	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL	15
2.1 INTRODUÇÃO	15
2.2 PANORAMAS	15
2.2.1 <i>Brasil</i>	15
2.2.2 <i>Rio Grande do Sul</i>	16
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA	17
2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA	20
2.4.1 <i>Estação de Tratamento de Água (ETA) - Tratamento Convencional - SAA</i>	20
2.4.2 <i>Tratamento Doméstico de Água</i>	24
2.5 USOS DA ÁGUA	24
2.6 DESPERDÍCIO E PERDA	25
3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO	28
3.1 INTRODUÇÃO	28
3.2 PANORAMAS	28
3.2.1 <i>Brasil</i>	28
3.2.2 <i>Rio Grande do Sul</i>	29
3.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE	30
3.4 TIPOS DE ESGOTO	31
3.5 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS	31
3.5.1 <i>Parâmetros Físicos</i>	32
3.5.2 <i>Parâmetros Químicos</i>	32
3.5.3 <i>Parâmetros Biológicos</i>	34
3.6 TRATAMENTO DOS ESGOTOS	34
3.6.1 <i>Soluções individuais</i>	35
3.6.2 <i>Soluções coletivas</i>	36
3.7 IMPACTOS CAUSADOS PELA DISPOSIÇÃO FINAL INADEQUADA DOS ESGOTOS	42
3.7.1 <i>Meio ambiente</i>	43
3.7.2 <i>Economia e sociedade</i>	43
3.7.3 <i>Saúde</i>	44
4 LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	47
4.1 INTRODUÇÃO	47
4.2 PANORAMAS	47
4.2.1 <i>Brasil</i>	47
4.2.2 <i>Rio Grande do Sul</i>	50
4.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE	50
4.4 CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS AOS RS	52
4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	53
4.6 ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS	53
4.7 ETAPAS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	55
4.7.1 <i>Coleta</i>	55
4.7.2 <i>Transporte</i>	56
4.7.3 <i>Transbordo</i>	57
4.7.4 <i>Tratamento e disposição final</i>	57
4.7.5 <i>Coleta Seletiva e processos de reciclagem</i>	61
4.7.6 <i>Compostagem e vermicompostagem</i>	62

5	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	67
5.1	INTRODUÇÃO	67
5.2	PANORAMAS	68
5.2.1	<i>Brasil</i>	68
5.3	SISTEMA DE DRENAGEM	68
5.3.1	<i>Microdrenagem</i>	69
5.3.2	<i>Macro drenagem</i>	69
5.3.3	<i>Tipos de sistema</i>	71
5.4	IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO NO CICLO HIDROLÓGICO.....	71
5.5	GESTÃO DAS ÁGUAS URBANA	73
6	SUGESTÕES DE ATIVIDADES.....	76
6.1	ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	76
	<i>A 01 - Flyer Preservação da Água</i>	76
	<i>A 02 - Folder “Você conhece o caminho da água até sua torneira?”</i>	76
	<i>A 03 - Vídeo sobre Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos d’Água</i>	77
	<i>A 04 - Vídeo sobre Usos Múltiplos da Água</i>	77
	<i>A 05 - Vídeo Programa Água Brasil</i>	77
	<i>A 06 - Vídeo Uso Racional da Água</i>	78
	<i>A 07 - Atividade com os infográficos do relatório Conjuntura ANA</i>	78
	<i>A 08 - Atividade sobre etapas do tratamento de água nas estações de tratamento de água:</i>	78
	<i>A 09 - Atividade estação de tratamento de água</i>	80
	<i>A 10 - Pegada Hídrica</i>	80
	<i>A 11 - Visita orientada a estação de tratamento de água da sua cidade</i>	80
	<i>A 12 - Qualidade da água</i>	81
	<i>A 13 - Desperdício de água</i>	81
	<i>A 14 - Vídeos videoteca SABESP</i>	83
6.2	ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO ESGOTAMENTO SANITÁRIO	84
	<i>ES 01 - O que é Eutrofização?</i>	84
	<i>ES 02 - Entendendo o tratamento de esgoto: lodo ativado</i>	85
	<i>ES 03 - Questões sobre esgotamento sanitário</i>	87
	<i>ES 04 - Cartilha DMAE: “O que acontece com o seu esgoto?”</i>	89
6.3	ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	91
	<i>RS 01 - Vídeo sobre ciclo da água e como ele afeta os resíduos sólidos urbanos</i>	91
	<i>RS 02 - Documentário “Ilha das Flores” (1989) de Jorge Furtado</i>	91
	<i>RS 03 - Separação de resíduo em sala de aula</i>	91
	<i>RS 04 - Repolho quente da reciclagem</i>	92
	<i>RS 05 - Questões sobre resíduos sólidos e reciclagem</i>	93
	<i>RS 06 - Questões sobre resíduos sólidos e proliferação de vetores</i>	94
	<i>RS 07 - Questões sobre resíduos sólidos e sua disposição final</i>	94
	<i>RS 08 - Montando uma composteira doméstica</i>	95
6.4	ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	97
	<i>DR 01 - Cartilha convivendo com inundações</i>	97
	<i>DR 02 - Drenagem não é esgoto!</i>	98
	<i>DR 03 - Vídeo “A necessidade da Drenagem Urbana”</i>	99
	<i>DR 04 - Bacias Hidrográficas</i>	99
	<i>DR 05 - Inundações Urbanas</i>	100
6.5	ATIVIDADES RELACIONADAS À DIVERSOS OS EIXOS	102
6.5.1	<i>SAN 01 - Jogo “Viva os objetivos!”</i>	102
	<i>SAN 02 - Histórias da Turma da Mônica</i>	102
	<i>SAN 03 - História “Turminha dos heróis da natureza: na luta pelo saneamento básico”</i>	103
	<i>SAN 04 - Cartilhas “Ação Global”</i>	104
	<i>SAN 05 - Documentário “Saneamento é +”</i>	104
	<i>SAN 06 - Documentário “A realidade do saneamento básico no Brasil”</i>	104
	<i>SAN 07 - Documentário “A luta pelo básico – saneamento salvando vidas”</i>	105
	<i>SAN 08 - Aprendendo mais</i>	105

<i>SAN 09 - Doenças relacionadas à falta de saneamento: a história da Cólera</i>	<i>107</i>
<i>SAN 10 - Cartilha “Cuidando do Sr. Ex-Goto”</i>	<i>107</i>
6.6 DIRETRIZES CURRICULARES RELACIONADAS AO SANEAMENTO BÁSICO.....	109
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
CAPÍTULO 1.....	118
CAPÍTULO 2.....	118
CAPÍTULO 3.....	120
CAPÍTULO 4.....	121
CAPÍTULO 5.....	123
CAPÍTULO 6.....	124

APRESENTAÇÃO

Este material foi desenvolvido por alunas do curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no âmbito do estágio em Educação Ambiental, que integra a grade curricular do curso.

PREFÁCIO

A Lei nº 9.795/1999^[1], que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental, define que a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, e deve estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. Deve ser desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal, não devendo ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino^[1].

O artigo 11 da Lei nº 9.795/1999^[1] afirma que a dimensão ambiental deve constar nos currículos de formação de professores, em todos os níveis e em todas as disciplinas, sendo que “os professores em atividade devem receber formação complementar em suas áreas de atuação, com o propósito de atender adequadamente ao cumprimento dos princípios e objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental.”

A nível estadual, é destacado no referencial curricular gaúcho^{[2],[3]} que o compromisso com a construção do sujeito integral implica, necessariamente, uma prática educacional voltada para a compreensão da realidade social, dos direitos e responsabilidades em relação à vida pessoal, coletiva e ambiental, não significando que tenham que ser criadas novas áreas ou disciplinas, mas sim que tais temáticas, como a do meio ambiente, precisam ser incorporadas nas áreas já existentes e no trabalho educativo da escola. No referencial curricular gaúcho^{[2],[3]} a educação ambiental está incorporada, principalmente, nas áreas de ciências da natureza, no componente curricular da disciplina de Ciências, e na área de ciências humanas, no componente curricular da disciplina de Geografia.

Tendo em vista que a educação ambiental integra a conservação do ambiente e sua essencialidade à qualidade de vida, o tema saneamento básico consegue envolver essas habilidades, uma vez que ao garantir melhoria na qualidade de vida da população, também é fundamental para manter o meio ambiente saudável, visto que após 13 anos da implementação da lei nº 11.445/2007^[4], atualizada pela lei nº 14.026/2020^[5], que estabelece as diretrizes para o saneamento básico, ainda há uma parcela significativa da população que carece destes serviços.

Neste sentido, aliando a necessidade de trabalhar temas de educação ambiental na educação escolar, a importância da formação dos professores neste assunto e a atual relevância do tema saneamento básico, este material foi desenvolvido para dar o suporte técnico necessário aos professores para o entendimento de questões relacionadas ao saneamento ambiental, estando compilados dados, informações técnicas e legislações vigentes referentes a cada um dos eixos do saneamento básico: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, além de estarem propostas atividades práticas para serem trabalhadas com os alunos.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido pela Lei nº 14.026/2020^[5] como um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. É um direito assegurado à população pela Constituição Federal de 1988^[6], entretanto, após mais de 30 anos da implementação dela e 13 anos da implementação da lei nº 11.445, atualizada pela lei nº 14.026/2020^[5], ainda há uma parcela significativa da população que carece destes serviços.

Alguns dados apresentados no Portal Trata Brasil - Saneamento é saúde^[7] são apresentados a seguir para nos auxiliar a entender o panorama do nosso país em relação ao saneamento básico, além de dados a nível mundial.

A nível mundial, 96% da população urbana possui acesso à água potável. Nas populações rurais, esse índice cai para 84%. Ainda, estima-se que mais de 80% da água utilizada no mundo não é coletada nem tratada, subindo para 90% quando se trata de países em desenvolvimento^[7]. Cerca de 70% da água utilizada no mundo é destinada ao setor de agropecuária^[7].

No Brasil, cerca de 83% da população possui acesso à água tratada. Já em uma perspectiva global, cerca de 91% da população tem acesso à água potável^[7]. Porém, mesmo que estes valores sejam altos, não ocorrem de maneira uniforme em todas as regiões do país e nos continentes do mundo. No nosso país, as regiões sudeste e sul são aquelas com maiores índices (91,03% e 90,19%), seguidas da região centro-oeste (88,98%), nordeste (74,21%) e norte (57,05%).

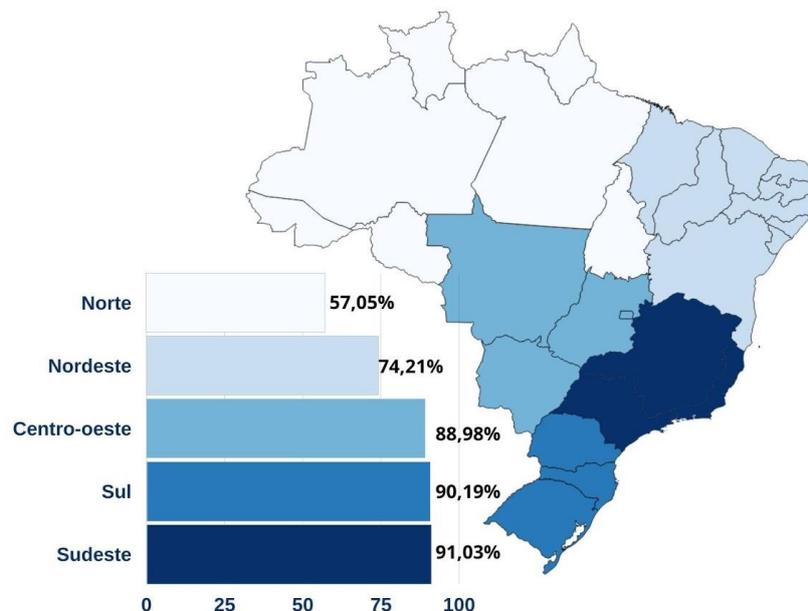


Figura 1.1. População com acesso à água tratada no Brasil (%).

Fonte: TRATA BRASIL ^[7]

Em relação aos PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico), 41,5% dos municípios brasileiros possui plano, regulamentados ou não. Na figura a seguir é apresentada a proporção de planos municipais de saneamento básico, de acordo com o tipo de serviço abrangido, para os anos de 2011 e 2017. Conforme é possível observar, os setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário são mais englobados nos PMSB (96,2% e 94,1%, respectivamente, em 2017) do que os setores de limpeza e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (79,8% e 74,6%, respectivamente, em 2017) [7].

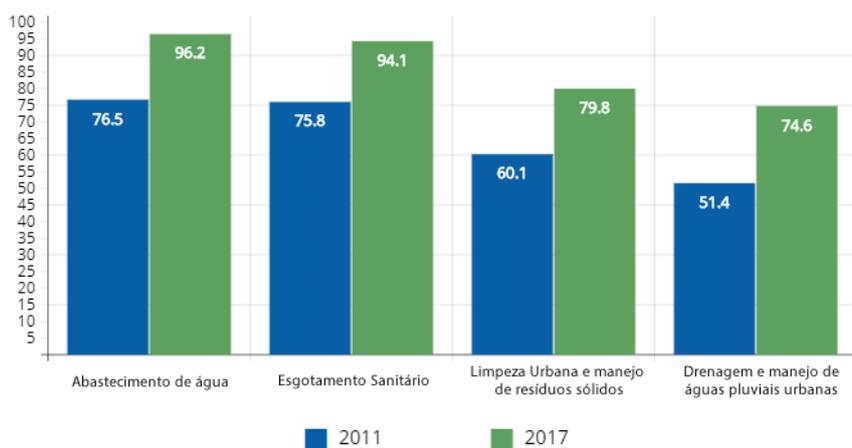


Figura 1.2. Proporções de Planos Municipais de Saneamento Básico, segundo o tipo de serviço que abrange (2011/2017).
Fonte: TRATA BRASIL [7].

O tema saneamento básico é destacado nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU [8]. O sexto objetivo engloba água potável e saneamento, visando assegurar, até o ano de 2030, a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.



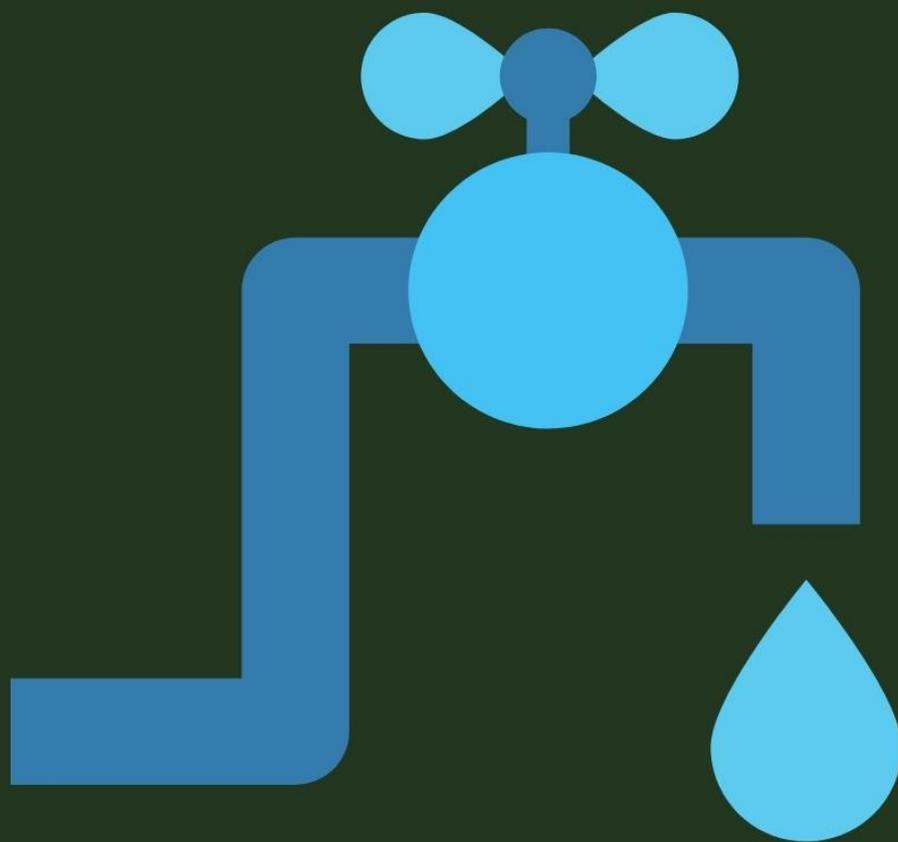
Figura 1.3. ODS 6 da ONU.
Fonte: ONU [8].

Mais especificamente, o objetivo 6 pretende:

- Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos;
- Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;
- Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;
- Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;
- Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;
- Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;
- Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso;
- Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

Outros pontos que tornam crucial o cumprimento deste objetivo são os dados da quantidade de pessoas ao redor do mundo com acesso a serviços adequados. Cerca de 270 mil crianças morrem durante o primeiro mês de vida devido às condições de prematuridade que poderiam ser evitadas com acesso à água tratada, saneamento e unidades de saúde. Ainda são 2,4 bilhões de pessoas no mundo vivendo sem saneamento adequado. São 7 pessoas em cada 10 vivendo sem saneamento adequado. Mais de 1 bilhão de pessoas no mundo ainda não possui acesso a um banheiro, isso significa que uma em cada quatro pessoas continuam a fazer suas necessidades fisiológicas ao ar livre, uma prática muito problemática, por representar um foco contínuo de doenças e de contaminação da água. Em alguns dos países menos desenvolvidos, 49% das escolas não têm acesso à água e 53% não têm acesso a instalações sanitárias^[7]. Entre 2000 e 2015, a proporção da população mundial que dispõe de pelo menos um serviço básico de saneamento aumentou de 59% para 68% e cerca de 892 milhões de pessoas ainda realizam a defecação a céu aberto^[7].

ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL



2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

2.1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais abundante no planeta, sendo fundamental para a manutenção da vida. Uma das maiores virtudes da água está em sua disponibilidade para o consumo pela sociedade, entretanto, a água disponível na natureza nem sempre se encontra sob padrões potáveis de consumo devido às características naturais ou contaminações ocasionadas por ações antrópicas. De acordo com dados do Instituto Trata Brasil^[1], cerca de 633 milhões de pessoas no mundo continuam sem acesso a uma fonte de água potável^a.

Diante desse cenário, e considerando que a água é um bem reutilizável, torna-se imprescindível o seu devido tratamento para a manutenção da qualidade de vida da população e da qualidade ambiental.

Entre outros fatores que afetam a água estão o crescimento populacional, expansão de setores produtivos como indústria e agricultura. Também a destinação inadequada de resíduos sólidos, esgoto doméstico e industrial não tratado, contaminação por defensivos agrícolas, impermeabilização do solo e desmatamento exercem pressão sobre os mananciais^[1].

Visto este cenário, foi criada em 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos (lei nº 9.433/1997)^[2], que define as diretrizes e políticas públicas voltadas para a manutenção da qualidade e melhoria da água. Ainda, propõe que a água é bem de domínio público, dotado de valor econômico, e é elemento estruturante para a implementação de políticas setoriais que favoreçam o desenvolvimento sustentável e a inclusão social.

Este capítulo abordará os panoramas da situação de abastecimento de água no país e no Rio Grande do Sul, legislação vigente relacionada ao tema, conceitos básicos sobre o assunto, etapas do tratamento de água em estações de tratamento de água, tratamento doméstico de água, distribuição de água, usos da água e desperdício.

2.2 PANORAMAS

2.2.1 Brasil

No Brasil, apenas 83,6% da população, em média, tem acesso à água tratada, logo, são quase 35 milhões de brasileiros sem o acesso a este serviço. Os percentuais de atendimento não incluem atendimento com sistemas alternativos de abastecimento de

^a Segundo o anexo XX da portaria de consolidação nº 5 do ministério da saúde de 03 de outubro de 2017^[12], “é a água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde; (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 5º, II)”, ou seja, água livre de substâncias tóxicas e microrganismos que prejudiquem a saúde.

água. São 57,2 milhões de ligações de água no país e 662,6 mil quilômetros de extensão da rede de distribuição de água tratada. Ainda, a perda de água tratada na rede de distribuição é em média 38,45% do total de água tratada no Brasil^[4]. A Figura 2.1 apresenta os índices de atendimento de água no Brasil.

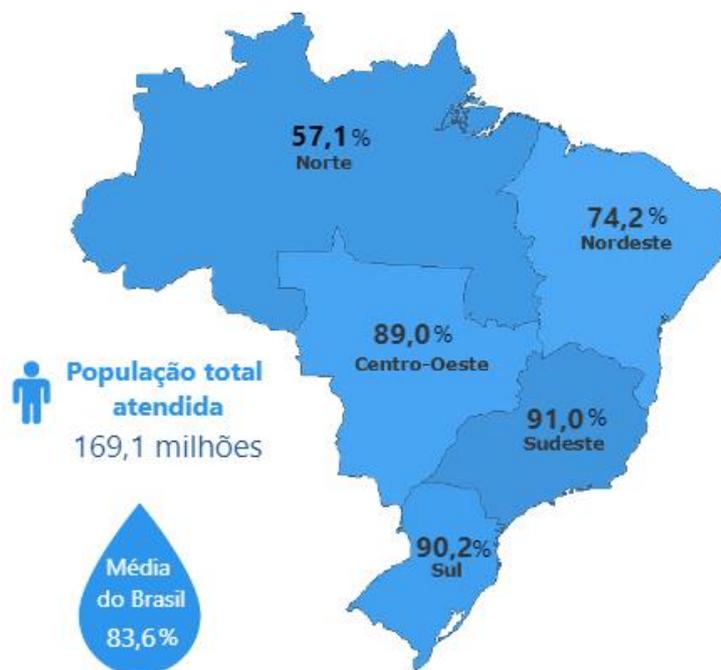


Figura 2.1. Índice de atendimento total de água no Brasil.

Fonte: SNIS (2018) ^[4]

Os serviços de saneamento do país são prestados exclusivamente por órgãos públicos (estaduais ou municipais) ou em parceria com empresas privadas, e regulamentados pela recentemente atualizada Política Nacional de Saneamento (Lei nº 11.026/2020)^[5].

2.2.2 Rio Grande do Sul

Segundo o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul^[6], no ano de 2010, 85,3% dos domicílios do estado, em média, estavam ligados a uma rede de abastecimento de água. Esse percentual é maior que a média brasileira e em algumas cidades do estado o percentual de atendimento é igual ou superior ao do estado. Porto Alegre, por exemplo, tem 100%^[7] da população com acesso à água potável.

A Figura 2.2 apresenta as formas de abastecimento de água presente no estado. Observa-se que a forma mais comum de abastecimento (85,3%) é por rede geral, ou seja, por rede de abastecimento de estações de tratamento de água. A segunda forma mais comum é por poço ou nascente na propriedade em que o domicílio está situado (11,3%).

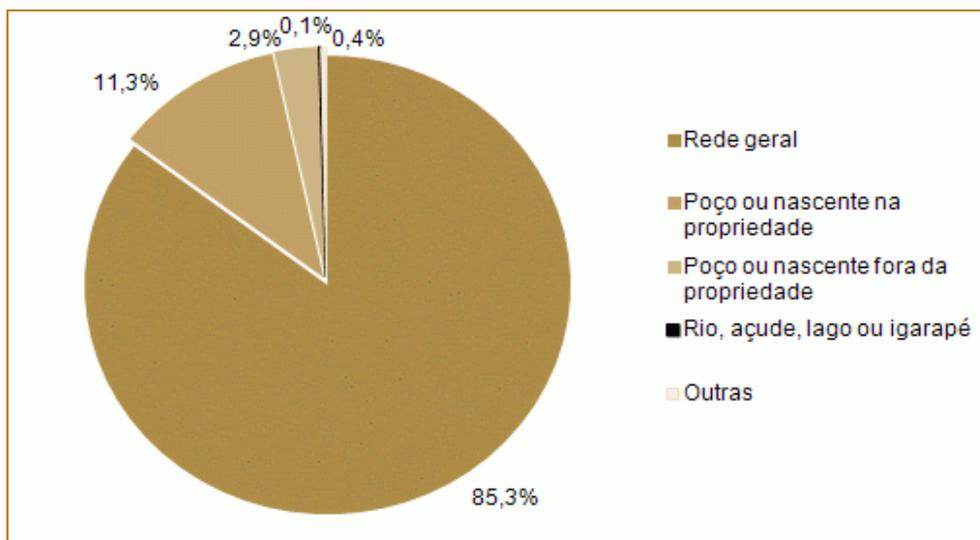


Figura 2.2. Formas de abastecimento de água presentes no estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Rio Grande do Sul (2019)^[6]

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para abastecimento público após tratamento é utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA), que foi criado nos Estados Unidos em 1970 e no Brasil começou a ser utilizado em 1975. A avaliação é composta por nove parâmetros:

1. **Temperatura da água:** é a medida da intensidade de calor e pode ser alterada em função de despejos industriais^[8]. Possui influência em propriedades da água, como densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, tendo reflexos sobre a vida aquática^[2]^[2].
2. **pH:** O pH das águas naturais encontra-se geralmente na faixa de 4 a 9. A maioria das águas é fracamente básica (alcalina) devido à presença de carbonatos e bicarbonatos, e as exceções podem ser causadas por contaminações. A variação no pH afeta o metabolismo dos microrganismos e conseqüentemente a velocidade da degradação da matéria orgânica^[2].
3. **Oxigênio dissolvido:** Indica poluição por matéria orgânica, assim, uma água não poluída por matéria orgânica é saturada de oxigênio, enquanto que baixo teor de oxigênio dissolvido pode indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água^[2].
4. **Resíduo total:** É a matéria que permanece após a evaporação ou secagem da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura^[2].
5. **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO):** Retrata, indiretamente, o teor de matéria orgânica em um corpo hídrico, sendo uma indicação do potencial consumo de oxigênio dissolvido, tendo fundamental importância na caracterização do grau de poluição^[8]. A determinação da DBO é feita observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, sendo representada por miligrama por litros (mg/L).

6. **Coliformes termotolerantes:** Por estarem presentes nas fezes humanas e serem de simples determinação, os coliformes termotolerantes são adotados como referência para indicar e medir a grandeza da contaminação dos corpos hídricos por matéria fecal^[9]. São bactérias que além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal^[2].
7. **Fósforo total:** é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, mas em excesso pode ocasionar o fenômeno de eutrofização em ambientes aquáticos^{[9],[8]}.
8. **Nitrogênio total:** assim como o fósforo, é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos, mas em excesso pode ocasionar o fenômeno de eutrofização em ambientes aquáticos^[8].
9. **Turbidez:** representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Pode estar relacionada com fontes naturais, como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos; ou com fontes antropogênicas, como despejos domésticos, industriais, microrganismos, erosão^[8].

Cada parâmetro recebe um respectivo peso e a partir desses dados é calculado por uma equação o IQA. Os valores de IQA são classificados em faixas, sendo valores muito baixos referentes à qualidade péssima da água e valores altos referentes à qualidade boa ou ótima da água^[10].

A Resolução CONAMA nº 357/2005^[11] dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, ou seja, classifica as águas em doce, salinas ou salobras, que são divididas em subclasses de acordo com os usos a que se destinam e os parâmetros de qualidade a serem seguidos. O enquadramento pretende estabelecer um nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um corpo d'água ao longo do tempo, logo é um instrumento de planejamento de gestão de recursos hídricos.

As águas doces são divididas em 4 classes e classe especial, e a água para abastecimento humano pode ser enquadrada nas classes especial, 1, 2 e 3. Se a água que for utilizada para abastecer a população for da classe especial é necessário apenas desinfecção (cloração). Se for da classe 1 é preciso realizar tratamento simplificado que é a adição de cloro e flúor na água. Se for classe 2 ou 3 é necessário realizar tratamento convencional, que é o tratamento realizado nas ETAs e que será descrito nos próximos

capítulos. Na classe 3, ainda pode ser necessário o tratamento avançado que inclui técnicas como ozonização^b, raios UV^c e membranas filtrantes^d.

A Figura 2.3 resume as classes de enquadramento das águas doces e seus respectivos usos.

USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cereíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 2.3. Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.

Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas ^[10].

Já a Portaria de Consolidação nº 05 do Ministério da Saúde^[12] dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ou seja, são análises que devem ser feitas na água que já foi tratada para assegurar sua potabilidade.

^b É considerada uma técnica avançada de tratamento de água. O ozônio é um gás azul claro formado por três átomos de oxigênio e é um oxidante muito poderoso. No tratamento de água é utilizado para eliminar uma série de compostos orgânicos e microrganismos. O ozônio não deixa residual na água como o cloro^[24].

^c É considerada uma técnica avançada de tratamento de água. A radiação UV é um processo físico, ou seja, não altera as propriedades químicas da água e ainda elimina bactérias, vírus e protozoários. Para o tratamento de água avançado são utilizados reatores UV com lâmpadas geradoras de raios UV^[25].

^d É considerada uma técnica avançada de tratamento de água. O princípio de operação é como o de um filtro. Existem vários tipos de membranas como: osmose reversa, nanofiltração, ultrafiltração, microfiltração. A diferença entre elas é o tamanho do poro da membrana, permitindo a passagem de materiais maiores ou menores por seus poros^[14].

2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA

A água captada para tratamento pode ser superficial ou subterrânea. As águas superficiais são as águas de rios, represas e lagos, ou seja, são águas que se acumulam na superfície. A água subterrânea é formada pela água que se infiltra no solo e se acumula em diferentes profundidades. A região do solo em que seus poros estão cheios de água é denominada lençol freático.

A escolha depende de características como disponibilidade de água (vazão) para atender a demanda da população, qualidade da água no local da captação e a tecnologia disponível a ser utilizada para o tratamento.

Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde^[13], definem-se três formas de abastecimento de água para consumo humano: soluções alternativas individuais (SAI), que atendem a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados; soluções alternativas coletivas (SAC), que fornecem água para uso coletivo (com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição); e sistema de abastecimento de água (SAA), que é destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável por meio de rede de distribuição.

Em SAI e SAC geralmente é realizado tratamento simplificado da água, que seria apenas cloração e fluoretação. Em SAA é realizado tratamento convencional que é abordado no próximo tópico. Ainda, é abordado o tratamento doméstico de água.

2.4.1 Estação de Tratamento de Água (ETA) - Tratamento Convencional - SAA

2.4.1.1 Captação:

A captação é o conjunto de equipamentos e instalações projetados para tomada de água do manancial. É a primeira unidade do sistema de abastecimento de água^[14]. O conjunto de equipamentos e instalações para captar água bruta é chamado de Estação de Bombeamento de Água Bruta (EBAB).

Nesse sistema a água passa por grades ou telas (gradeamento) que retém os sólidos de maior volume em suspensão ou flutuação para depois ser conduzida por adutoras^e de água bruta^f até as Estações de Tratamento de Água (ETAs) onde será tratada.

^e Canal, galeria ou encanamento que conduz a água de um ponto ao outro. Pode ser adutora de água bruta, que conduz a água de captação até a estação de tratamento de água, ou ainda adutora de água tratada, que conduz a água potável da estação de tratamento de água até os reservatórios de distribuição^[14].

^f Água da captação antes de receber qualquer tipo de tratamento^[14].

2.4.1.2 Pré Tratamento

O pré-tratamento consiste em aplicar agentes oxidantes e carvão ativado^g na água bruta com o objetivo diminuir a quantidade de matéria orgânica^h e reduzir o gosto e o odor oriundos de florações de algasⁱ.

2.4.1.3 Coagulação e Floculação

Esta etapa ocorre quando a água bruta chega à ETA. Um coagulante primário (sulfato de alumínio ou cloreto de polialumínio) é adicionado à água bruta em uma unidade mistura rápida que tem por objetivo agitar a água para que ocorra sua mistura com o coagulante. O coagulante provoca o aglutinamento das partículas sólidas em suspensão, como os microrganismos e sujeiras, formando flocos maiores, mais pesados, passíveis de serem removidos com maior facilidade e rapidez pelas próximas etapas do tratamento. A Figura 2.4 mostra a entrada de água bruta na ETA Belém Novo em Porto Alegre recebendo coagulante e misturando rapidamente.

A floculação é a etapa em que os pequenos flocos coagulados se unem para formarem flocos maiores e ocorre em unidades de mistura lenta na ETA.



Figura 2.4. Entrada de água bruta na ETA Belém Novo (Porto Alegre) recebendo coagulante e misturando rapidamente.

Fonte: Joel Vargas/PMPA^[26].

^g Carvão que passa por processo de ativação (faz com que os poros do carvão fiquem maiores), assim o carvão atrai para esses poros as partículas que causam o gosto ruim na água.

^h De acordo com CETESB^[22], a “matéria orgânica é todo material de origem vegetal ou animal produzido no próprio ambiente aquático ou introduzido nele por meio de despejos ou pelo arraste por água da chuva”.

ⁱ De acordo com CETESB^[23], é um crescimento excessivo de algas podendo-se observar alterações na coloração da água (manchas de cor vermelha, marrom ou azul-esverdeada) causada por excesso de nutrientes na água.

2.4.1.4 Decantação

A decantação, ou sedimentação, é um processo natural de separação de sólidos dispersos em meio líquido, o qual utiliza a força da gravidade para separar partículas mais densas que a água. O decantador é um tipo de tanque em que a água passa lentamente e os flocos maiores e pesados formados na etapa de floculação vão depositando no fundo do decantador^[14].

No fundo do decantador são projetadas descargas de fundo para que seja possível rotineiramente esvaziar os decantadores e ser realizada a limpeza com remoção do lodo formado pelos flocos sedimentados^[14].

A água livre de flocos que sai do decantador é coletada por calhas vertedoras que a levam para a próxima etapa de tratamento.

2.4.1.5 Filtração

É a passagem de água por um meio poroso (filtro) de alta eficiência, em que são contidos os finos e partículas indesejáveis que não sedimentaram na etapa anterior^[14].

O meio filtrante é composto por uma ou mais camadas de material granular, como areia e antracito, em que a água passa com fluxo descendente. Também é realizada rotineiramente a limpeza dos filtros que ocorre com a passagem ascendente da água para expandir o meio filtrante e remover as partículas que ficam retidas no filtro. A água livre de partículas é retirada pelo fundo para a próxima etapa.

2.4.1.6 Desinfecção/cloração

É um processo químico que tem por finalidade eliminar organismos patogênicos que possam transmitir doenças pela água. No Brasil utiliza-se o cloro como agente desinfetante.

2.4.1.7 Fluoretação

É a adição de flúor à água tratada para reduzir a incidência de cárie dentária, conforme prevê a legislação (Portaria BSB nº 635/1975)^[15].

2.4.1.8 Alcalinização

É a correção do pH após o tratamento, visto que ele pode ser alterado conforme passa pelas etapas de tratamento nas quais ocorrem processos físicos-químicos, e o pH deve estar nos padrões exigidos pela legislação de qualidade da água potável.

2.4.1.9 Análise final

A água da ETA é analisada constantemente em seus laboratórios para garantir a eficiência dos processos de tratamento. Os ensaios abrangem os meios físicos, químicos e biológicos, analisando parâmetros relevantes para garantir a qualidade da água de saída. Os parâmetros de qualidade da água atualmente são orientados pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde de 28 de setembro de 2017^[12].

2.4.1.10 Reservação e distribuição

O armazenamento e a distribuição são as últimas etapas pelas quais a água passará até chegar ao local em que será consumida. A água tratada é armazenada em reservatórios e depois, por meio de adutoras de água tratada, segue por redes de distribuição para seus usuários. Ao chegar às residências a água costuma ser armazenada em caixas d'água (reservatórios). Elas devem ser mantidas bem vedadas para evitar que insetos e sujeiras entrem em contato com a água que será utilizada pelas pessoas.

A Figura 2.5 e a Figura 2.6 resumem as etapas do tratamento de água abordadas anteriormente.



Figura 2.5. Etapas do tratamento da água.

Fonte: DMAE ^[7]

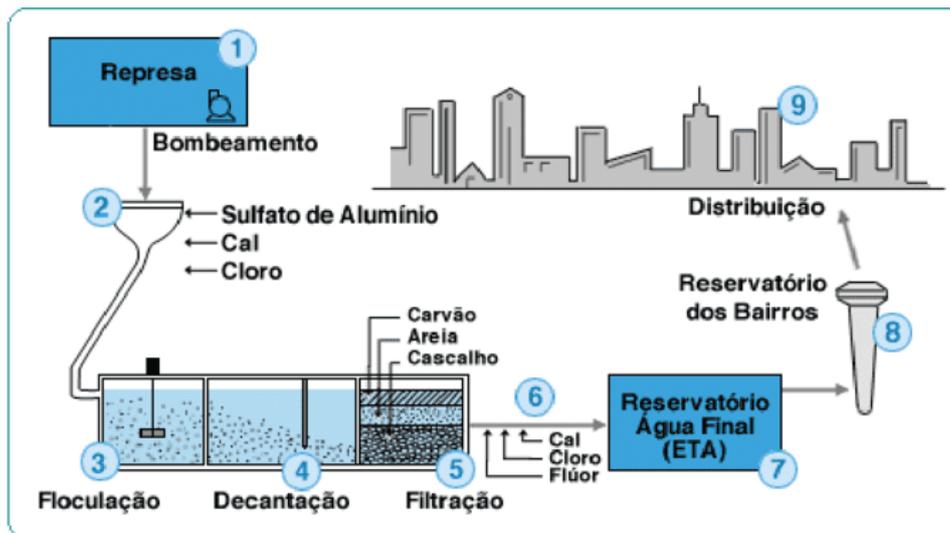


Figura 2.6. Etapas do tratamento de água.

Fonte: SABESP [16].

2.4.2 Tratamento Doméstico de Água

A água que fica armazenada em cisternas (água da chuva) pode ser utilizada para consumo humano desde que passe por um tratamento doméstico. Após enchentes a água de abastecimento pode ficar comprometida, então também é sugerido o tratamento doméstico como adicional. A indicação do Ministério da Saúde^[17] é que a água seja filtrada (filtro de barro, coador de papel ou pano limpo) e depois fervida por três minutos. Caso não seja viável ferver, é possível adicionar à água filtrada hipoclorito de sódio 2,5% (água sanitária) na proporção de duas gotas de água sanitária para um litro de água.

2.5 USOS DA ÁGUA

Os usos da água são divididos em usos consuntivos e usos não consuntivos. Os usos não consuntivos são aqueles que não retiram água dos mananciais e não a consome, como pesca, lazer, navegação. Os usos consuntivos são aqueles em que a água é retirada do manancial para ser destinada ao seu uso, como por exemplo, irrigação, abastecimento humano, dessedentação de animais, fins industriais, mineração, geração de energia^[18]. A Figura 2.7 apresenta as porcentagens da água consumida no país.

O consumo médio de água do brasileiro é de 154,9 litros por dia^[4]. Segundo a ONU, é possível utilizar apenas 110 litros de água por dia para atender as necessidades básicas das pessoas.

TOTAL DE ÁGUA CONSUMIDA NO BRASIL

Média anual (2018)

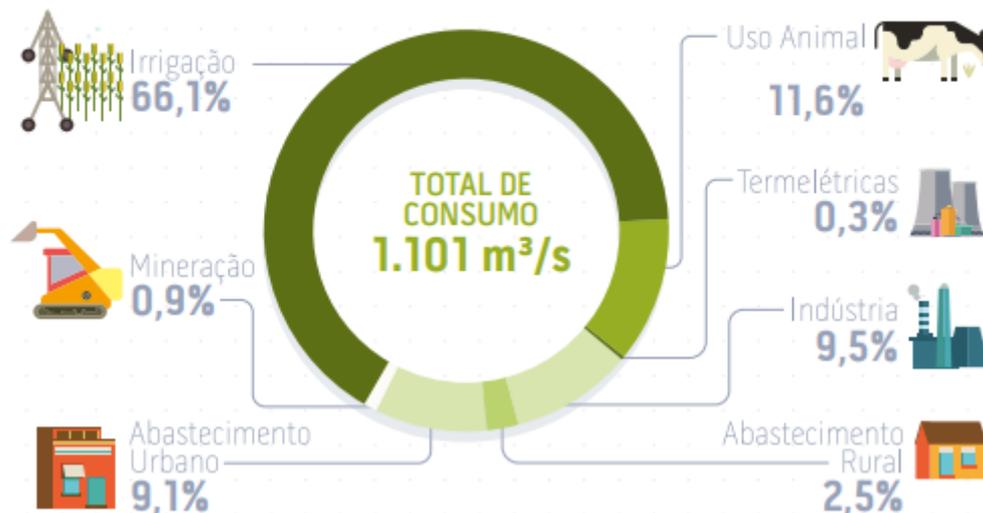


Figura 2.7. Total de água consumida no Brasil.

Fonte: ANA (2019)^[19]

2.6 Desperdício e Perda

Perda e desperdício são semelhantes pois os dois consomem mais água do que o necessário. A perda seria como uma entrada que não é efetivamente utilizada. Um exemplo relacionado ao abastecimento de água é a perda na rede de distribuição, que no Brasil é em média 38,45%^[4] da água tratada na ETA. Podem ser por vazamentos, erros de leitura, furto ou outros problemas.

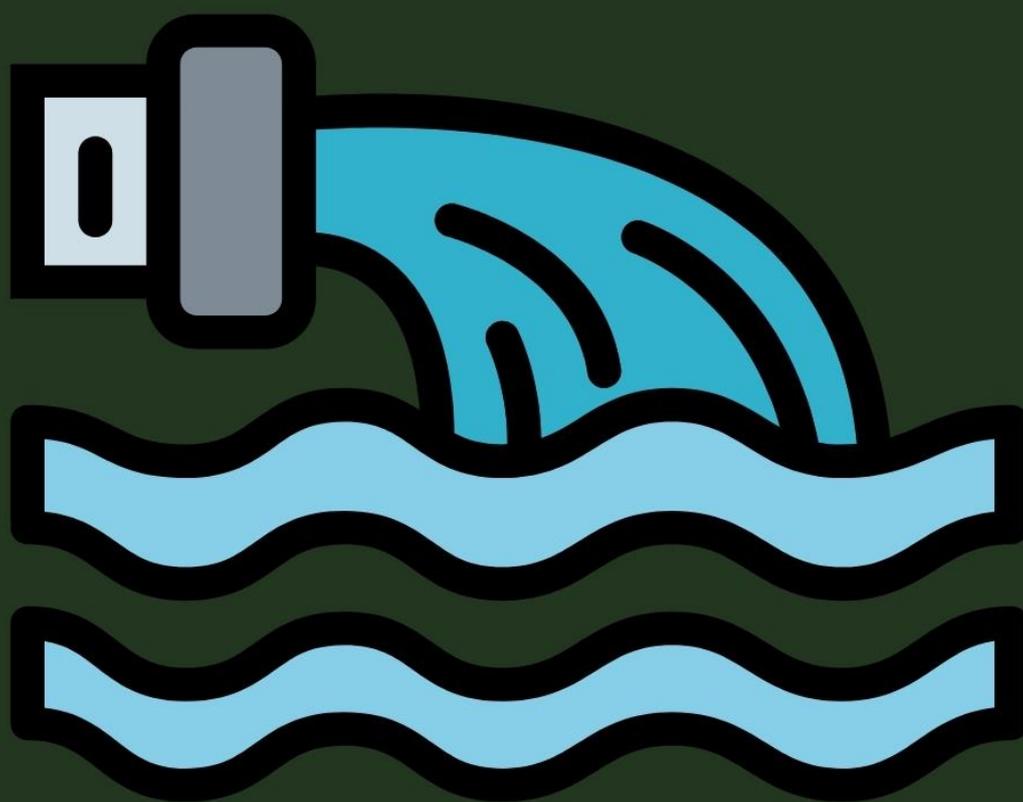
O desperdício seria a utilização excessiva de um recurso de entrada (a água) para se obter uma saída. Um exemplo seria um balde transbordando porque a quantidade de água a ser colocada no balde é maior que a capacidade do recipiente.

Atitudes que podem ser tomadas para evitar desperdício são fechar bem as torneiras evitando que fiquem pingando ou com um escoando um filete de água, destinar corretamente o óleo de cozinha usado (não despejar na pia ou no vaso, visto que o óleo pode obstruir encanamentos e poluir a água), se possível, optar por caixas de descarga que utilizam menos água por acionamento^[7]. É importante também substituir o uso de água potável para fins que ela não é exigida, como para irrigar gramados ou lavar carro, pátio e calçada.

As atitudes citadas acima são importantes, mas não são apenas elas que irão ajudar a diminuir o consumo de água no país ou no mundo, visto que no Brasil, por exemplo, apenas 16,6% da água total consumida é utilizada para abastecimento (urbano e rural). O restante é utilizado para produzir alimentos, bens e produtos que utilizamos. Então, escolher um alimento ou um produto que utilize menos água na sua produção é também uma atitude importante para reduzir o consumo de água global.

Para isso existe a pegada hídrica (*water footprint*)^[20], que nos ajuda a entender como as escolhas de produção e consumo afetam os recursos naturais, nesse caso, a água. Ela considera o volume total de água utilizado direta e indiretamente durante a produção e consumo de bens e serviços. A pegada hídrica pode ser calculada para pessoas individuais, processos, produtos, cadeia produtiva, para negócios, bacias hidrográficas e nações.

ESGOTAMENTO SANITÁRIO



3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3.1 INTRODUÇÃO

De acordo com o artigo 3 da Lei nº 14.026/2020^[1], o esgotamento sanitário é um serviço constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final^a adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

Os esgotos são despejos provenientes das diversas modalidades de uso da água. Nos países em desenvolvimento, um elevado percentual da população não dispõe de condições sanitárias básicas para o lançamento adequado do esgoto produzido^[2]. De acordo com dados do Instituto Trata Brasil^[3], 2,4 bilhões de pessoas no mundo ainda vivem sem saneamento adequado. Este fato, aliado à deficiência de educação em saúde, faz com que os esgotos ainda sejam descartados indiscriminadamente na superfície do solo, com consequente poluição^b e/ou contaminação^c deste e das águas superficiais e subterrâneas^[2]. A sua devolução direta ao meio ambiente, especialmente nos corpos hídricos, pode causar vários inconvenientes, como problemas ao meio ambiente e à saúde pública.

Neste capítulo são abordados os panoramas da situação do esgotamento sanitário no país e no Rio Grande do Sul, legislação vigente relacionada ao tema, conceitos básicos sobre o assunto, diferenças entre os tipos de esgoto e suas características, tratamento de esgoto e suas etapas e impactos do lançamento inadequado de esgoto.

3.2 PANORAMAS

3.2.1 Brasil

Segundo dados do levantamento do SNIS realizado em 2018, no Brasil, apenas 53,2%^d da população, em média, possui atendimento por redes de esgoto, logo, são

^a Destino final dos esgotos. Após o tratamento, os esgotos podem ser lançados no corpo d'água receptor ou, eventualmente, aplicados no solo, ou ainda serem submetidos a tratamentos complementares para o reuso agrícola ou urbano^[2]

^b Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos^[23]

^c É a presença, em um ambiente, de seres patogênicos ou substâncias em concentração nociva ao ser humano; no entanto, se não resultar em uma alteração das relações ecológicas, a contaminação não é uma forma de poluição.

^d O percentual não inclui o atendimento com sistemas alternativos.

cerca de 101 milhões de brasileiros sem o acesso a este serviço^[4]. Analisando o percentual de domicílios com esgotamento sanitário, ou seja, os domicílios que possuem rede coletora ou fossa séptica ligada à esta rede, de acordo com dados do IBGE de 2019, são 68,3% do total de domicílios atendidos^[5].

No total, são 32,5 milhões de ligações de esgoto no país e 325,6 mil quilômetros de extensão da rede coletora de esgoto. Entretanto, nem todo esgoto coletado é conduzido a uma estação de tratamento, fazendo com que apenas 46,3% do esgoto coletado seja tratado^[4]. Os esgotos não coletados têm destinos diversos, como encaminhamento para fossas sépticas ou fossas negras^e, lançamento em rede de águas pluviais, disposição direta no solo ou nas massas d'água^[6]. Destaca-se que a solução individual com fossa séptica diminui o impacto do lançamento desses efluentes nos corpos hídricos, desde que executada adequadamente e em condições propícias a sua aplicação.

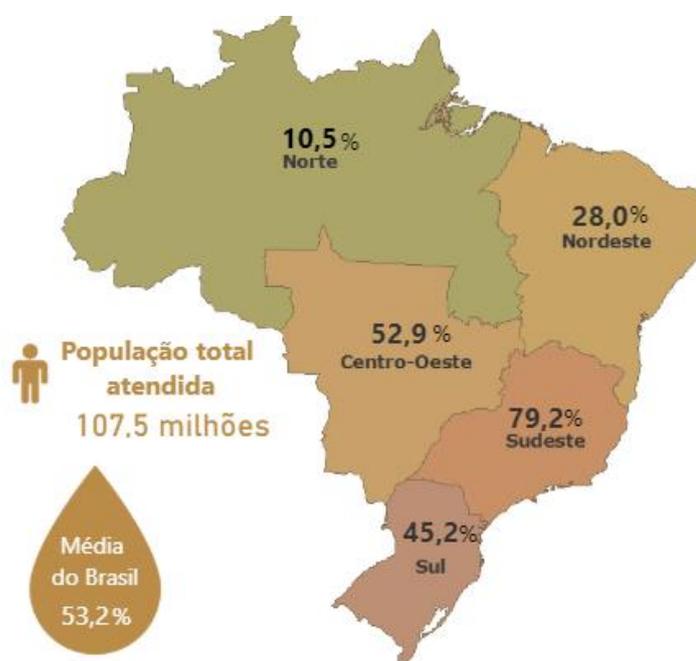


Figura 3.1. Atendimento total de esgoto (%) por região no país.

Fonte: SNIS (2018)^[4]

3.2.2 Rio Grande do Sul

Segundo dados do levantamento do SNIS realizado em 2018, no Rio Grande do Sul 67,9%^f da população não possui coleta de esgoto e o índice de esgoto tratado referido à água consumida é de apenas 26,2%^[4]. Quando avaliado somente a população urbana, o índice da população atendida por coleta de esgoto sobe para 37%.

^e Também chamadas de fossas rudimentares, são buracos feitos no solo sem revestimento. Neste tipo de fossa parte do esgoto infiltra no solo e outra parte sofre decomposição dentro dela, sendo que os dejetos que infiltram no solo podem causar contaminação do solo e da água subterrânea.

^f O percentual não inclui o atendimento com sistemas alternativos.

O Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul^[7] indica que, em 2010, do total de domicílios do estado, 99,34% possuem banheiro de uso exclusivo do domicílio ou sanitário e destes, 74,57% encontram-se ligados à rede geral de esgoto ou pluvial ou à fossa séptica, apresentando taxas superiores às brasileiras. Desta forma, dentre as soluções mais aceitas para descarte dos esgotos sanitários domésticos no estado, ainda é elevado o índice de utilização da fossa séptica.

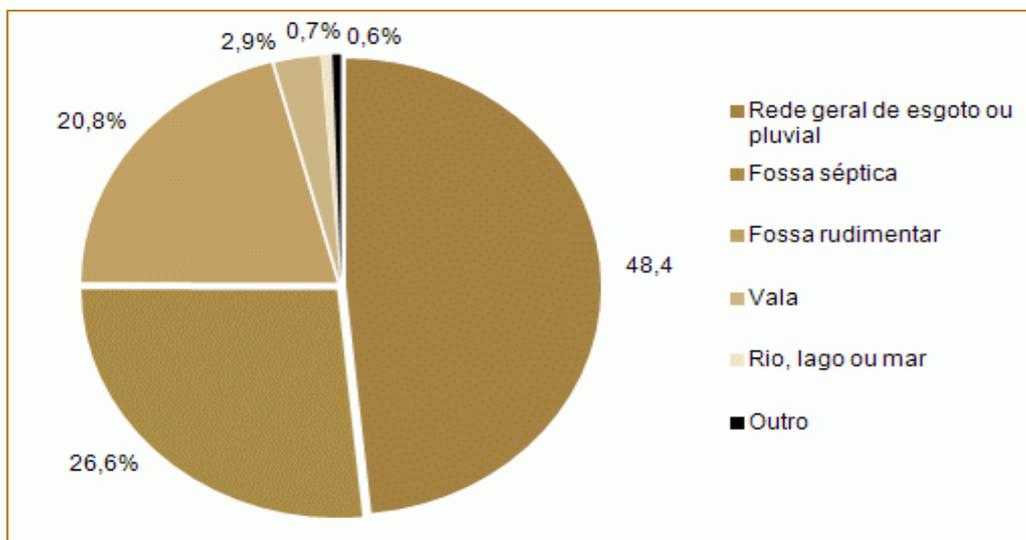


Figura 3.2. Destino do esgoto dos domicílios com banheiro ou sanitário em 2010 (%).
Fonte: Rio Grande do Sul (2019)^[7]

3.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE

A Resolução CONAMA nº 430/2011^[8] dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores, complementando e alterando parcialmente a Resolução CONAMA nº 357/2005. A referida resolução institui algumas proibições, como: lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)[§] nos efluentes; diluição de efluentes com águas de melhor qualidade; lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados, nas águas de classe especial; lançamento de efluente que cause efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo hídrico receptor.

A nível estadual, a resolução CONSEMA nº 355/2017^[9] dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos, em função da vazão, para as fontes

[§] Compostos sintéticos resistentes à degradação e altamente estáveis e, portanto, muito persistentes no ambiente. São tóxicos e apresentam grande capacidade para a bioacumulação e biomagnificação, ou seja, apresentam acúmulo progressivo ao longo da teia alimentar^[22]. São encontrados em pesticidas, Policlorobifenilos (PCBs) e Dioxinas e Furanos, sendo estes resultantes sobretudo de incinerações industriais e de resíduos.

geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul, sendo considerados nesta lei, portanto, efluentes domésticos e industriais.

Ainda a nível estadual, a resolução CONSEMA nº 245/2010^[10] dispõe sobre a fixação de procedimentos para o licenciamento de sistemas de esgotamento sanitário, considerando etapas de eficiência^h, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissãoⁱ e os padrões das classes dos corpos hídricos receptores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005^[11] e em conformidade com os Planos de Saneamento e de Recursos Hídricos.

3.4 TIPOS DE ESGOTO

Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA^[2], os esgotos são classificados de acordo com a sua origem em dois grupos principais: esgotos domésticos e esgotos industriais.

A composição dos esgotos domésticos é essencialmente orgânica, compreendendo as águas que contêm a matéria originada pelos dejetos humanos no esgotamento de peças sanitárias e as águas servidas provenientes das atividades domésticas, tais como banho, lavagens de pisos, utensílios, roupas^[2]. Os esgotos domésticos podem ser divididos em águas negras (proveniente das instalações sanitárias) e águas cinzas (proveniente de banhos, lavagens e demais usos domésticos).

Já nos esgotos industriais, a composição pode variar de orgânica à mineral, geralmente mais rica em sólidos dissolvidos^j minerais do que os esgotos domésticos^[2]. Compreendem os resíduos orgânicos, de indústria de alimentos, matadouros, e outros com predominância da agroindústria; as águas residuárias procedentes de indústrias de metais, químicas e outros; as águas residuárias procedentes de indústrias de cerâmica, água de refrigeração, e de tantos outros ramos da indústria.

3.5 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS

As características dos esgotos variam em função dos usos à qual a água foi submetida, o clima, a situação social e econômica, e os hábitos da população^[12]. As substâncias componentes dos esgotos podem ser representadas por meio de

^h Parâmetros de qualidade de efluentes, a fim de se alcançar progressivamente, por meio do aperfeiçoamento dos sistemas e processos de tratamento, o atendimento às classes dos corpos hídricos^[10].

ⁱ Valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais. ^{[9],[10]}

^j Matéria que está dissolvida em um efluente. Corresponde ao que passa por um filtro com tamanho de poros aproximado de 1,2 micrômetros^[13].

parâmetros diretos ou indiretos, divididos em três categorias: físicos, químicos e biológicos^[13]. Alguns destes parâmetros normalmente são usados pelo órgão ambiental para definir o potencial poluidor do esgoto^{[8],[9]} e o grau de tratamento necessário^[10].

3.5.1 Parâmetros Físicos

1. **Temperatura:** é a medida da intensidade de calor e pode ser alterada em função de despejos industriais^[13]. Possui influência em propriedades da água, como densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, tendo reflexos sobre a vida aquática^[12].
2. **Odor:** os odores característicos do esgoto são causados pelos gases formados no processo de decomposição, sendo que a velocidade deste processo é proporcional ao aumento da temperatura do esgoto^[2].
3. **Cor:** pode estar relacionada com a decomposição natural da matéria orgânica ou com o despejo de resíduos industriais, como tinturarias e produção de papel, e esgotos domésticos^[13]. A cor indica o estado de decomposição do esgoto, sendo que a tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica de esgoto produzido recentemente e a cor cinza escura ou preta é típica de esgoto antigo^[2].
4. **Turbidez:** representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Pode estar relacionada com fontes naturais, como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos; ou com fontes antropogênicas, como despejos domésticos, industriais, microrganismos, erosão^[13].

3.5.2 Parâmetros Químicos

1. **Oxigênio Dissolvido (OD):** é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração^k em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos^{[2],[13]}. Indica poluição por matéria orgânica, assim, uma água não poluída por matéria orgânica é saturada de oxigênio, enquanto que baixo teor de oxigênio dissolvido pode indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água^[12]. O valor mínimo de OD para preservação da vida aquática, estabelecido pela legislação no Brasil, é de 5,0 mg/L ^[11].
2. **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** retrata, indiretamente, o teor de matéria orgânica em um corpo hídrico, sendo uma indicação do potencial

^k Fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou seja, a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento de efluentes, é realizada por mecanismos essencialmente naturais ^[13].

consumo de oxigênio dissolvido, tendo fundamental importância na caracterização do grau de poluição^[13]. A determinação da DBO é feita observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido e nos esgotos domésticos brutos varia entre 200 e 400 mg/L^{[8],[9]}, podendo ser mais elevada dependendo da região e das características do esgoto^[2].

3. **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** Seu valor representa o consumo de oxigênio para a oxidação química do esgoto. É obtida por meio de um forte oxidante (dicromato de potássio), enquanto na DBO a oxidação é realizada pela ação dos microrganismos^[2].
4. **Fósforo:** é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, mas em excesso pode ocasionar o fenômeno de eutrofização^l em ambientes aquáticos^{[2],[13]}. Na água o fósforo apresenta-se principalmente nas seguintes formas: ortofosfatos, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos, que são provenientes do solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos, são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem necessidade de conversões a formas mais simples. O fósforo orgânico e os polifosfatos, que são moléculas mais complexas, transformam-se em ortofosfatos nos tratamentos de esgoto e nos corpos d'água receptores^[13].
5. **Nitrogênio:** assim como o fósforo, é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos, mas em excesso pode ocasionar o fenômeno de eutrofização em ambientes aquáticos^[13]. Tem sua origem pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, da lixiviação^m de áreas fertilizadas ou por excrementos de animais. Alterna-se entre várias formas e estados de oxidação. As bactérias transformam o nitrogênio orgânico em amônia (NH₄) e, posteriormente, na ação de oxidação, em nitritos (NO₂) e depois em nitratos (NO₃⁻). Assim, a forma predominante do nitrogênio em um curso de água pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição: recente (nitrogênio orgânico ou amônia) ou antiga (nitrato com baixas concentrações de nitrito)^{[2],[13]}.
6. **Matéria inorgânica:** nos esgotos domésticos é formada principalmente pela presença de componentes minerais, sólidos em suspensãoⁿ e substâncias

^l Processo de enriquecimento das águas de ecossistemas aquáticos por meio do aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo. Pode ser um processo natural, devido à falta de mistura entre as camadas superficiais e profundas de um ecossistema aquático, ou artificial, com o aporte de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais nos corpos d'água. Este enriquecimento produz mudanças na qualidade da água, como a redução do oxigênio dissolvido, morte de peixes e aumento da incidência de florações de algas e cianobactérias^[20].

^m Extração ou solubilização dos constituintes químicos de uma rocha, mineral, solo, depósito sedimentar entre outros, pela ação de um fluido percolante.

ⁿ Matéria que está dissolvida em um efluente. Corresponde ao que fica retido após passagem de um volume conhecido por um filtro com poros de tamanho aproximado de 1,2 micrômetros^[13].

minerais dissolvidas^[2]. É a matéria que permanece após a evaporação ou secagem da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura^[12].

3.5.3 Parâmetros Biológicos

As características biológicas são de fundamental importância pois indicam a possibilidade de transmissão de doenças pelos corpos hídricos além de definir a possibilidade ou impossibilidade de uso dos corpos hídricos para balneabilidade e recreação.

As principais características biológicas do esgoto doméstico estão vinculadas aos grupos de microrganismos presentes, sendo os principais: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas. Destes grupos as bactérias são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza quanto nas estações de tratamento^[2].

1. **Coliformes termotolerantes:** Por estarem presentes nas fezes humanas e serem de simples determinação, os coliformes termotolerantes são adotados como referência para indicar e medir a grandeza da contaminação dos corpos hídricos por matéria fecal e também como indicadores da eficiência de remoção de organismos patogênicos^o no tratamento dos esgotos^[2]. São bactérias que além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos^p, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal^[12].
2. ***Escherichia coli (E.Coli):*** é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas^[12].

3.6 TRATAMENTO DOS ESGOTOS

O tratamento dos esgotos sanitários objetiva a redução da matéria orgânica através da redução de DBO, redução dos microrganismos patogênicos, do material sólido e dos nutrientes presentes nos esgotos sanitários, destinando para a natureza uma água de melhor qualidade^[6]. A Figura 3.3 ilustra a relação entre o sistema de abastecimento urbano de água e o sistema de esgotamento sanitário. Em resumo, a água que é captada de um determinado manancial, tratada e distribuída para uso da

^o Organismos capazes de produzir doenças infecciosas aos seus hospedeiros sempre que esteja em circunstâncias favoráveis, inclusive do meio ambiente. Podem ser bactérias, vírus, protozoários, fungos ou helmintos^[21].

^p Também conhecidos como endotérmicos, são os animais de sangue quente, que mantém sua temperatura corporal constante, independente da temperatura do ambiente.

população, volta para a natureza na forma de esgoto, que deve ser tratado antes de ser feito o lançamento no corpo receptor⁹.

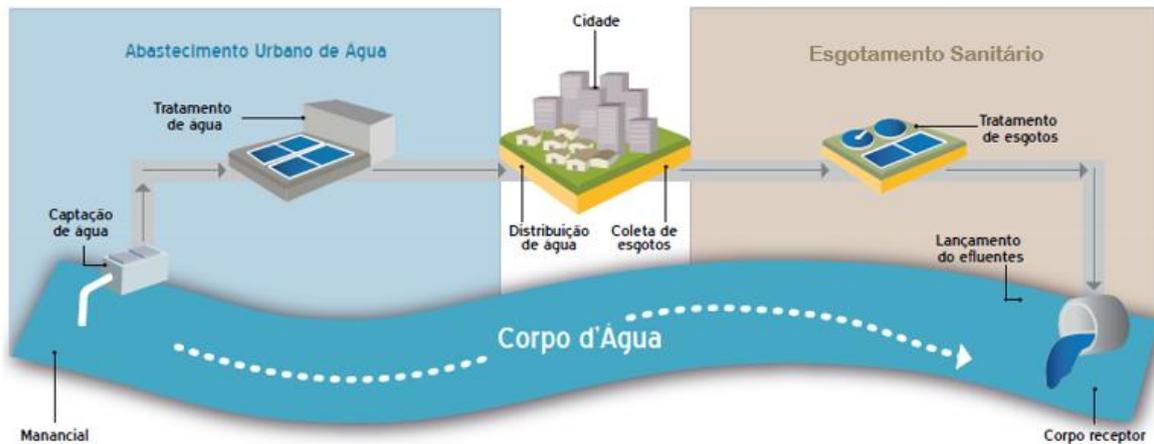


Figura 3.3. Relação entre os sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Fonte: Adaptado de ANA (2017)^[6]

Os esgotos sanitários podem ter coleta individual ou coletiva. No primeiro, o tratamento e a disposição final são realizados localmente, em uma residência ou em um grupo pequeno de residências. No sistema coletivo, os esgotos são coletados em sistemas unitários ou separadores. A coleta nos sistemas unitários ocorre na mesma canalização de drenagem das águas pluviais. No sistema separador, a coleta de esgotos sanitários é feita separadamente da coleta das águas pluviais.

A seleção dos processos de tratamento de esgotos está relacionada às características do efluente produzido, sendo que o método adotado depende das características físicas, químicas e biológicas do mesmo^[14], além de estar relacionada às características do corpo receptor e da legislação vigente^[6]. No entanto, a escolha do processo de tratamento de uma não se restringe apenas às exigências ambientais, de saúde pública e/ou legais, devendo ser considerados também aspectos econômicos, sociais e operacionais, como por exemplo a disponibilidade de área para construção e os anseios da comunidade^[6].

3.6.1 Soluções individuais

No meio rural, em que as residências são isoladas, bem como em áreas de baixa densidade habitacional, os custos de construção de rede coletora de esgoto são elevados, por vezes inviabilizando sua implantação. Nestes locais deve ser utilizado um sistema individual para tratamento destes efluentes, sendo indicado um conjunto composto por uma unidade chamada de tanque séptico, mais conhecido como fossa séptica, seguido de unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes^[2].

⁹ Curso ou massa de água em que é lançado o efluente final do sistema esgotos ^[2].

O tanque séptico são unidades simples de tratamento onde os sólidos sedimentáveis são depositados no fundo, permanecendo um tempo longo e suficiente para a sua estabilização, que ocorre em condições anaeróbias. Na superfície ficam retidos os sólidos não sedimentados como óleos, graxas, gorduras e outros materiais que formam a espuma, também decomposta anaerobiamente^[2]. A Figura 3.4 mostra o funcionamento geral de um tanque séptico.

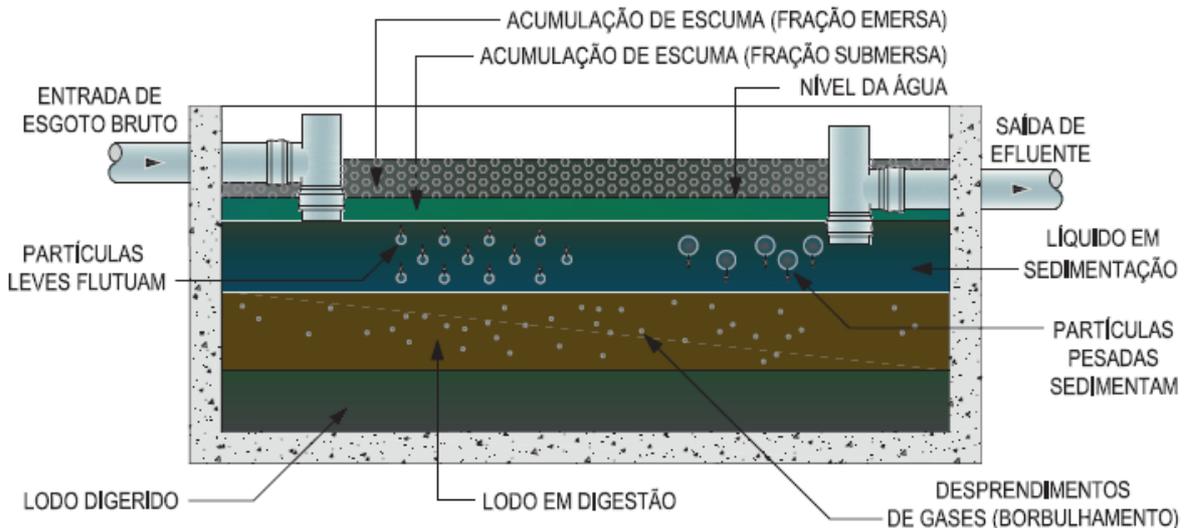


Figura 3.4. Funcionamento de um tanque séptico.

Fonte: Brasil (2018) ^[2]

Salienta-se que quando não dimensionadas, não executadas e não mantidas de forma adequada, as fossas sépticas podem resultar em problemas de contaminação ambiental do solo e da água^[2]. Ainda, apenas a fossa séptica não garante a qualidade para lançamento do esgoto no meio ambiente, sendo necessário que os seguintes itens sejam executados em conjunto^[12]:

- Utilizar caixa de gordura na saída da tubulação da cozinha;
- Separar a água de chuva, devendo ser encaminhada para a galeria de águas pluviais, ou diretamente para o solo;
- Utilizar filtro anaeróbio após a fossa séptica, pois o efluente da fossa séptica passando pelo leito de pedras deste filtro entra em contato com as bactérias adsorvidas neste meio filtrante, o que favorece a decomposição do restante da matéria orgânica ainda presente no esgoto;
- Realizar a retirada do lodo anualmente ou conforme a necessidade, procedimento que deve ser feito por empresa licenciada.

3.6.2 Soluções coletivas

Nos centros urbanos com elevada densidade demográfica, a solução mais indicada é a rede coletora pública de esgoto seguida de estação de tratamento de

esgoto – ETE, em que este tem suas cargas poluidoras reduzidas antes de ser lançado em algum corpo receptor^[2]. Existem diversos tipos de tratamento de esgoto. A seguir é feita uma breve descrição das etapas do processo de tratamento.

3.6.2.1 *Tratamento preliminar*

Nesta etapa é feita a remoção dos sólidos grosseiros em suspensão e de materiais inertes e pesados através da utilização de grades, e a separação da água residual das areias a partir da utilização de desarenadores^[2]. O tratamento preliminar é um processo exclusivamente físico e visa condicionar os esgotos às etapas seguintes do tratamento. Este processo também inclui uma instalação para medição da vazão afluente^r à estação de tratamento.

3.6.2.2 *Tratamento primário*

Nesta etapa ocorre a equalização^s e neutralização^t da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e adição de produtos químicos. Na sequência são removidos os sólidos em suspensão sedimentáveis, incluindo a parte da matéria orgânica em suspensão grossa através dos processos de floculação e sedimentação^[2].

3.6.2.3 *Tratamento secundário*

Esta etapa tem como objetivo principal a remoção da matéria orgânica e uma eventual remoção de microorganismos e nutrientes como nitrogênio e fósforo, tendo predominância dos mecanismos biológicos, ou seja, reações bioquímicas, nestes processos^[2]. Os processos aplicados para o tratamento podem ser processos aeróbios ou anaeróbios.

No processo de tratamento aeróbio ocorre a introdução de oxigênio na massa líquida. Isso é feito para dar condições para o desenvolvimento dos microorganismos aeróbios, que só vivem em presença de ar e assimilam matéria em grande quantidade no esgoto. São exemplos comuns de tratamento aeróbio as lagoas aeradas, o filtro biológico e os lodos ativados^[2].

- **Lagoas aeradas:** são classificadas em dois diferentes tipos, sendo elas a lagoa aerada facultativa e lagoa aeróbia com mistura completa^[2]. O processo necessita de oxigênio e a profundidade das lagoas varia de 3,0 a 5,0 metros. Os aeradores servem para garantir oxigênio no meio e manter os sólidos bem separados do

^r Refere-se à vazão de entrada para tratamento na ETA ou ETE.

^s É uma etapa realizada quando há variações significativas nas vazões e concentrações de águas residuárias industriais, pois os processos de tratamento biológicos funcionam melhor quando as vazões e concentrações não apresentam variações muito significativas.

^t Etapa do tratamento de esgotos que consiste na adição de ácidos (ou bases) para neutralizar despejos alcalinos (ou ácidos), quando necessário. Em resumo, serve para ajustar o pH do efluente antes de iniciar as demais etapas do tratamento.

líquido, ou seja, em suspensão. A qualidade do esgoto após o tratamento na lagoa aerada não é adequada para lançamento direto pois contém ainda uma grande quantidade de sólidos. Desta forma, estas lagoas são geralmente seguidas por lagoas de decantação^{[2],[15]}.

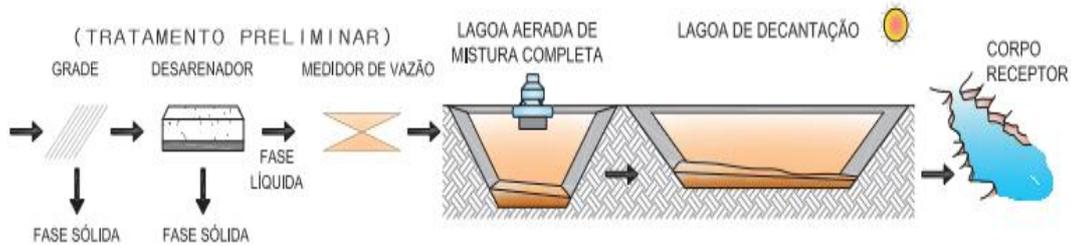


Figura 3.5. Processo de tratamento de esgotos utilizando lagoa aerada de mistura completa.

Fonte: Von Spearling (2005) *apud* Brasil (2018) ^[2].



Figura 3.6. Lagoas aeradas seguidas de lagoas de decantação.

Fonte: SABESP^[15]

- Lodo ativado:** o processo convencional de tratamento por lodos ativados tem como objetivo a remoção da matéria orgânica com uma eficiência de aproximadamente 90% e consiste em duas fases: líquida e sólida^[15]. Após o processo de degradação da matéria orgânica nos tanques de aeração e do processo de sedimentação que ocorre nos decantadores secundários, o efluente clarificado é devolvido ao meio ambiente. A fase sólida diz respeito ao tratamento e disposição da massa biológica (lodo) gerada durante o tratamento. São adicionados produtos químicos ao lodo para condicionamento e desaguamento e disposição em centrífugas ou filtros prensas para aumentar o teor de sólidos para transporte e disposição final em aterros sanitários^[15].

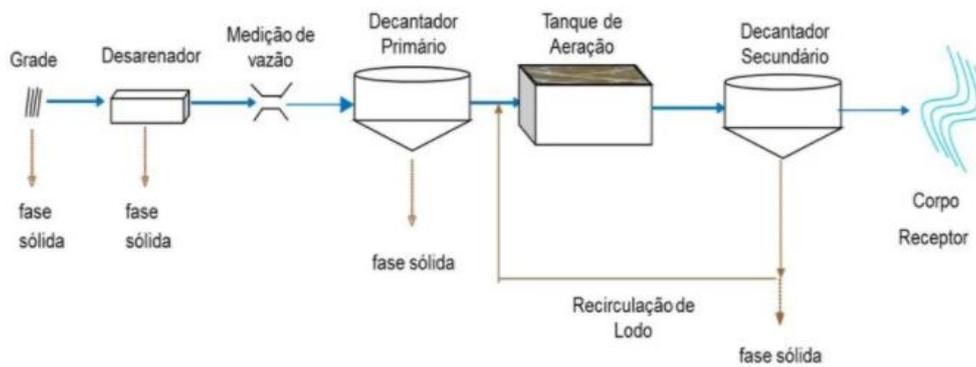


Figura 3.7. Processo de tratamento de esgotos por lodos ativados.
 Fonte: Portal tratamento de água [16]

- Filtro biológico percolador:** consiste de um tanque preenchido com material de alta porosidade (pedra ou peças plásticas), no qual a alimentação do esgoto é feita na parte superior e segue percolando pelo meio suporte até o fundo. Esta passagem permite o crescimento da biomassa na superfície do material de suporte e posteriormente o contato da matéria orgânica do esgoto com o biofilme aderido. Geralmente é utilizado para complementar o tratamento feito com reator UASB, e eficiência de tratamento deste conjunto (UASB + filtro biológico percolador), situa-se entre 80% e 92%^[2].

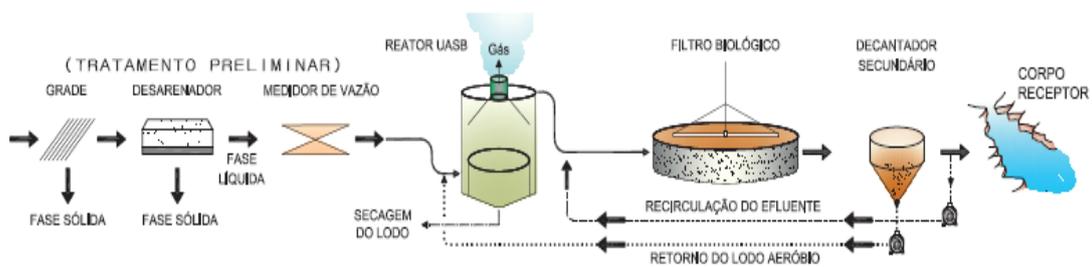


Figura 3.8. Processo de tratamento de esgotos utilizando UASB e filtro biológico percolador.
 Fonte: Von Spearling (2005) *apud* Brasil (2015) [2]



Figura 3.9. Filtro biológico percolador.
 Fonte: Brasil (2018) [2].

No processo de tratamento anaeróbio o esgoto é tratado por meio de bactérias que não necessitam de oxigênio. Exemplos deste tipo de tratamento são o reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), filtro anaeróbio e lagoas anaeróbias^[2].

- **Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB):** é um reator fechado. O afluente deve ser distribuído uniformemente no fundo a fim de gerar um fluxo hidráulico ascendente, o qual na subida passa por um manto de lodo biológico com elevada atividade metabólica anaeróbia, funcionando, assim, como um filtro. Os sólidos suspensos ficam retidos no manto e ocorrem também reações bioquímicas nos sólidos solúveis, enquanto o líquido continua a subir até a calha de coleta superior do efluente do reator. A eficiência deste tratamento atinge de 60% a 70% sendo necessário um tratamento complementar^[2].

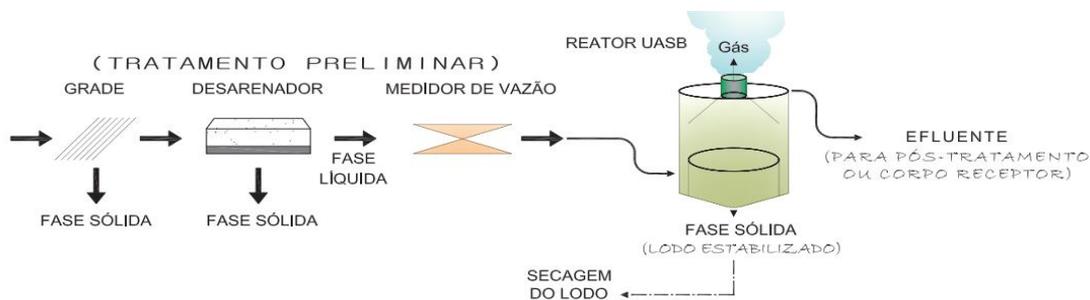


Figura 3.10. Processo de tratamento de esgotos utilizando UASB.

Fonte: Chernicharo (1997) *apud* Brasil (2018)^[2].

- **Filtro anaeróbio:** tem como princípio promover o contato dos compostos orgânicos solúveis contidos no esgoto a ser tratado com uma massa de sólidos biológicos mantida no reator para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica. A diferença para com os reatores UASB é que no filtro anaeróbio existe um meio suporte (geralmente brita), contido em um tanque de forma cilíndrica ou retangular, no qual os microrganismos crescem aderidos. A eficiência deste tratamento varia de 60% a 85% na remoção de DBO^[2].
- **Lagoa anaeróbia:** são lagoas profundas (entre 3 e 5 metros de profundidade) a fim de reduzir a penetração de luz nas camadas inferiores, condicionando assim a ação exclusiva dos microrganismos anaeróbios, que convertem a matéria carbonácea em biogás. Além disso, nestas lagoas a carga de matéria orgânica afluente deve ser elevada, de modo a provocar ausência de oxigênio dissolvido na massa líquida e evitar a ação fotossintética das algas. A eficiência esperada na remoção da DBO varia de 50% a 70%, sendo influenciada diretamente pela temperatura^[2].

Ainda há os processos de tratamento que misturam condições aeróbias e anaeróbias, como é o exemplo das lagoas facultativas^[2].

- Lagoas facultativas:** este tipo de lagoa pode ser implantada como tratamento secundário ou como pós-tratamento de qualquer unidade prévia, especialmente lagoa anaeróbia e reator UASB^[2]. Têm de 1 a 2 metros de profundidade, sendo que as condições aeróbias são mantidas nas camadas superiores das águas, enquanto as condições anaeróbias predominam em camadas próximas ao fundo da lagoa. As bactérias que vivem nas lagoas utilizam o oxigênio produzido por algas para oxidar a matéria orgânica. A eficiência de tratamento esperada fica entre 70% e 85%.

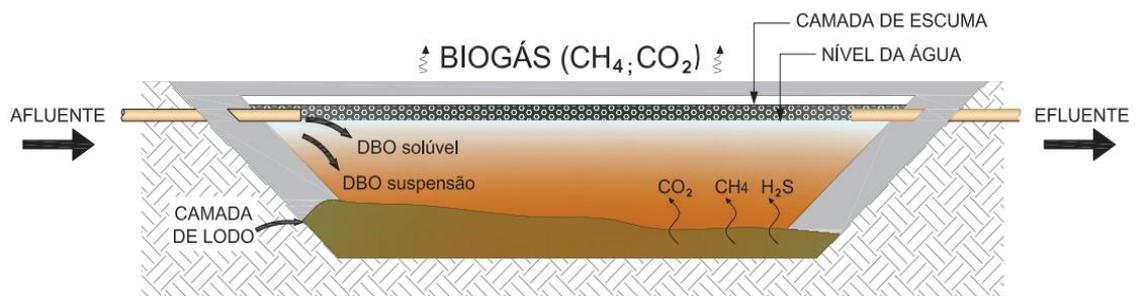


Figura 3.11. Funcionamento do tratamento de esgotos nas lagoas anaeróbias.

Fonte: Brasil (2018) ^[2].

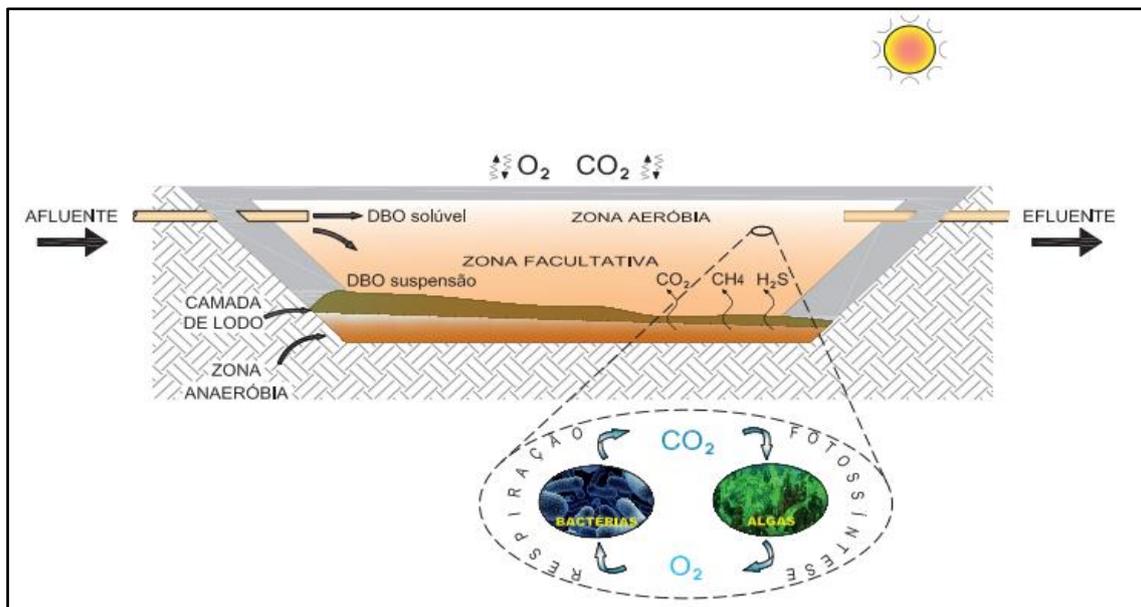


Figura 3.12. Funcionamento do tratamento de esgotos nas lagoas facultativas.

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005) *apud* Brasil (2018) ^[2].



Figura 3.13. Lagoas facultativas.

Fonte: SABESP^[15].

3.6.2.4 Tratamento terciário

O tratamento terciário pode ser utilizado para completar a remoção de poluentes não suficientemente reduzidos no nível secundário de tratamento e/ou para remoção de compostos não biodegradáveis^u, de nutrientes, de poluentes tóxicos, de metais pesados, de microrganismos patogênicos e outros^[2]. Geralmente é utilizado em indústrias, quando se pretende utilizar o efluente do tratamento em algumas das formas de reuso de água no processo produtivo.

Cita-se os seguintes exemplos de processos^[2] que podem ser utilizados nesta etapa: cloração, ozonização ou radiação UV para a remoção de patogênicos; osmose reversa, troca iônica ou eletrodialise para remoção de sólidos dissolvidos; filtração com membranas para remoção de sólidos suspensos; processos oxidativos avançados (POAs) ou adsorção em carvão ativado para remoção de compostos orgânicos; processos específicos de remoção de nutrientes para remoção de nutrientes como, por exemplo, fósforo.

3.7 IMPACTOS CAUSADOS PELA DISPOSIÇÃO FINAL INADEQUADA DOS ESGOTOS

As definições de saúde, saneamento e meio ambiente estão vinculadas, sendo o esgoto um dos resíduos geradores de poluição que deve ser controlado pelo saneamento para evitar, ou minimizar, os efeitos deletérios sobre a saúde, o ambiente e o desenvolvimento econômico e social de uma localidade, região ou país^[2]. Dispor o esgoto sem o adequado tratamento compromete a qualidade da água causando impacto na saúde da população, além de dificultar o atendimento de usos a jusante, como abastecimento humano, balneabilidade, irrigação, dentre outros^[6]. A seguir são apresentados os impactos que podem ser causados pela disposição final inadequada de esgotos.

^u Compostos que não se decompõe naturalmente. Geralmente feitos de materiais sintéticos.

3.7.1 Meio ambiente

De acordo com o Manual de Saneamento da FUNASA^[2] as soluções sustentáveis para o tratamento e a disposição final dos esgotos são importantes para evitar que:

- Substâncias presentes nos esgotos exerçam ação deletéria nos corpos de água. A matéria orgânica pode causar a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido nas águas superficiais, provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e exalação de odores desagradáveis;
- Detergentes presentes nos esgotos provoquem a formação de espumas em locais de maior turbulência da massa líquida;
- Defensivos agrícolas determinem a morte de peixes e outros animais;
- Nutrientes presentes possibilitem a aceleração da eutrofização dos corpos de água, pelo crescimento excessivo de algas, que conferem odor, gosto e introduzem biotoxinas ao meio;
- Inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas (areias) presentes na água produzam assoreamento^v e tragam problemas estéticos desagradáveis pela degradação da paisagem;
- Desequilíbrio ecológico proveniente do lançamento indevido provoque o agravamento dos problemas de escassez de água.

Além disso, pode-se destacar a problemática da contaminação do solo e águas subterrâneas, quando os esgotos são dispostos inadequadamente. Quando se trata de pequenas cidades o desenvolvimento da maioria delas é realizado com uso de fossas sépticas que, se mal dimensionadas ou usadas de forma indevida, contaminam o lençol freático^[17]. Nas áreas urbanas é elevado o percentual de uso das fossas negras, que não possuem impermeabilização adequada e também contaminam o solo e água subterrânea. Além disso, vazamentos nas redes de esgotos das áreas urbanas tendem a contaminar os aquíferos com o despejo de poluentes.

3.7.2 Economia e sociedade

No aspecto do desenvolvimento econômico e social, os fatores relacionados ao saneamento inadequado interferem^[2]:

- na diminuição da vida média do homem, pelo aumento da mortalidade em consequência do aumento dos casos de doenças;
- no aumento das despesas com o tratamento de doenças;

^v Processo pelo qual o leito de um rio ou lago se modifica em função do acúmulo de sedimentos e detritos levados para dentro dele.

- no aumento do custo do tratamento da água de abastecimento, devido à baixa qualidade da água bruta, causada pela poluição dos mananciais;
- na poluição das praias e dos locais de recreação, diminuindo o uso destes locais para turismo. Estima-se que os ganhos de renda do turismo no Brasil devidos à universalização do saneamento seja de R\$ 2,1 bilhões por ano^[3];
- na diminuição da disponibilidade hídrica^w, dificultando a instalação de indústrias;

Além disso, segundo dados do IBGE (2018)^[5], o aluguel médio das moradias com saneamento no Brasil é de 795,58 reais por mês, enquanto que nas moradias sem saneamento o valor fica em 178,42 reais mensais. É estimado, ainda, que a renda das pessoas com saneamento é de 2.947,06 reais mensais, frente à 501,21 reais mensais das pessoas sem saneamento. Desta forma, evidencia-se que há uma relação direta entre a carência de saneamento e desigualdade social, sendo que os maiores impactos estão nas famílias de baixa de renda^[18].

3.7.3 Saúde

O saneamento básico possui relação direta com as condições de saúde da população de uma localidade. Assim, a incidência de doenças de veiculação hídrica ou relacionadas com a falta de serviços de saneamento adequados são indicadores importantes de salubridade ambiental, além de indicarem áreas que habitam populações mais vulneráveis e com piores serviços de saneamento, incluído nestes o esgotamento sanitário.

De acordo com dados do ano de 2017^[19], a diarreia, considerada, por vezes, uma doença de veiculação hídrica, mata 2.195 crianças por dia no mundo e faz mais vítimas do que a Aids, a malária e o sarampo juntos, sendo a segunda causa de morte entre meninos e meninas entre 1 mês e 5 anos no mundo.

Em 2018, no Brasil, foram registradas mais de 230 mil internações por doença de veiculação hídrica, totalizando 90 milhões em gastos com internações por estas doenças no SUS, além de 2.180 óbitos^[3]. Ao analisar os números do Rio Grande do Sul, foram mais de 7 mil internações totais por doenças de veiculação hídrica em 2018 e 156 óbitos.

A Tabela 3-1 apresenta doenças relacionadas à contaminação por fezes, seu modo de transmissão e medidas de prevenção^[2].

^w quantidade de água disponível que depende de condicionantes naturais como precipitação e evapotranspiração.

Tabela 3-1. Doenças relacionadas à falta de saneamento e seu modo de transmissão e prevenção.

Fonte: Brasil (2018) [2]

Organismos	Principais doenças e <u>agentes etiológicos</u> ^x	Modo de transmissão	Medidas de prevenção
Bactéria	Cólera (<i>Vibrio cholerae</i>); Febre tifoide (<i>Salmonella typhi</i>); Febre paratifoide (<i>Salmonella paratyphi</i> dos tipos "A", "B" ou "C"); Doenças diarreicas agudas – DDA (<i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella spp</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i>)	É específico para cada agente etiológico e pode acontecer por transmissão direta de pessoa a pessoa (ex: mãos contaminadas) ou indireta por ingestão de água e alimentos contaminados.	Implantação ou melhoria da infraestrutura dos serviços de abastecimento de água para consumo humano, coleta e tratamento de esgotos, no sentido de prover a população de condições adequadas de saneamento básico. Promoção de atividades de educação em saúde.
Vírus	Hepatites virais A (HAV) e E (HEV); Poliomielite (<i>Poliovírus</i>); Doenças diarreicas agudas – DDA (<i>Norwalk</i> , Rotavírus dos grupos A, B e C)	As hepatites virais A e E são transmitidas pela via fecal-oral e estão relacionadas às condições de saneamento básico, higiene pessoal, qualidade dos alimentos. Poliomielite - Ocorre por contato direto pessoa a pessoa, pela via fecal-oral (mais frequentemente), por objetos, alimentos e água contaminados com fezes de doentes ou portadores, ou pela via oral-oral.	Hepatites A e E – Medidas que visem cuidados com a água de consumo, manipulação de alimentos e com as condições de higiene e saneamento básico. As vacinações são as principais medidas de prevenção da poliomielite e diarreia por rotavírus.
Protozoário	Doenças diarreicas agudas – DDA (<i>Entamoeba histolytica</i> , <i>Giardia lamblia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Balantidium coli</i>); Toxoplasmose (<i>Toxoplasma gondi</i>)	Fecal-oral, alimentos e água contaminados. No caso do <i>Cryptosporidium</i> a transmissão também pode ser direta de pessoa a pessoa e por animais domésticos. A infecção por Toxoplasmose pode ocorrer por ingestão de oocistos provenientes de solo contaminado com fezes de gatos ou ingestão de carne crua e mal cozida infectada com cistos, em especial de porco e carneiro.	Instalações sanitárias (implantação e manutenção), eliminar fezes de gatos em local seguro, higiene na manipulação de alimentos e preparo de alimentos.
Helmintos	Geo-helmintíases - Ascariíase (<i>Ascaris lumbricoides</i>), Trichuriase (<i>Trichuris trichiura</i>), Ancilostomíase (<i>Ancylostoma duodenale</i> e <i>Necator americanus</i>) Esquistossomose Mansonii (<i>Schistosoma mansoni</i>), Teníase (<i>Taenia solium</i> , <i>Taenia saginata</i>), cisticercose (<i>Taenia solium</i>)	A ascariíase e a tricuríase ocorrem mediante ingestão de ovos embrionados presentes em alimentos crus mal lavados ou pela ingestão de água contaminada. Já a ancilostomíase ocorre mediante penetração ativa das larvas infectantes na pele do hospedeiro. O homem adquire a esquistossomose por meio da penetração ativa da cercária na pele. A Teníase é adquirida pela ingestão de carne de boi ou de porco mal cozida, que contém as larvas. A Cisticercose pela ingestão de ovos de <i>T. Solium</i> .	As ações de saneamento principalmente com implantação ou melhoria de infraestrutura sanitária como instalações hidrossanitárias domiciliares e esgotamento sanitário. Para Teníase / Cisticercose higiene dos alimentos. Controle ambiental pela deposição correta dos dejetos (saneamento básico) e prática de hábitos higiênicos.

^x agente causador de uma doença.

LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS



4 LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.1 INTRODUÇÃO

O serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é um dos eixos do saneamento básico, o qual é definido na Lei no 11.445/2007 ^[1], atualizada pela lei nº 14.026/2020 ^[2]. O próprio termo “resíduos sólidos” pode ser classificado conforme a ABNT NBR 10.004/2004 ^[3] como “sendo aqueles que, nos estados sólido ou semissólido (lodos de ETA e ETE^a), resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, de serviços, de varrição ou agrícola. Incluem-se, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição e líquidos que não possam ser lançados na rede pública de esgotos, em função de suas particularidades.”

No Brasil, ano de 2018, foram geradas cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos, das quais 6,32 toneladas não foram coletadas ^[4]. Na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010 ^[5], fica determinado que todo material produzido pelas atividades domésticas e comerciais a serem coletados pelos serviços de limpeza pública, devem ser encaminhados para destinação final apenas quando não é possível seu reaproveitamento, seja por meio da reciclagem, da reutilização, da compostagem ou da geração de energia.

Neste contexto, entende-se que é necessário o estudo adequado sobre a origem de cada tipo de resíduo, suas características e, principalmente, como realizar sua disposição final de forma adequada, seguindo as legislações vigentes e reduzindo os impactos ambientais o máximo possível.

Neste capítulo, serão apresentados os panoramas referentes aos resíduos sólidos no Brasil e Rio Grande do Sul, abordadas legislações vigentes, informações sobre a coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, além de abordados os funcionamentos de processos de reciclagem e de compostagem.

4.2 PANORAMAS

4.2.1 Brasil

O Brasil é um país com proporções continentais. Por isso, muitas vezes a tarefa de implementar mudanças e melhorias municipais acaba sendo algo complicado e muitas vezes ocorre de forma lenta, havendo grande disparidade entre as estatísticas relacionadas aos resíduos sólidos de acordo com as regiões do país.

^a ETA: estação de tratamento de água; ETE: estação de tratamento de esgoto.

Conforme é apresentado no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019 ^[6], são produzidas cerca de 217 mil toneladas de resíduos sólidos, por dia, no país. Em média, cada brasileiro gera pouco mais de 1 quilo de resíduo por dia. No ano de 2018, mais de 50% dos resíduos coletados estão na região sudeste (53%), seguido da região Nordeste, com 22%, da região Sul, com 10,8%, da região Centro-Oeste, com 7,5% e da região Nordeste, com 6,6% (Figura 4.1).

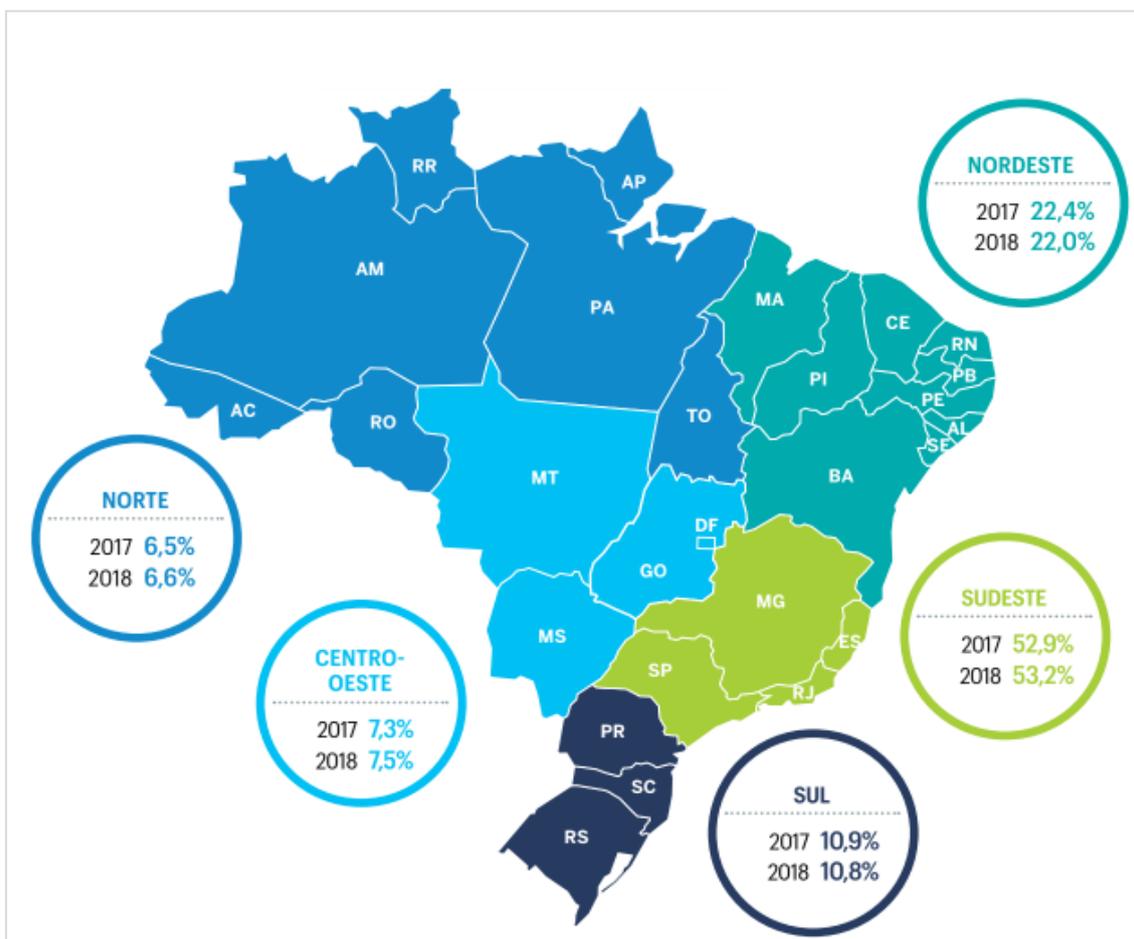


Figura 4.1 Participação das regiões no total de Resíduos Sólidos Urbanos coletados no Brasil.
Fonte: ABRELPE (2019)^[6].

Ainda, são apresentados neste relatório a distribuição dos municípios, por região do país, com a iniciativa da coleta seletiva no ano de 2018 (Figura 4.2). O maior percentual de coleta ocorre na região Sul, com 90,9%, seguido da região Sudeste, com 89,7%, do Norte, com 63,6%, da região Nordeste, com 54,5% e por último, da região Centro-Oeste, com 48,6%. No Brasil, o índice total de coleta seletiva é de 73,1%.

No ano de 2018, quase 60% de todos os resíduos sólidos urbanos foram destinados para aterros sanitários, com um total de quase 120 mil toneladas de resíduos por dia. Cerca de 23% foi destinado para aterros controlados, o que equivale a quase 46 mil toneladas por dia. E o restante, cerca de 17% correspondente a quase 35 mil toneladas por dia, para lixões (Figura 4.3).

Referente à reciclagem, no Brasil ocorre a reciclagem por meio de compostagem de cerca de 1,5% dos resíduos orgânicos domésticos, de 45% das embalagens de vidro, de 77,3% do volume de papelão ondulado, de 89% das latas de alumínio e de 35% do papel [7].

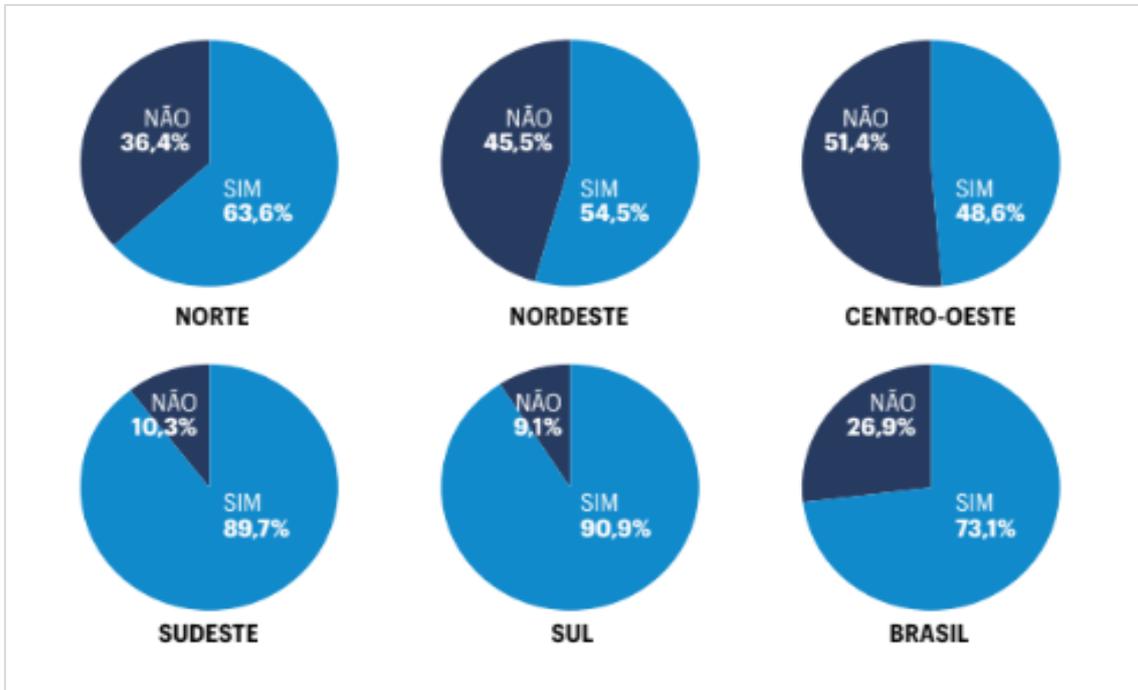


Figura 4.2. Distribuição dos municípios com iniciativa de coleta seletiva no Brasil, por regiões e total nacional.

Fonte: ABRELPE (2019)^[6]

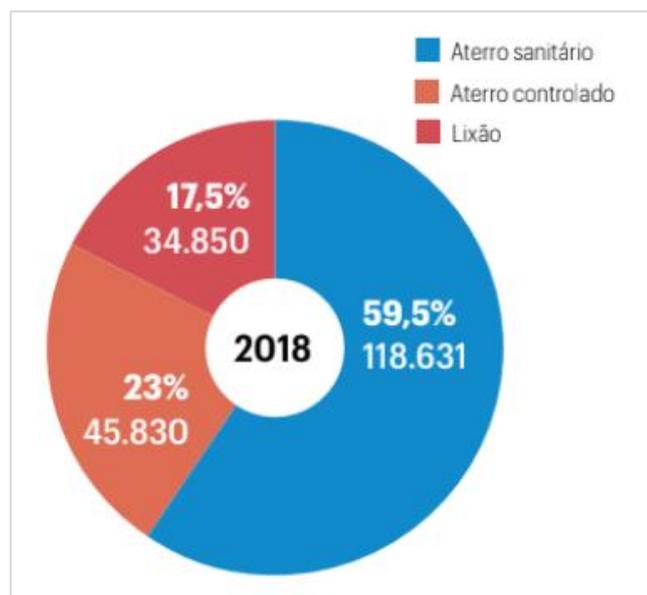


Figura 4.3. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, no ano de 2018, em toneladas por dia.

Fonte: ABRELPE (2019)^[6]

4.2.2 Rio Grande do Sul

No relatório do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015-2034 ^[8] é apresentado o panorama referente aos resíduos sólidos urbanos para o estado. Os municípios gaúchos são responsáveis sobre os resíduos sólidos urbanos, com serviços que variam desde o manejo, a coleta regular, a seletiva e os serviços de limpeza urbana, devendo definir a gestão dos serviços e a maneira como deverão ser acondicionados os resíduos para coleta até sua disposição final. No ano de 2008, todos os 496 municípios estaduais prestavam algum tipo de serviço de manejo de resíduos sólidos.

No Estado, no ano de 2011 cerca de 54,1% da gestão dos resíduos sólidos urbanos era realizada através de administração pública direta, contra 2% de autarquia, 2,2% de empresa pública, 0,2% de sociedade de economia mista com administração pública e 41,4% sem informação (Figura 4.4).

Em cerca de 42% dos municípios gaúchos há a cobrança regular pelo serviço de manejo de resíduos sólidos urbanos, vinculados ao IPTU, 2% sim, porém sem vínculo ao IPTU, 18% não possuem e 38% não informaram ^[8].

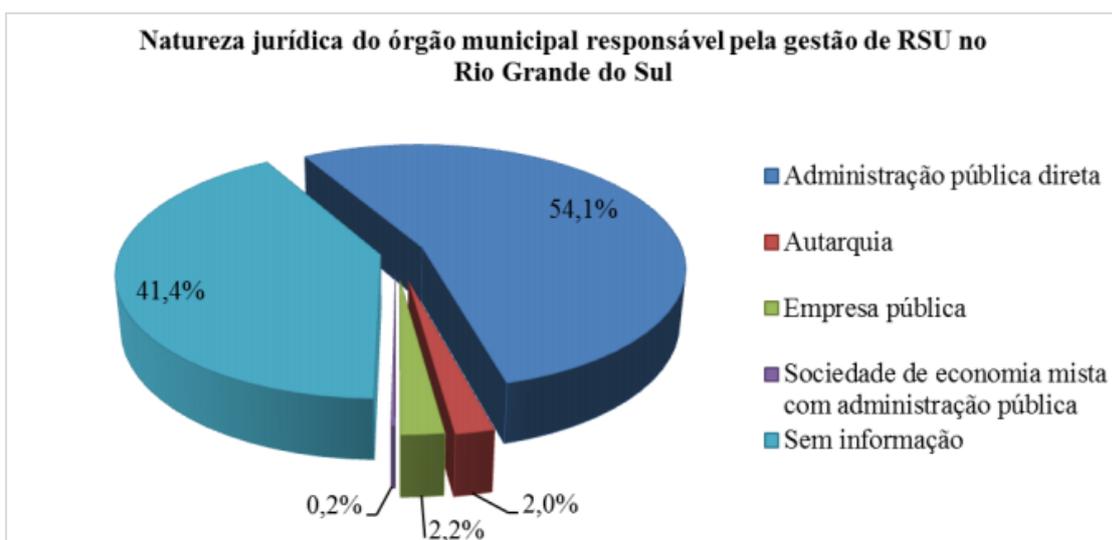


Figura 4.4. Percentual de municípios e natureza jurídica do órgão responsável pela gestão dos resíduos sólidos urbanos no RS, em 2011.

Fonte: Rio Grande do Sul (2014)^[8].

4.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE

O conhecimento da legislação vigente em relação aos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é importante para contextualizarmos o cenário atual em que vivemos e entendermos como ocorreu o desenvolvimento desta atividade ao longo do tempo. A seguir, são citadas algumas das legislações associadas ao tema.

A primeira lei a ser citada é a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 ^[9] onde se estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente. A partir desta lei, começou a haver uma harmonização das demais políticas nacionais com os objetivos e diretrizes estabelecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente. A partir da Constituição Federal de 1988 ^[10], houve a tutelação do meio ambiente como um bem legal, ou seja, trouxe mecanismos de suporte e proteção deste bem de uso comum e essencial para manutenção da vida. Outra lei de extrema importância no âmbito dos resíduos sólidos é a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 ^[5], a qual estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, dispondo sobre os principais objetivos e instrumentos, assim como diretrizes relativas à gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define o gerenciamento dos resíduos sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A referida lei atribui ao Distrito Federal e aos Municípios a responsabilidade pela gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sendo que o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços, observados o respectivo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a Lei nº 11.445/2007 ^[1], atualizada pela lei nº 14.026/2020 ^[2], e as disposições desta Lei e seu regulamento.

Ainda, pode-se citar a Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989 ^[11], também conhecida como “Lei dos Agrotóxicos”, dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Assim, a partir desta lei, houve, entre outros, a regulamentação sobre a destinação final das embalagens de agrotóxicos.

Ainda, existem algumas resoluções nacionais que tratam deste tema e podem ser citadas, sendo elas a Resolução CONAMA nº 001/1986 ^[12], que define os critérios e diretrizes gerais para elaboração do Relatório de Impacto Ambiental; Resolução CONAMA nº 005/1988 ^[13], que dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de saneamento; Resolução CONAMA nº 404/2008 ^[14], que estabelece os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário ^bde pequeno porte de resíduos sólidos urbanos; a Resolução CONAMA nº 257/1999 ^[15], que dispõe sobre procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou a disposição final adequada de pilhas e baterias; Resolução CONAMA nº 275/2001 ^[16], que estabelece o código de cores para cada tipo de resíduo para coleta seletiva; a Resolução CONAMA nº 307/2002 ^[17], que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos sólidos da construção civil; Resolução CONAMA nº 358/2005 ^[18], que dispõe sobre tratamento e disposição final de resíduos da área da saúde; e Resolução CONAMA nº

^b Processo utilizado para a disposição final de resíduos sólidos no solo, no qual são empregados procedimentos padrões e normas de engenharia para que não haja vazamentos dos efluentes gerados no processo de decomposição para o solo, subsolo, águas subterrâneas e ar.

316/2002 ^[19], que dispõe sobre os critérios de funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

No âmbito da legislação do estado Rio Grande do Sul, podem ser elencadas algumas resoluções, como a Lei nº. 9.921, 27 de julho de 1993 ^[20], que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos; o Decreto nº. 38.356, de 01 de abril de 1998 ^[21] que aprova o Regulamento da Lei nº. 9.921, de 27 de julho de 1993, que dispões sobre a gestão dos resíduos sólidos no Estado do Rio Grande do Sul; a Resolução CONSEMA nº. 017/2001 ^[22], que estabelece diretrizes para a elaboração e apresentação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos; e a Resolução CONSEMA nº. 073/2004 ^[23], que dispõe sobre a co-disposição de resíduos sólidos industriais em aterros de resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul.

4.4 CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS AOS RS

Para um maior entendimento da discussão referente aos resíduos sólidos, é importante o conhecimento de alguns conceitos relacionados ao tema, os quais são apresentados ao final do capítulo, no item Glossário. Aqueles de maior importância são apresentados a seguir:

- a. **Resíduo:** aquilo que não é utilizado mais e pode ser reutilizado ou reciclado, ou seja, são itens que possuem algum valor econômico associado devido à sua composição.
- b. **Rejeito:** é o tipo de descarte no qual não existe possibilidade de reutilização ou reciclagem.
- c. **Lixão:** forma inadequada de disposição de resíduos, na qual não há qualquer tipo de controle da deposição dos mesmos nem coleta e tratamento dos efluentes^c gerados no processo de decomposição, colocando em risco a saúde pública e o meio ambiente.
- d. **Aterro sanitário:** processo utilizado para a disposição final de resíduos sólidos no solo, no qual são empregados procedimentos padrões e normas de engenharia para que não haja vazamentos dos efluentes gerados no processo de decomposição para o solo, subsolo, águas subterrâneas e ar.
- e. **Aterro controlado:** locais em que os resíduos e rejeito é depositado de forma controlada e há cobertura com camada de solo, porém, não coleta nem tratamento dos efluentes gerados no processo de decomposição.
- f. **Reciclagem:** retorno ao sistema de produção de materiais descartados (papel, vidro, latas etc.) ou restantes de processos produtivos e de consumo, para destiná-los à fabricação de novos bens, com o objetivo de economizar recursos e energia, servindo de matéria-prima.

^c Descarga de poluentes para o meio ambiente, podendo estar parcial ou completamente tratado ou em estado natural. Pode estar em estado gasoso ou natural.

- g. Reuso:** ato de reutilizar algo, independente da função ser a mesma do produto inicial.

4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Normalmente, é considerado “lixo” todo aquele material descartado, o qual não possui valor para quem o descartou. Porém, é preciso analisar com grande cuidado a composição dos resíduos sólidos, uma vez que os diferentes tipos de resíduos existentes devem ser manejados de diferentes formas.

Nos programas de coleta seletiva, normalmente são empregados os termos de resíduo seco e resíduo úmido, que a população em geral costuma compreender com facilidade ^[7]. Os resíduos secos são aqueles passíveis de materiais com potencial de reciclagem, como papéis, vidros e plásticos. Já os resíduos molhados são aqueles orgânicos, que não são passíveis de reciclagem, porém podem ser utilizados na compostagem.

Para critérios técnicos de classificação dos resíduos sólidos, deve-se seguir a ABNT NBR 10.004/2004 ^[3], que trata sobre resíduos sólidos e faz sua classificação conforme seu grau de periculosidade. Esta classificação é realizada com base em ensaios de lixiviação^d e de solubilização, além de procedimento para amostragem dos resíduos.

Ainda, é possível realizar a classificação dos resíduos de acordo com sua origem, estando relacionado com a fonte geradora. Podem ser domésticos, industriais, de serviços de saúde, radioativos, agrícolas e do setor de transporte de navegação, portos e aeroportos. De acordo com estas classificações, é possível estabelecer normas de operação que conduzam as práticas de coleta, tratamento e disposição final adequada para cada tipo de RS, bem como definir a fonte geradora de cada resíduo e, conseqüentemente, definir o responsável por estas operações.

4.6 ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

Os resíduos sólidos geralmente têm um alto teor de matéria orgânica em sua composição. Conseqüentemente, quando não há a destinação correta dos resíduos, pode haver o desenvolvimento de organismos patogênicos ou microrganismos prejudiciais à saúde humana, os quais podem transmitir ou servir para a proliferação de doenças e vetores. As vias de acesso destes agentes patogênicos são mostradas na Figura 4.5 e as enfermidades relacionadas aos resíduos, na Tabela 4-1. Ainda, estes organismos podem sobreviver por muitos dias na massa de resíduos sólidos. Estas informações são apresentadas na Tabela 4-2. Usualmente, a ocorrência destes vetores

^d Processo físico-químico no qual a ação da água é responsável por dissolver ou remover os constituintes que compõe o material sólido.

patogênicos está associada aos lixões, onde não há controle sobre a deposição de resíduos.

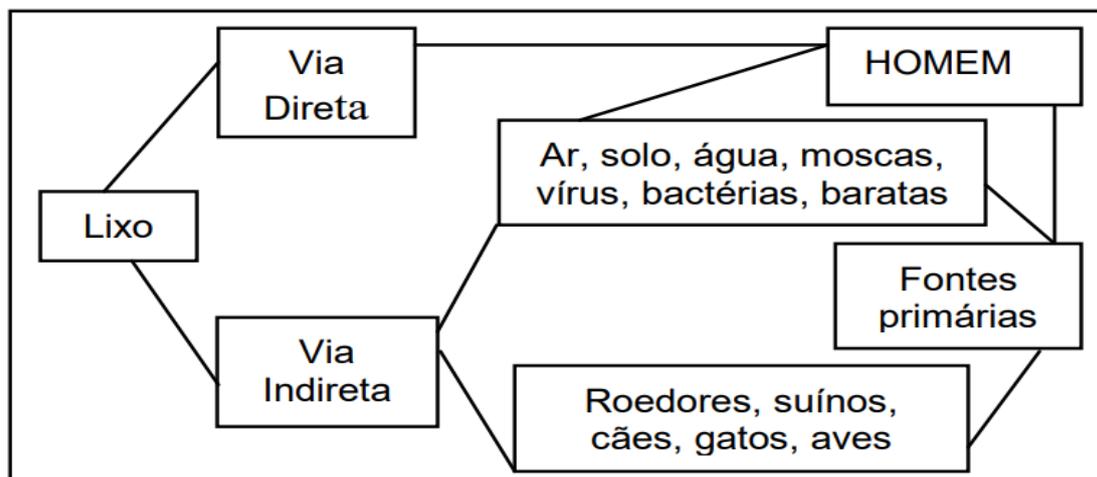


Figura 4.5. Vias de acesso de agentes patogênicos para o homem, através dos resíduos dispostos inadequadamente.

Fonte: Pereira e Melo (2008) [24].

Tabela 4-1. Enfermidades relacionadas com os resíduos, transmitidas por macrovetores.

Fonte: Pereira e Melo (2008) [24].

Vetores	Formas de transmissão	Enfermidades
Rato e Pulga	Mordida, urina, fezes e picada	Leptospirose, Peste Bubônica, Tifo Murino
Mosca	Asas, patas, corpo, fezes, saliva	Febre Tifóide, Cólera, Amebíase, Disenteria, Giardíase, Ascaridíase
Mosquito	Picada	Malária, Febre Amarela, Dengue, Leishmaniose
Barata	Asas, pata, corpo, fezes	Febre Tifóide, Cólera, Giardíase
Gado e Porco	Ingestão de carne contaminada	Teníase, Cisticercose
Cães e Gatos	Urina e fezes	Toxoplasmose

Tabela 4-2. Tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos presentes em resíduos sólidos.

Fonte: BRASIL (2019) [25].

Microrganismo	Doença transmitida	Tempo de sobrevivência nos RS (dias)	
Bactérias	Salmonella typhi	Febre tifóide	29 – 70
	Salmonella Paratyphi	F. paratifóide	29 – 70
	Salmonella sp	Salmoneloses	29 – 70
	Shigella	Disenteria bacilar	2 – 07
	Coliformes fecais	Gastroenterites	35
	Leptospira	Leptospirose	15 – 43
	Mycrobacterium tuberculosis	Tuberculose	150 - 180

Microrganismo		Doença transmitida	Tempo de sobrevivência nos RS (dias)
	Vibrio cholerae	Cólera	1 - 13
Vírus	Enterovírus	Poliomielite (Poliovirus)	20 - 70
Helmintos	Ascaris lumbricóides	Ascariíase	2.000 - 2.500
	Trichuris trichiura	Trichiuríase	1.800
	Larvas de ancilóstomos	Ancilostomose	35
	Outras larvas de vermes	-	25 - 40
Protozoários	Entamoeba histolytica	Amebíase	3 - 12

4.7 ETAPAS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

As etapas do serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos são: coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final adequados para estes. A seguir, são descritas as características principais destas atividades. Na Figura 4.6 é apresentada uma ilustração que esquematiza todo o sistema integrado do manejo de resíduos sólidos urbanos.

4.7.1 Coleta

A coleta dos resíduos é considerada a etapa mais importante do serviço de limpeza pública do município, sendo possível controlar problemas sociais e sanitários a partir da elaboração de um bom planejamento de coleta, reduzindo transmissão de doenças, melhorando a estética das ruas e trazendo maior qualidade de vida para a população que usufrui deste serviço.

Para um bom planejamento de plano de coleta de resíduos sólidos, é de extrema importância realizar as seguintes etapas:

1. Estimar o volume de resíduos que será produzido diariamente, por cada habitante. Não sendo possível realizar levantamento de dados em campo, adota-se o valor de 500g/hab.dia, valor este que corresponde aos padrões da população brasileira;
2. Determinar com qual frequência irá ocorrer a coleta. Esta atividade normalmente possui o fator econômico como limitante. Ou seja, deve-se conseguir atender as necessidades de coleta, sem causar acúmulos, respeitando os orçamentos municipais;
3. Definir o horário da coleta. Esta etapa possui maior importância em grandes centros urbanos ou bairros centrais, com intenso tráfego de automóveis. O serviço de coleta não deve interferir nas atividades usuais e rotina do bairro, sendo preferível que esta ocorra no período noturno;
4. Dimensionamento da frota de serviço de coleta, a partir do conhecimento do volume a ser coletado e frequência e hora a qual a coleta ocorrerá;
5. Definição do itinerário de coleta.

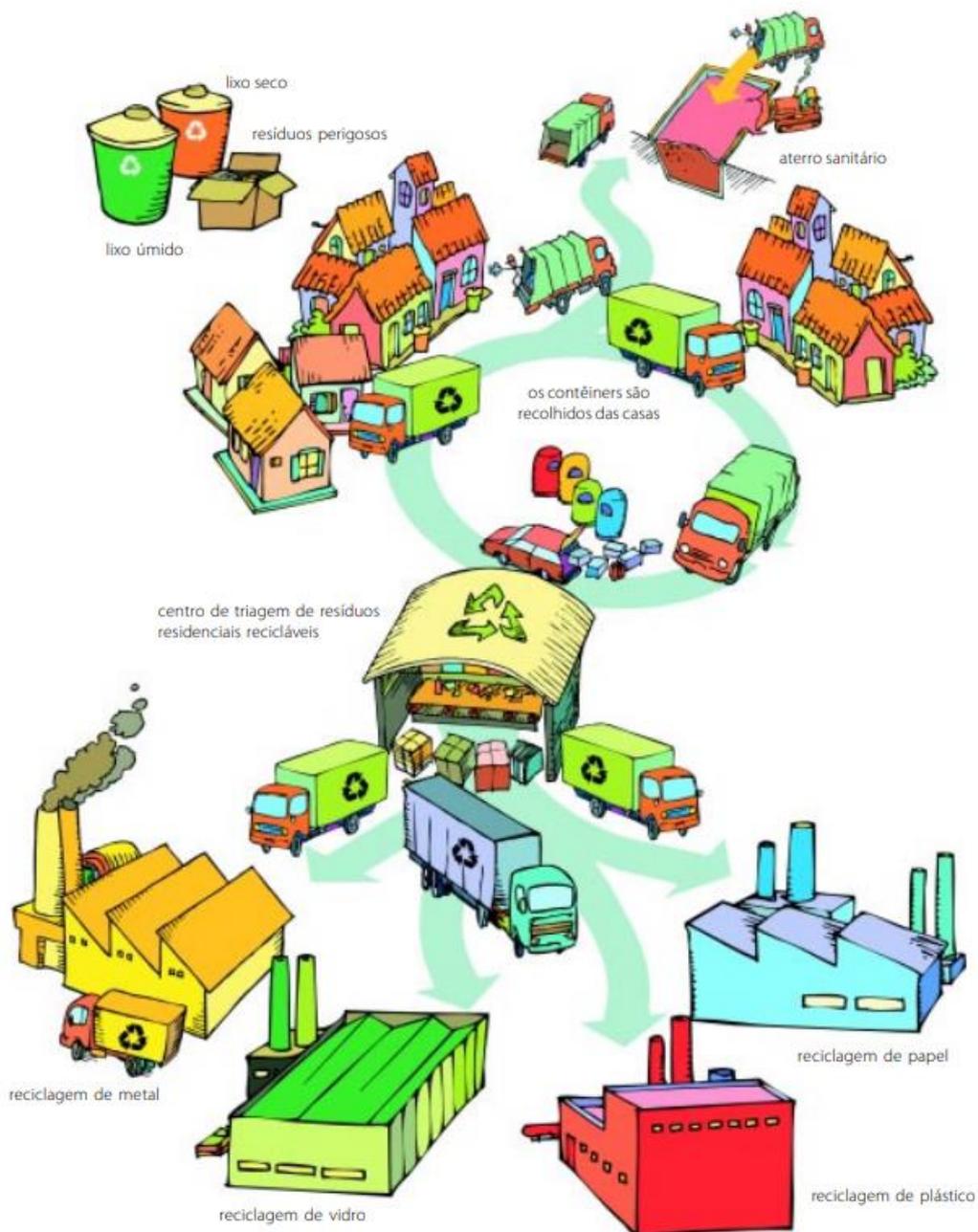


Figura 4.6. Ilustração de sistema integrado de manejo de resíduos sólidos urbanos.

Fonte: MMA (2005)^[7].

4.7.2 Transporte

A etapa seguinte é a do transporte e transbordo dos resíduos sólidos coletados. Pode ocorrer a partir da utilização de tipos de veículos distintos, de acordo com as necessidades municipais e volume de resíduos produzido. O transporte dos resíduos também possui variações caso exista coleta seletiva municipal, isto é, coleta separada para resíduos sólidos orgânicos e recicláveis. Normalmente, ocorrem em dias e horários

alternados. Os veículos usados podem ser desde tração animal, até a utilização de carrocerias com ou sem compactadores dos resíduos.

4.7.3 Transbordo

Os resíduos coletados são transportados para os pátios de transbordo, também chamados de estações de transferência. Com o passar dos anos, o surgimento e crescimento dos centros urbanos tem sido cada vez mais elevado, aumentando também a produção de resíduos localizados nesses pontos. Deste modo, tem-se feito necessário transportar os resíduos produzidos nestes centros para locais de destinação adequada cada mais distantes. Assim, faz-se necessária a existência de um local intermediário, que é o pátio de transbordo.

O pátio de transbordo, além de ser o local intermediário entre a coleta e a disposição final, é onde pode ocorrer a separação dos resíduos sólidos, de acordo com sua composição. Ressalta-se que a separação deve ocorrer na fonte geradora. Ou seja, em nossas casas e locais de trabalho. Nós, como cidadãos, somos diretamente responsáveis pelos resíduos que geramos. Na Tabela 4-3 a seguir estão descritos os materiais separados e suas possíveis utilizações.

Tabela 4-3. Materiais separados dos resíduos sólidos in natura
Fonte: Adaptado de Andreoli *et al.*^[26].

Materiais	Composição	Utilização
Leves	Papelão, plástico, trapos	Fabricação de polpa, reutilização do plástico, fabricação de panos industriais e estopas
Metais ferrosos	Latas de chapa estanhadas, sucatas de ferro	Recuperação do estanho, sucatas para fundição
Metais não ferrosos	Sucatas de cobre, alumínio, etc.	Indústrias metalúrgicas
Vidro	Frascos de vidro triturados ou inteiros	Fabricação de vidro, lâ de vidro, materiais de construção e outros
Orgânicos	Matéria orgânica diversa	Fabricação de compostos, ração animal, transformação química e bioquímica de combustíveis
Outros	Materiais combustíveis e inertes variados	Combustíveis de baixo poder calorífico e transformação química e bioquímica em combustíveis

4.7.4 Tratamento e disposição final

Após a separação adequada dos resíduos, deve-se realizar o envio dos resíduos para seus destinos adequados. Os materiais que podem ser reciclados são assim encaminhados para que empresas parceiras realizem esta tarefa. Os demais resíduos devem ser destinados ao seu local de disposição adequado. O local correto para isso é o aterro sanitário, conforme Lei 11.026/2020^[2], onde devem ser depositados apenas os rejeitos. Ou seja, apenas os materiais que não possam ser aproveitados através como

combustível, devido à falta ou baixo poder calorífico. Entretanto, isso, de fato, não ocorre no Brasil, havendo destinação de todos os tipos de resíduos para os aterros.

4.7.4.1 Aterro Sanitário

No aterro sanitário, o objetivo é dispor o resíduo em um ambiente adequado para sua decomposição, causando o menor impacto possível no meio ambiente. Para isso, existem diversos fatores que devem ser levados em consideração na construção de um aterro sanitário, pois além de evitar a propagação de fluidos com potencial de poluição, devem ser criadas as condições ideais para que as interações entre matéria e microrganismos seja otimizada, levando, assim, o resíduo a sua decomposição.

Conforme a norma da ABNT NBR 8419/1992 ^[31], aterro sanitário é uma técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, buscando não causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais. Na Figura 4.7 é apresentada uma sequência de imagens, sendo possível observar algumas das características mais usuais de construção de aterros.

Usualmente, há um processo de escavação do solo. Este é o local onde as pilhas de rejeitos serão acomodadas. Não há a necessidade de realizar escavações se a topografia natural do terreno permitir a acomodação adequada dos resíduos. O solo do aterro deve ser, preferencialmente, de material argiloso, devendo-se realizar estudos para identificar locais potenciais de instalação do mesmo. Em seguida, o fundo do aterro deve ser coberto com uma geomembrana impermeável, seguido de sistema outra camada de solo compactado e sistema de coleta de efluentes líquidos gerados, evitando que estes entrem em contato com o solo. Estes efluentes líquidos (chorume) gerados devem, ser coletados e tratados de forma adequada. A deposição dos resíduos é feita em pilhas com uso de máquinas e há a compactação deste material, buscando a otimização dos processos microbianos, redução de volume na massa de resíduos e otimização do volume útil disponível no aterro.

O chorume gerado nos resíduos sólidos trata-se de um líquido de cor escura, o qual é produzido a partir das interações microbianas na massa de resíduos, além das águas pluviais que entram em contato com os resíduos. Sua coleta deve ser realizada a partir de um sistema de drenos instalados na base do aterro e então, deve ser enviado para tanques ou lagoas impermeabilizadas. O chorume pode ser tratado ou descartado, porém, devido ao alto volume de efluente gerado e seus impactos ambientais, é indicado que seja realizado o tratamento adequado. Usualmente, podem ser aplicados três processos:

1. Tratamento biológico, através de sistemas de lagoas anaeróbias, aeróbias e de estabilização;
2. Tratamento por oxidação, onde o líquido é queimado e evaporado;
3. Tratamento químico, através da adição de substâncias químicas.

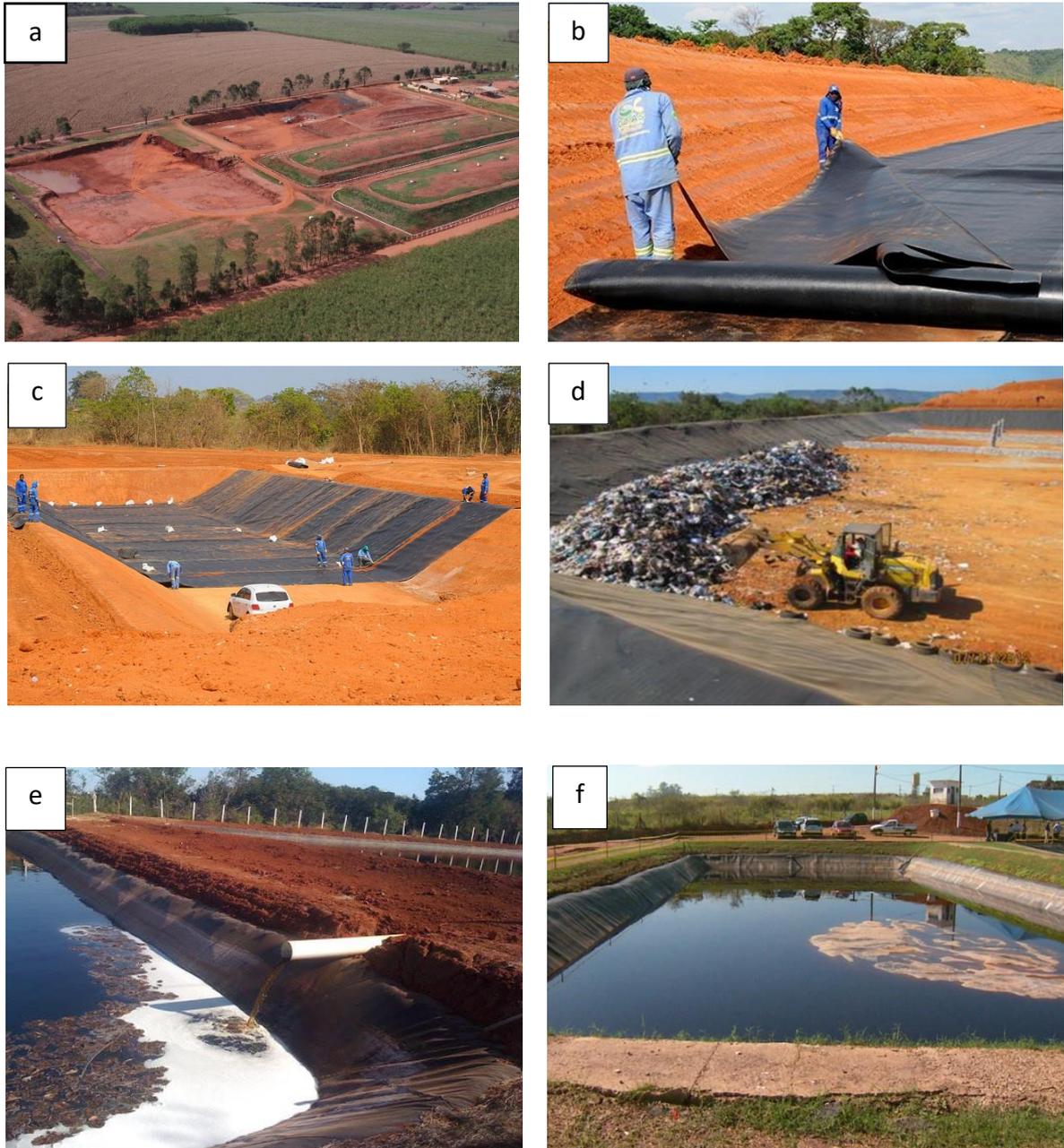


Figura 4.7. Etapas em um aterro sanitário: (a) escavação, (b) e (c) cobertura com geomembrana^[28], (d) disposição e compactação dos resíduos^[29]; (e) e (f) coleta e tratamento do chorume^[30].

A escolha do tratamento adequado ocorre de acordo com as características locais e com as necessidades e dificuldades de quem o está tratando. O tratamento deste efluente ainda é considerado um desafio, pois possui alto teor de carga bioquímica, presença de metais pesados e substâncias tóxicas, além de não ser um efluente com características constantes, pois há variações de acordo com a composição dos resíduos sólidos depositados no aterro.

As interações na massa de resíduos variam muito de acordo com fatores da origem dos resíduos, sua composição química, física e biológica e das condições climáticas locais de onde o aterro está localizado. Porém, algumas grandezas são utilizadas para mensurar os processos que ocorrem no aterro, sendo de certa forma,

padrões adotados devido ao comportamento constante destas grandezas. São elas o pH, concentração dos gases metano e gás carbônico e demanda química de oxigênio, havendo diversos outros.

Nos aterros com aporte de resíduos sólidos, ocorre o processo denominado metanogênese, que nada mais é do que a decomposição da matéria orgânica em gás metano, também conhecido como biogás, havendo sub-etapas com geração de outros produtos ^[32]. Este gás metano gerado, o biogás, é passível de aproveitamento energético.

Infelizmente, ainda não há 100% de adesão aos aterros sanitários no Brasil. Outros métodos de disposição final dos resíduos são os aterros controlados e os lixões. No aterro controlado^e, os resíduos são dispostos de maneira controlada e recebem uma cobertura de solo, porém, não há impermeabilização do solo abaixo dos resíduos nem coleta dos efluentes líquidos gerados. Já no lixão, não há qualquer tipo de controle com os resíduos, que são apenas depositados de maneira desordeira em locais inadequados.

Ainda, materiais perigosos e tóxicos, como resíduos hospitalares e industriais, não podem ser destinados aos aterros sanitários, devendo-se empregar o tratamento adequado aos mesmos. Na maioria dos casos, estes resíduos perigosos são incinerados.

4.7.4.2 Incineração

O processo de incineração consiste na redução do volume dos resíduos sólidos através de sua queima. Esse processo normalmente ocorre em temperaturas superiores a 900°C ^[7] e ocorre em locais específicos para esta atividade, nos quais existe o controle do processo. Os incineradores devem ser dotados de filtros para controle de emissão de materiais particulados na atmosfera, sendo um sistema extremamente complexo. Neste processo, há a produção de gases como dióxido de carbono, além da liberação de substâncias tóxicas e metais pesados, dependendo da composição dos resíduos. Pode-se citar a formação de furanos e dioxinas, os quais são classificados como POPs - poluentes orgânicos persistentes, sendo considerados tóxicos e cancerígenos devido a sua acumulação em tecidos gordurosos de humanos e animais. Os parâmetros necessários para que haja um processo de incineração seguro ambientalmente são definidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos ^[5].

No processo de incineração, é possível realizar o aproveitamento energético do calor liberado no processo de transformação dos resíduos. Este aproveitamento depende do tipo de combustível e seu poder calorífico associado ^[33].

^e Locais em que os resíduos e rejeito é depositado de forma controlada e há cobertura com camada de solo, porém, não coleta nem tratamento dos efluentes gerados no processo de decomposição.

4.7.5 Coleta Seletiva e processos de reciclagem

A coleta seletiva, conforme já foi citado neste capítulo, é a coleta de resíduos de acordo com sua composição. Na coleta convencional, são coletados todos os tipos de resíduos sólidos urbanos e na coleta seletiva, apenas aqueles passíveis de reciclagem.

Essa separação entre coleta convencional e seletiva surgiu pois cada vez mais há a reciclagem dos resíduos e esse processo é próprio para cada tipo de material, sendo fundamental sua separação de acordo com suas características. Assim, a reciclagem dos materiais realizada facilmente se eles já estão previamente separados.

A separação dos resíduos sólidos deve ser realizada pela fonte geradora. No Brasil, existem dois tipos de coleta seletiva: aquela similar à coleta convencional, que ocorre diretamente nas residências, ou a coleta em Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), onde o gerador leva seus resíduos de forma voluntária.

A recuperação dos materiais que são separados ocorre a partir de sua utilização direta como matéria-prima em processos industriais ou sua reciclagem para outros usos. Os materiais mais usuais gerados em residências e que são passíveis de reciclagem são: papéis, metais, plásticos, trapos e vidros.

Os hábitos de consumo devem ser a primeira atitude a ser repensada quando se fala em sustentabilidade. Uma das premissas da sustentabilidade, é a aplicação do conceito dos 3 R's: reduzir, reaproveitar e reciclar. Assim, repensar a forma de realizar as tarefas do dia a dia influencia diretamente na quantidade de resíduos gerados em sua residência. As condições econômicas influenciam diretamente na composição dos resíduos gerados em residências. Em bairros mais pobres, a tendência é de uma maior geração de resíduos orgânicos, enquanto em bairros mais ricos, há aumento na geração de resíduos secos e redução na de resíduos orgânicos.

O processo de disposição e tratamento de resíduos sólidos urbanos deve envolver as seguintes etapas:

1. Caracterização das propriedades químicas e físicas, além de ensaios de toxicidade e periculosidade;
2. Processos de reciclagem;
3. Processos de tratamento;
4. Processos de incineração para aproveitamento energético;
5. Disposição final em aterros.

Deste modo, fica claro que existem alternativas para reduzirmos a quantidade de materiais que são destinados aos aterros sanitários, uma vez que esta deve ser a última alternativa a ser escolhida, quando não há outras maneiras de aproveitar os resíduos. Cabe a população repensar suas atitudes e comportamentos diários de consumo, além de um grande empenho de nossos governantes em implementar conjuntos de ações públicas que tenham um cunho sustentável associado a elas.

4.7.6 Compostagem e vermicompostagem

4.7.6.1 Compostagem

A compostagem é uma alternativa a disposição de resíduos sólidos orgânicos. Em conceito, é um processo de transformação biológica da matéria orgânica, resultando em substância húmicas, estabilizadas e com características completamente distintas daquelas do material originário. No Brasil, a fração orgânica presente nos resíduos é superior a 50%, demonstrando o grande potencial da técnica de compostagem como alternativa à disposição dos mesmos em aterros.

O processo de compostagem pode ser realizado em larga escala, para um volume significativo de resíduos, ou mesmo dentro de apartamentos, para transformação de parte do resíduo sólido orgânico gerado em uma residência.

A cinética do processo de compostagem é influenciada por diversos fatores, principalmente a oxigenação da matéria, umidade, temperatura, concentração de nutrientes, pH e tamanho das partículas. Ainda, a compostagem depende diretamente da presença de microrganismos, para que haja a transformação em matéria orgânica humificada. Os microrganismos que fazem parte deste processo são:

1. Microrganismos que atuam no início da decomposição da matéria orgânica, chamada de fase mesófila, onde há a formação de seres produtores de ácidos;
2. Após, é seguida a fase termófila, onde a temperatura chega em até 75 °C e há predominância de microrganismos termotolerantes, responsáveis pela formação de esporos;
3. A seguir, a massa perde calor e reduz sua temperatura interna, ocorrendo novamente de uma fase mesófila, porém com composição completamente diferente daquela observada na fase inicial, ocorrendo novamente a aparição de microrganismos mesófilos, sendo esta a fase mais longa;
4. Por último, ocorre a fase criófila, onde há ajuste da temperatura conforme a temperatura externa, podendo ser encontrados outros seres, como protozoários, formigas, nematóides e insetos dos mais variados tipos.

Os microrganismos envolvidos no processo da compostagem são bactérias, fungos e actinomicetos. As bactérias realizam a decomposição da matéria orgânica animal e vegetal, aumentam a disponibilidade de nutrientes, agregam as partículas de solo e realizam a fixação de nitrogênio. Os actinomicetos são organismos unicelulares, intermediários entre as bactérias e os fungos. Assim como os fungos, os actinomicetos são os responsáveis por decompor os resíduos resistentes de animais ou vegetais, formar húmus e fixar o nitrogênio.

Conforme consta no Manual para Implementação de Compostagem ^[34] do Ministério do Meio Ambiente, os métodos existentes de compostagem são:

- a. Processo de Aeração Natural (Windrow): também conhecido como método das leiras revolvidas ou Windrow, neste método os resíduos são dispostos em leiras e é realizado o revolvimento periódico do material, para que haja a convecção de ar na massa sólida de resíduos. Neste processo, ocorre a umidificação da massa sólida até seu final (Figura 4.8a).
- b. Processo de Aeração Forçada: também chamado de método das leiras estáticas aeradas (Static Pile), é realizado o bombeamento de ar para a massa de sólidos, através de tubos perfurados pelos quais o ar circula de maneira forçada, não havendo o revolvimento do material (Figura 4.8b).
- c. Reator biológico: também chamado de processo In-vessel, aqui os resíduos são acomodados em reatores biológicos nos quais os parâmetros de oxigenação são controlados sem interferências externas (Figura 4.8c).



Figura 4.8. Métodos de compostagem: (a) windrow; (b) static pile; e (c) In-vessel.

Fonte: HOTROT [35].

Entre as vantagens da compostagem, pode-se citar a rápida degradação da matéria orgânica e o fato de geração de composto rico em nutrientes que pode ser usado como uma matéria prima para fertilizantes e condicionante de solos.

4.7.6.2 Vermicompostagem

A vermicompostagem é a técnica de compostagem que utiliza minhocas para auxiliar no processo de transformação da matéria orgânica. O material resultante do processo de vermicompostagem é o húmus, o qual é rico em nutrientes e um excelente fertilizante para o solo. Esta prática pode ser realizada para compostar grandes volumes de resíduos orgânicos, como também volumes menores, sendo usual sua utilização doméstica.

No processo de vermicompostagem, diferente da compostagem, deve haver um maior cuidado na seleção de quais materiais orgânicos devem ser enviados para o processo, pois as minhocas são seres vivos com necessidades específicas, possuindo algumas restrições. Em suma, deve-se evitar a vermicompostagem de resíduos orgânicos ácidos, como cascas de limão, laranja, cebola e alho. Ainda, não se deve

vermicompostar nenhum tipo de rejeito, como dejetos de animais ou seres humanos ou os rejeitos gerados no banheiro.

Em maiores escalas, é necessário que sejam estruturados canteiros próprios para o processo, os quais devem ser cobertos para evitar contato com a água da chuva e encharcar o solo, o que dificulta ou até mesmo impossibilita o deslocamento das minhocas. Ainda, deve haver proteção contra entrada de animais, podendo se tratar de um gradeamento. Um exemplo é apresentado na Figura 4.9.



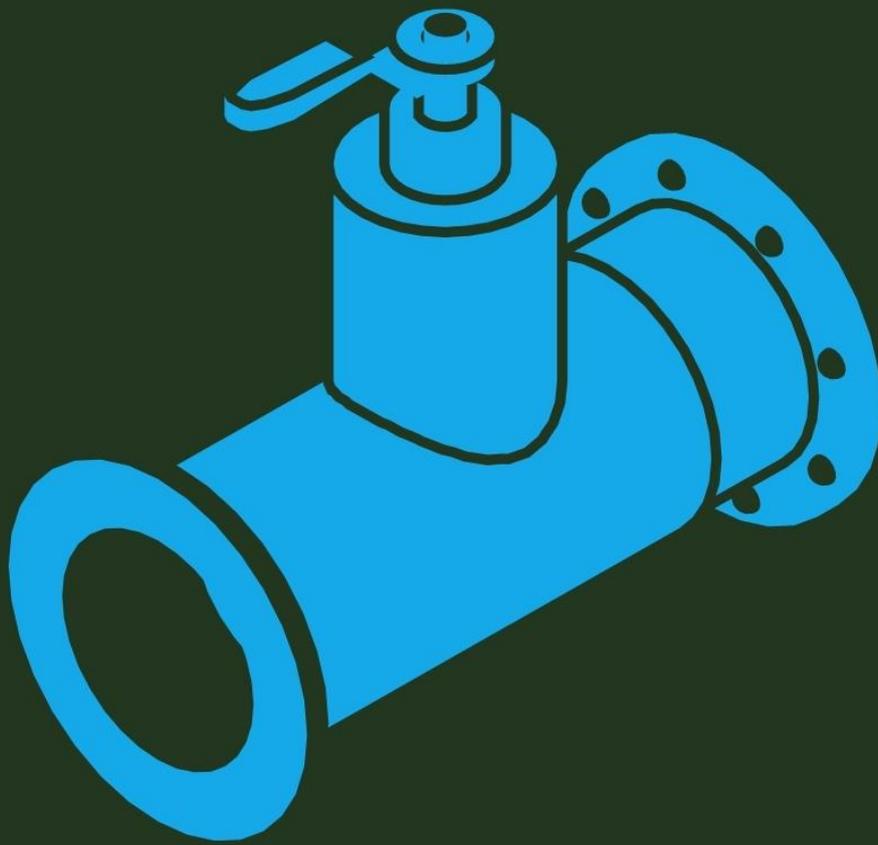
Figura 4.9. Processo de vermicompostagem em canteiros.

Em ambientes domésticos, a vermicompostagem é usualmente realizada no esquema de caixas empilhadas, conforme é apresentado na Figura 4.10. Na caixa superior, no minhocário, estão localizadas as minhocas e os resíduos a serem compostados. Na caixa inferior, há a coleta do chorume gerado no processo, o qual é um biofertilizante que pode ser usado em plantas e hortas domésticas. Pode haver o empilhamento de mais de um minhocário, conforme as necessidades de cada residência. O processo desde a entrada do material orgânico na composteira até a obtenção do húmus leva em torno de 2 meses, dependendo das condições ambientais como temperatura e umidade, além da quantidade de minhocas disponíveis no minhocário.



Figura 4.10. Esquema de vermicomposteira doméstica.

DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS



5 DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

5.1 INTRODUÇÃO

A Lei Federal nº 11.445/2007^{[2][1]}, atualizada pela lei nº 11.026/2020^[2], define a drenagem e manejo de águas pluviais^a como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. A Lei nº 13.308/2016^[1] alterou a Lei nº 11.445^[2], incluindo no serviço de saneamento básico referente à drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, a limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas.

Em resumo, a drenagem urbana consiste na rede coletora da água resultante da chuva sobre as superfícies urbanas, e no seu tratamento e no retorno aos rios^[3]. Com o desenvolvimento urbano ocorre o aumento da impermeabilização do solo e canalização dos rios, que altera o ciclo hidrológico^b natural, reduz a evapotranspiração e recarga de aquíferos. O aumento do escoamento superficial decorrente da impermeabilização do solo também é uma das causas de alagamentos e inundações nas cidades^[4].

Conforme é apresentado na Figura 5.1, o balanço hídrico^c ocorre de maneiras diferentes em ambientes naturais e em ambientes urbanizados: nas cidades e centros urbanos temos a redução da área não impermeabilizada e menor índice de vegetação, o que reduz a interceptação vegetal e o escoamento subterrâneo e subsuperficial e aumenta o escoamento superficial. Assim, de modo a reduzir os impactos das águas das chuvas nestes locais e reduzir número de enchentes e alagamentos, devem-se realizar obras de drenagem urbana, as quais terão por objetivo canalizar estas águas conduzindo-as de maneira adequada para disposição final.

A drenagem e manejo de águas pluviais urbanas não se limita somente ao controle e minimização dos efeitos adversos de enchentes e o afastamento e escoamento das águas pluviais. A organização e gestão deste serviço deve agregar um conjunto de ações e soluções de caráter estrutural e estruturante, planejamento e gestão da ocupação do espaço urbano, legislação e fiscalização eficiente quanto à gestão dos escoamentos superficiais.

^a Águas pluviais é o termo usado para as águas provindas das chuvas

^b Ciclo hidrológico é a troca contínua de água na hidrosfera, entre a atmosfera, a água do solo, águas superficiais, subterrâneas e das plantas.

^c O balanço entre entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica é dominado balanço hídrico.



Figura 5.1. Balanço hídrico em ambiente natural e em centro urbanizado.

Fonte: SUDERHSA (2002) [5].

Ao longo do material serão abordados os seguintes tópicos: panorama dos dados relacionados à drenagem no Brasil; conceitos básicos sobre o tema; impactos do desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico; e gestão das águas urbanas.

5.2 PANORAMAS

5.2.1 Brasil

Segundo dados do levantamento do SNIS realizado em 2018, no Brasil, apenas 54,8% dos municípios possuem sistema exclusivo para drenagem, 24,6% dos municípios possuem sistema unitário (que é um sistema misto juntamente com esgotamento sanitário), 17,6% dos municípios não possuem sistema de drenagem e 3% dos municípios possuem outros tipos^[6]. Ainda, no país 66,8% das vias são pavimentadas e 18% das vias possuem redes ou canais subterrâneos. Esse tipo de estrutura contribui para a impermeabilização do solo e aumento do escoamento superficial de águas pluviais.

Em relação às medidas compensatórias, que são medidas que reduzem a quantidade de água da chuva que escoar por meio do armazenamento e infiltração no solo, tem-se que 4,2% dos municípios brasileiros possuem reservatório, 10,3% dos municípios possuem parques lineares e 15,7% dos municípios possuem valas ou faixas de inundação^[6].

5.3 SISTEMA DE DRENAGEM

Um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas é composto pelos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem, conforme é apresentado na Figura 5.2 a seguir. Estes dois sistemas têm suas respectivas obras de infraestrutura associadas, assim como ferramentas de gestão de cada um. Nos itens a seguir, são apresentados em maiores detalhes cada um destes sistemas e algumas de suas peculiaridades.

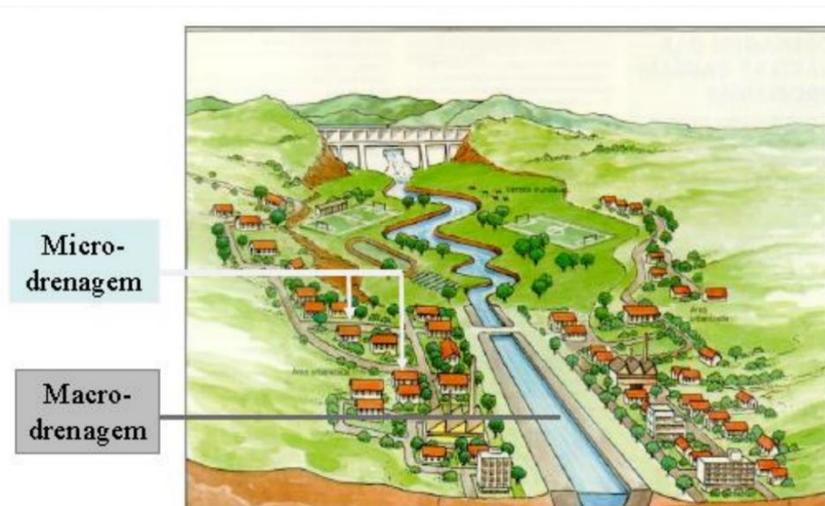


Figura 5.2. Destaque para micro e macrodrenagem.
Fonte: Guedes [7].

5.3.1 Microdrenagem

A microdrenagem, ou sistema de drenagem inicial, são as infraestruturas públicas responsáveis pelo primeiro manejo das águas pluviais^[8]. O sistema de microdrenagem urbano é composto pelo pavimento das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais, e também canais de pequenas dimensões.



Figura 5.3. Esquematização de estruturas de microdrenagem urbana.
Fonte: Jorge (2018)^[9].

5.3.2 Macrodrenagem

A macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação. O sistema de macrodrenagem é responsável pelo escoamento final das águas drenadas pelo sistema de microdrenagem urbano. A macrodrenagem pode ser formada por canais naturais ou artificiais

(infraestruturas como galerias e canais de grandes dimensões) e estruturas auxiliares^[8]. Na Figura 5.4 é apresentado um exemplo de sistema de estrutura de macrodrenagem no município de Porto Alegre, através da canalização do arroio Dilúvio.

O estudo da drenagem natural existente em um local tem relação fundamental com o ciclo hidrológico, que, por sua vez, é diretamente relacionado com as bacias hidrográficas. Uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural dos fluxos de água originados a partir da precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório ou foz^[11]. O que define a área de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas, que é uma linha imaginária sobre o relevo que divide o escoamento das águas da chuva. Os elementos de uma bacia hidrográfica podem ser visualizados na Figura 5.5.



Figura 5.4. Exemplo de estrutura de macrodrenagem, na canalização do Arroio Dilúvio em Porto Alegre. Fonte: Ribeiro (2009) ^[10].



Figura 5.5. Elementos de uma bacia hidrográfica.

Fonte: Centro de Ensino Guroo ^[12].

5.3.3 Tipos de sistema

Os sistemas de drenagem podem ser de dois tipos:

1. Sistema misto: apenas uma rede coletora para receber esgoto sanitário e águas pluviais. Ele é dimensionado para atender o escoamento da água da chuva, que precisa de maior vazão para seu escoamento. A vantagem deste tipo de sistema seria a redução no custo por necessitar de apenas uma rede. As desvantagens seriam o mau odor em tempos secos (quando não há sifão) e proliferação de doenças de veiculação hídrica quando ocorre vazões maiores que as comportadas pelo sistema e decorrem em inundações^[3].
2. Sistema separador: a rede coletora de esgoto doméstico é independente da rede de drenagem de águas pluviais. É vantajoso visto que permite o manejo adequado para cada rede e permite o controle de qualidade da água. Também possui desvantagens, como o custo para a construção das duas redes, e as ligações de esgoto sanitário na pluvial e vice-versa, que acontece pois as ligações são realizadas pelos usuários, e não pela empresa concessionária dos serviços, logo não são seguidos os mesmos padrões e muitas vezes realizam a ligação de esgoto sanitário na rede pluvial por estar mais próxima^[3].

5.4 IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO NO CICLO HIDROLÓGICO

O estudo das condições do uso do solo em uma bacia hidrográfica tem uma relação direta com o sistema de drenagem de determinado local. A cobertura vegetal, como florestas e várzeas^d, exercem influência no ciclo hidrológico. As primeiras aumentam a capacidade de infiltração de água no solo e reduzem o escoamento superficial, evitando o aporte elevado de água e carregamento de sedimentos para os corpos hídricos. Já as várzeas, são reservatórios de contenção de cheias, evitando que áreas adjacentes sejam atingidas quando os rios extravasam sua calha normal.

Com o desenvolvimento urbano ocorre a alteração da cobertura vegetal do solo, visto que são realizadas impermeabilizações por meio de telhados, pátios, calçadas, estradas. A água que antes infiltrava no solo, agora passa a escoar por condutos, o que aumenta o escoamento superficial. Por conta da substituição da cobertura natural por áreas impermeáveis, ocorre uma redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal. Além disso, com a redução da infiltração da água da chuva no solo, diminui também a recarga dos aquíferos, o que acaba reduzindo o nível do lençol freático e o escoamento de água subterrânea^{[3],[4]}. Estes processos de alteração do ciclo hidrológico em função da urbanização estão ilustrados na Figura 5.6.

^d Terrenos planos susceptíveis à inundações, especialmente em épocas de grandes chuvas.

Desta forma, o escoamento pluvial em uma bacia hidrográfica pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas resultantes do processo de urbanização. Este tipo de inundação ocorre na drenagem urbana por conta do efeito da impermeabilização do solo, da canalização do escoamento ou da obstruções ao escoamento^[3]. Salienta-se que também existe um processo de inundação de áreas ribeirinhas, que são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios^e, derivadas das variabilidades temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica^[3]. Estes processos de inundação (urbana e ribeirinha) podem ocorrer de forma isolada ou combinada. Na Figura 5.7 são exemplificados alguns dos impactos ocasionados pela urbanização marginal de rios.

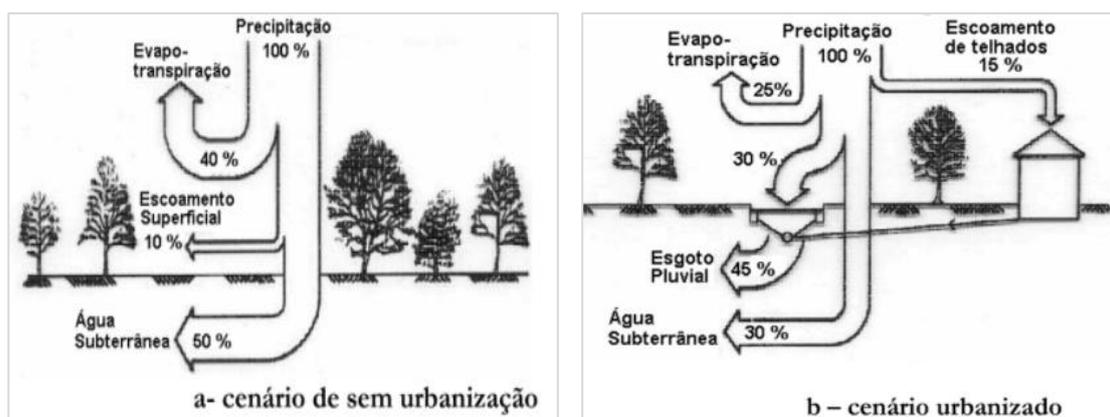


Figura 5.6. Balanço hídrico numa bacia urbana, em (a) cenário não urbanizado e (b) cenário urbanizado.

Fonte: OECD (1986) *apud* TUCCI (2005)^[3].

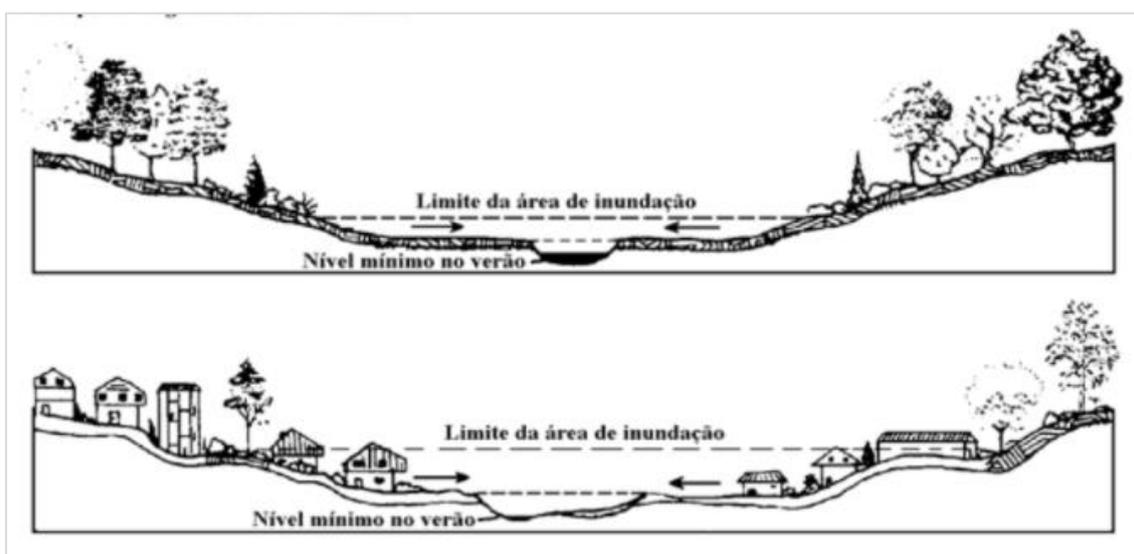


Figura 5.7. Impacto devido a urbanização.

Fonte: SCHUELER (1987) *apud* TUCCI (2005)^[3].

^e O leito é o espaço que pode ser ocupado por um curso d'água, sendo o leito de inundação ou leito maior o espaço do vale que é inundável em época de cheias.

5.5 GESTÃO DAS ÁGUAS URBANA

Conforme é definido em Tucci (2012)^[13], a gestão das águas urbanas é composta por três grandes pilares, conforme é apresentado na Figura 5.8 a seguir: legislação, planejamento urbano e estabelecimento de metas para atingir a qualidade de vida e do meio ambiente. Estes três pilares estão relacionados diretamente com os serviços de saneamento básico, incluindo o de drenagem urbana.

No planejamento urbano, devem ser realizadas as definições de uso do solo nas cidades e definindo os locais que podem ou não ser habitados. O institucional é baseado no gerenciamento de serviços, aplicação da legislação vigente, realização de capacitações com funcionários e população e realização do monitoramento, de forma geral. As metas de serviço são aquelas que devem ser adotadas para que seja realizada a conservação do meio ambiente, do meio urbano e da qualidade de vida. Estes pilares devem incluir os serviços de saneamento, que engloba o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, coleta de resíduos e drenagem urbana.

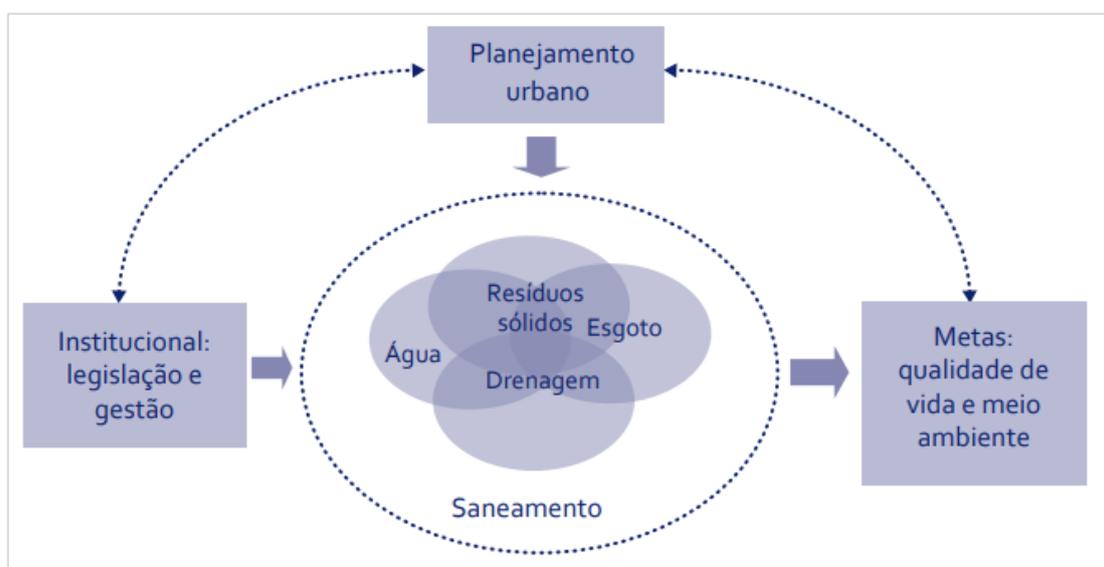


Figura 5.8. Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas.

Fonte: Tucci (2012) ^[13].

Os serviços de drenagem são, entre aqueles do saneamento básico, os únicos que não são cobrados diretamente da população através de aplicações de taxas de cobrança, como ocorrer com os outros três serviços. Desta forma, existem desafios por parte da gestão para destinação de verbas e investimentos neste setor. De forma geral, a má gestão implica em consequências graves para as populações, principalmente àquelas de menor poder aquisitivo. Áreas impróprias para ocupação acabam sendo habitadas por estas pessoas, as quais ficam vulneráveis a consequências severas em decorrência de eventos de cheias e chuvas.

A gestão das águas pluviais engloba a drenagem urbana, composta pelas microdrenagem e macrodrenagem das bacias urbanas e a gestão de inundações ribeirinhas, onde se deve haver controle sobre a ocupação de áreas de risco.

A gestão das águas urbanas que são compostas pela microdrenagem e pela macrodrenagem são abordadas nos Planos Municipais de Saneamento Básico e devem ser realizadas a nível municipal. Já a gestão das águas que ocasionam enchentes ribeirinhas deve ser estudada nos Planos de Bacias e ocorrem a nível de bacia hidrográfica, onde os gestores responsáveis por esta atividade são os comitês e agências, os quais são de domínio estadual ou federal.

SUGESTÕES DE ATIVIDADES



6 SUGESTÕES DE ATIVIDADES

Este capítulo traz sugestões de atividades práticas relacionadas aos quatro eixos do saneamento básico. Os professores poderão aplicar estas atividades aos alunos nas aulas, visto que elas estão de acordo com as habilidades curriculares descritas nas diretrizes curriculares definidas pelo estado do Rio Grande do Sul para o ensino fundamental^{[1],[2]}. Cada atividade sugerida neste capítulo possui um código relacionado ao seu eixo do saneamento: A - Abastecimento de água potável; ES - Esgotamento Sanitário; RS - Limpeza e manejo de Resíduos Sólidos; DR - Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Ao final do capítulo é apresentada uma tabela na qual são apresentadas as diretrizes curriculares que se relacionam com o tema saneamento básico.

Ressalta-se que apesar das atividades serem compatíveis com as diretrizes curriculares vigentes, caberá aos professores avaliarem se elas estão de acordo à realidade da sala de aula, bem como inseri-las em um contexto adequado aos alunos, ficando a cargo dos docentes a sua aplicação ou não. Salienta-se, ainda, que os professores deverão avaliar as atividades propostas e verificar em qual diretriz e qual ano se enquadram adequadamente.

6.1 ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A 01 - Flyer Preservação da Água

Descrição: Flyer infantil sobre o assunto “preservação da água” que traz diversas informações sobre atitudes que podem ser tomadas para evitar o desperdício de água. O material é produzido pelo DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto) de Porto Alegre. Esta atividade pode ser realizada como uma atividade de leitura e depois podem ser feitos questionamentos ou rodas de conversa sobre o assunto para verificar qual foi a compreensão dos alunos.

Recursos necessários: Disponibilizar o material impresso para os alunos lerem ou de forma digital, ou ainda utilizar recursos como projetor para apresentar para toda turma.

Onde encontrar: esse material pode ser encontrado no site do DMAE^[3] em: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/flyer_infantil_web.pdf>.

A 02 - Folder “Você conhece o caminho da água até sua torneira?”

Descrição: Folder produzido pelo DMAE (Departamento de Água e Esgoto) de Porto Alegre que explica com ilustrações qual o caminho que a água percorre desde sua captação até chegar às torneiras das residências. Contempla também quais são as etapas de tratamento de água realizadas no município, atitudes para uso racional e

benefícios da água para a saúde. Esta atividade pode ser apresentada em forma de leitura individual ou coletiva e depois realizados questionamentos ou atividades em grupo baseando-se no que foi compreendido através da leitura.

Recursos necessários: Disponibilizar o material impresso para os alunos lerem ou de forma digital, ou ainda utilizar recursos como projetor para apresentar para toda turma.

Onde encontrar: esse material pode ser encontrado no site do DMAE^[4] em:
<http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/folder_agua_web.pdf>.

A 03 - Vídeo sobre Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos d'Água

Descrição: Vídeo educativo produzido pela ANA (Agência Nacional de Águas) que explica os Planos de Recursos Hídricos e o Enquadramento de Corpos d'Água. Pode ser apresentado o vídeo aos alunos como introdução ou complemento a esses assuntos.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: esse vídeo pode ser encontrado no canal da ANA no Youtube^[5] em:
<https://www.youtube.com/watch?time_continue=41&v=f2Yj9NYID9w&feature=emb_title>

A 04 - Vídeo sobre Usos Múltiplos da Água

Descrição: Vídeo produzido pela ANA (Agência Nacional de Águas) sobre os usos múltiplos da água. Atividade importante para os alunos entenderem a dinâmica dos usos da água no país.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: esse vídeo pode ser encontrado no canal da ANA no Youtube^[6] em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=FdL2yQoroag>>.

A 05 - Vídeo Programa Água Brasil

Descrição: Vídeo produzido pelo Programa Água Brasil que tem como tema a água e seu ciclo, sua importância, seus usos e aborda também água subterrânea.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: esse vídeo pode ser encontrado no canal do Programa Água Brasil no Youtube^[7] em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Iye8mZexCSM>>.

A 06 - Vídeo Uso Racional da Água

Descrição: Vídeo produzido pela ANA (Agência Nacional de Águas) com o tema uso racional da água. Aborda os usos e demanda de água, assim como atitudes que causam desperdício e também exemplos de como combater o desperdício.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: esse vídeo pode ser encontrado no canal da ANA no Youtube^[8] em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JtshF-n-mis>>.

A 07 - Atividade com os infográficos do relatório Conjuntura ANA

Descrição: Livro “Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2019”^[9] elaborado pela ANA (Agência Nacional de Águas) que aborda capítulos sobre o ciclo da água e o conjuntura, quantidade e qualidade da água, usos da água, gestão da água, segurança hídrica e sobre subsídios ao novo Plano Nacional de Recursos Hídricos. Ao início de cada capítulo são apresentados infográficos sobre o assunto do capítulo. Sugere-se utilizar esses infográficos como material auxílio em aulas sobre o assunto, ou também separar a turma em grupos e cada grupo fazer uma breve apresentação do seu infográfico, podendo utilizar também informações a partir da leitura dos capítulos.

Recursos necessários: Recurso visual como, por exemplo, projetor ou infográficos impressos.

Onde encontrar: esse exercício pode ser encontrado em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>>.

A 08 - Atividade sobre etapas do tratamento de água nas estações de tratamento de água:

Descrição: O exercício sugerido na Figura 6.1 foca no entendimento de quais são as etapas de tratamento de água realizadas em estações de tratamento de água e do que acontece em cada etapa.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas ou recurso visual (tipo projetor) e resolver o exercício em conjunto com a turma.

Onde encontrar: esse exercício^[10] pode ser encontrado para download em: <<https://escolaeducacao.com.br/atividades-dia-da-agua/atividades-de-agua-tratamento-de-agua/>>.

Escola: _____

Data: _____

Turma: _____

ESCOLAEDUCAÇÃO.COM.BR

Aluno: _____

TRATAMENTO DA ÁGUA



- Observe a ilustração e numere as fases abaixo de acordo com a sequência das etapas pelas quais a água passa dentro da estação de tratamento.
- As impurezas da água vão para o fundo do tanque.
 - Em seguida, ela recebe cloro para matar os micróbios e flúor para proteger os dentes.
 - A bomba retira a água dos rios.
 - A água é enviada para outro tanque, onde passa por filtros.
 - A água vai para um tanque, onde recebe produtos para agrupar a sujeira.
 - A água sai tratada, vai para um reservatório, passa por canos e chega até nossas casas.

Figura 6.1. Figura exemplo da atividade A 08.

Fonte: Adaptado de Escola Educação^[10].

Respostas: 3, 5, 1, 4, 2, 6.

A 09 - Atividade estação de tratamento de água

Descrição: O exercício sugerido abaixo foca no entendimento de quais são as etapas de tratamento de água realizadas em estações de tratamento de água e do que acontece em cada etapa.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas.

Relacione as colunas:

(a) Coagulação/Floculação	() Adição de cloro na água para eliminar microrganismos restantes.
(b) Decantação	() Adição de flúor à água tratada para ajudar na proteção dos dentes de quem a consome.
(c) Filtração	() Retirada de partículas menores e mais leves que não chegam a depositar no fundo.
(d) Cloração	() Partículas grandes se depositam gradualmente no fundo do tanque.
(e) Fluoração	() Água recebe substâncias que fazem partículas finas de areia e argila se juntarem em partículas maiores.

Respostas: d, e, c, b, a

A 10 - Pegada Hídrica

Descrição: No site do Water Footprint Network^[11] é possível encontrar informações sobre a pegada hídrica no mundo, além de recursos e jogos para auxiliar em aulas sobre o tema e também pode ser calculada sua pegada hídrica. Sugere-se que o professor utilize este site para contribuir no conteúdo e informação de suas aulas sobre pegada hídrica. Também pode ser sugerido aos alunos acessarem o site, calcularem sua pegada hídrica e lerem sobre o assunto. Dessa forma promove-se a autonomia na busca do conhecimento, e também pode ser feita uma apresentação para a turma das informações encontradas. Observação: o conteúdo do site é em inglês.

Recursos necessários: computador com acesso a internet.

Onde encontrar: o site da Water Footprint Network pode ser acessado em <<https://waterfootprint.org/en/>>.

A 11 - Visita orientada a estação de tratamento de água da sua cidade

Descrição: Atividades além da sala de aula são enriquecedoras para os alunos de qualquer ano, ainda mais quando eles conseguem relacionar o que foi aprendido na teoria com o funcionamento na prática e sua realidade. Para essa atividade sugere-se

que o professor apresente os conteúdos de tratamento de água para os alunos e após o entendimento desse assunto seja realizada uma visita orientada a estação de tratamento de água da sua cidade.

Recursos necessários: Transporte para os alunos e professores.

Onde encontrar: Entrar em contato com a companhia de saneamento da sua cidade. Em Porto Alegre, por exemplo, as orientações de agendamento de visitas orientadas à estação de tratamento de água Moinhos de Ventos podem ser encontradas no site do DMAE^[12] (https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=192).

A 12 - Qualidade da água

Descrição: O exercício sugerido abaixo foca no entendimento de quais são os parâmetros incluídos no índice de qualidade da água (IQA) e o que significam.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas ou recurso visual (tipo projetor) e resolver o exercício em conjunto com a turma.

Como medimos a qualidade da água?

O IQA - Índice de Qualidade da Água mede 9 parâmetros:

- 1 Coliformes fecais
- 2 pH
- 3 Fósforo (P)
- 4 Nitrogênio (N)
- 5 Demanda bioquímica de oxigênio (BOD)
- 6 Oxigênio (O₂)
- 7 Variação de temperatura
- 8 Turbidez
- 9 Resíduo

estes 4 medem a eutrofização da água

⚠ Não é uma medição completa! Não detecta metais pesados, agrotóxicos, protozoários etc.

Figura 6.2. Figura exemplo da atividade A 12.

Fonte: Adaptado de Árvore Água^[13].

A 13 - Desperdício de água

Descrição: Este exercício tem o intuito de trazer para discussão o tema desperdício de água. Pode ser apresentada a figura abaixo aos alunos para introduzir o tema e solicitar

aos alunos que façam trabalhos em grupo e apresentem situações em que há desperdício de água e o que poderia ser feito para evitar esse desperdício.

Recursos necessários: Projetor para mostrar a figura e para as apresentações se forem no formato de apresentação de slides.



Figura 6.3. Figura exemplo da atividade A13.

Fonte: Adaptado de *Árvore Água*^[13].

A 14 - Vídeos videoteca SABESP

Descrição: Na videoteca da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) são disponibilizados vídeos relacionados à economia da água, meio ambiente e educação ambiental. Seguem abaixo alguns dos vídeos disponíveis na videoteca e uma breve descrição do assunto abordado. Os vídeos podem ser assistidos pelos alunos e após podem ser realizadas rodas de conversa para trocar ideias e/ou atividades para identificar se o assunto principal foi compreendido.

- Água na Boca: Vídeo sobre o assunto água: surgimento, importância, quantidade disponível, o problema da poluição, formas de economia, educação ambiental e sua preservação.
- Chuá Chuágua: Com a ajuda de crianças e bonecos, o material aborda a importância da água e sua relação com todos os seres vivos.
- Água 4 Vídeos: Compilação de 4 vídeos que tratam da escassez do produto, os desafios para o século, bem como dicas e orientações para utilizá-la corretamente.
- A Gota Borracheira: Divertido desenho animado que retrata o ciclo da água em forma de uma personagem: Cristalina. Esse vídeo mostra o caminho que a gotinha passa desde o manancial, seu tratamento, armazenamento, uso, transformação em esgotos, tratamento e devolução à natureza.
- Super H2O - O Defensor das Águas: Nesta aventura, você saberá como surgiu o Super H2O, um menino que aprendeu desde cedo a importância da água em nosso planeta. Junto com outros mascotes, ele formou o Clubinho Sabesp para ensinar as crianças sobre a importância de preservar os recursos da natureza.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: os vídeos podem ser encontrados para download na área da videoteca do site da SABESP^[14] em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaId=123>.

6.2 ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ES 01 - O que é Eutrofização?

Descrição: conforme mencionado no capítulo de esgotamento sanitário, a eutrofização é o processo de enriquecimento das águas de ecossistemas aquáticos por meio do aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo. Pode ser um processo natural, devido à falta de mistura entre as camadas superficiais e profundas de um ecossistema aquático, ou artificial, com o aporte de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais nos corpos d'água. Este enriquecimento produz mudanças na qualidade da água, como a redução do oxigênio dissolvido, morte de peixes e aumento da incidência de florações de algas e cianobactérias. Sugere-se fazer uma apresentação aos alunos sobre o assunto e entregar a Figura 6.4 abaixo, indicando que eles elaborem um texto dissertativo sobre os impactos do lançamento de esgoto sem tratamento no meio ambiente, incluindo, entre eles, a eutrofização.

Recursos necessários: figura impressa para entregar aos alunos.



Figura 6.4. Figura exemplo da atividade ES 01.

Fonte: Adaptado de Árvore Água^[13].

ES 02 - Entendendo o tratamento de esgoto: lodo ativado

Descrição: este exercício aborda o funcionamento do tratamento de esgotos através do processo de lodos ativados. Sugere-se que a Figura 6.5 abaixo seja entregue aos alunos e o professor explique a sequência do processo de tratamento. Utilize os conceitos que foram detalhados no capítulo de esgotamento sanitário deste material.

Recursos necessários: figuras impressas para entregar aos alunos.

Onde encontrar: esta atividade foi adaptada da atividade disponível no site da SABESP^[15] <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=49>>.

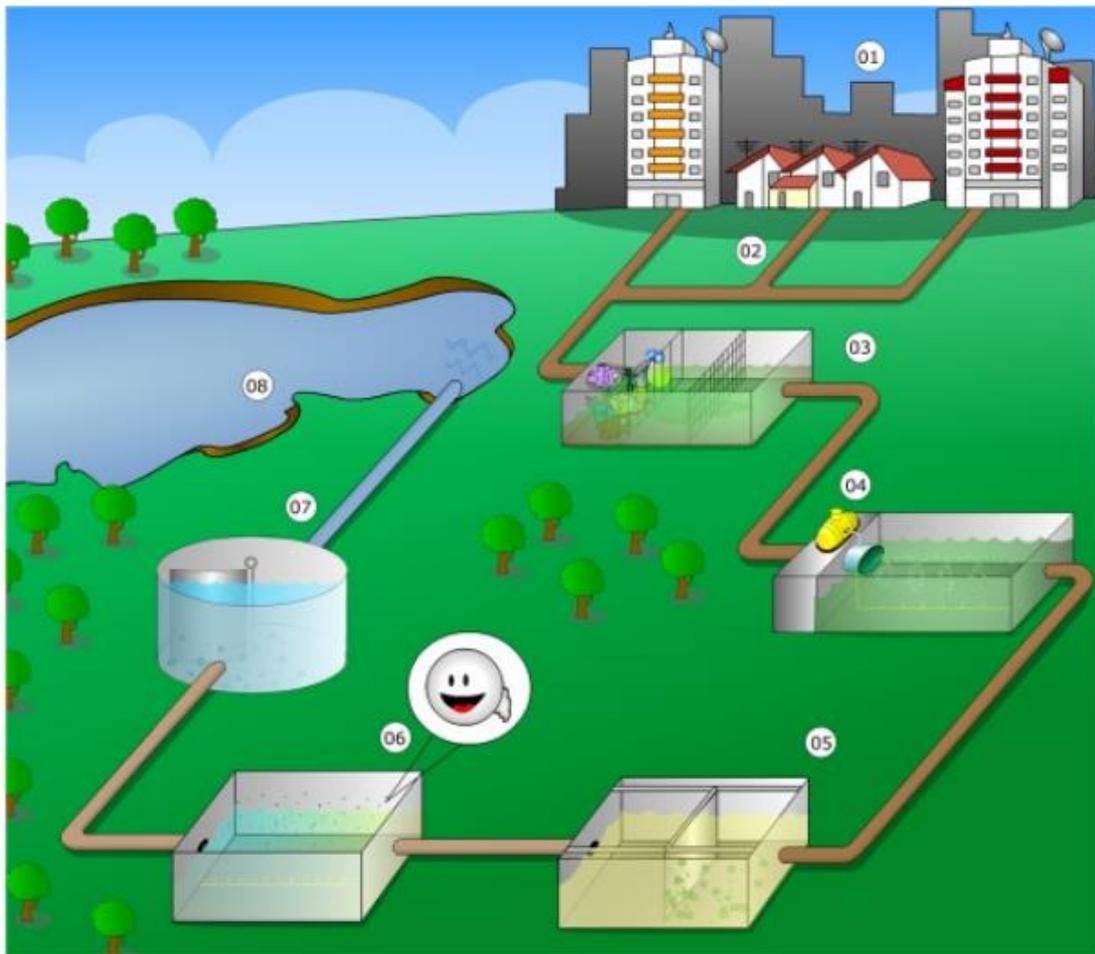


Figura 6.5. Figura exemplo da atividade ES 02.

Fonte: Adaptado de SABESP^[15].

01) Cidade: Após a distribuição nas residências, a água utilizada para higiene pessoal, alimentação e limpeza vira esgoto. Ao deixar as casas, ele vai para as redes coletoras, passa pelos coletores, troncos e interceptores até chegar às Estações de Tratamento de Esgotos.

02) Rede de esgotos.

03) Grades: Antes de ser tratado, o esgoto passa por grades para retirar a sujeira (papel, plástico, tampinha, etc).

04) Desarenadores: Depois de passar pelas grades, o esgoto é transportado para uma caixa que vai retirar a areia contida nele.

05) Decantador primário: Após os desarenadores, o esgoto é enviado aos decantadores primários onde ocorre a sedimentação de partículas mais pesadas.

06) Tanques de aeração: O esgoto é composto por matéria orgânica e microrganismos. Nos tanques de aeração, o ar fornecido faz com que os microrganismos ali presentes multipliquem-se e alimentem-se de material orgânico, formando o lodo e diminuindo assim a carga poluidora do esgoto.

07) Decantador secundário: Nos decantadores secundários, o sólido restante vai para o fundo e a parte líquida já está sem 90% das impurezas. Esta água não pode ser bebida. Ela é lançada nos rios ou reaproveitada para limpar ruas, praças e regar jardins.

08) Rio.

Lembre aos alunos que neste processo de tratamento, além da do tratamento da fase líquida, apresentada no exercício, é necessário também o tratamento da fase sólida, que diz respeito ao lodo gerado durante o tratamento. Devem ser adicionados produtos químicos ao lodo para condicionamento e desaguamento e disposição em centrifugas ou filtros prensas para aumentar o teor de sólidos para transporte e disposição final em aterros sanitários.

Para complementar a explicação, sugere-se que a Figura 6.6 seja entregue e discutida com os alunos.



Figura 6.6. Figura exemplo da atividade ES 02.

Fonte: Adaptado de *Árvore Água*^[13].

ES 03 - Questões sobre esgotamento sanitário

Descrição: esta atividade traz questões relacionadas ao tema de esgotamento sanitário que podem ser aplicadas pelos professores aos alunos. Sugere-se aplicá-las após ter trabalhado estes assuntos com os alunos, visando, assim, fixar os conhecimentos adquiridos.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos responderem, além de resolver o exercício em conjunto com a turma.

Onde encontrar: Esta atividade foi adaptada do manual do professor “Convergências ciências, ensino fundamental: anos finais, 7º ano”^[16]

1. **Observe abaixo algumas atividades que envolvem o uso de água em uma residência.**
 - a) Após a realização das atividades representadas na imagem, como fica a água utilizada?
 - b) Você sabe qual é a destinação da água que você utiliza no dia a dia para tomar banho, escovar os dentes e lavar as mãos?



Pessoas utilizando água em uma residência.

Figura 6.7. Figura exemplo da atividade ES 03.

Fonte: Adaptado de MICHELAN, V. S.; ANGELO, E. A.^[16]

2. **Em geral, do que é formado o esgoto doméstico?**
3. **Qual a destinação mais apropriada para o esgoto? Explique.**
4. **Cite alguns prejuízos de emissão de esgoto não tratado no ambiente.**
5. **As fossas sépticas devem ser construídas distantes de poços que abastecem as residências. De maneira geral, os poços são perfurações no solo para captar água de reservas subterrâneas. As fossas e os canos de esgoto devem ser**

instalados a aproximadamente 30 m de distância de poços e reservas de água subterrânea.

- a) Explique porque é necessário que a fossa séptica seja construída a uma certa distância dos poços de água?
- b) Muitas pessoas não recebem água tratada e encanada principalmente nas regiões rurais, utilizando água proveniente de poços para realizar suas atividades. Cite alguns cuidados que essas pessoas devem ter antes de consumir essa água.

6. Complete as frases com as palavras dispostas no quadro abaixo:

<i>Schistosoma mansoni</i>	leptospirose	amebíase
aeração	fossa seca	matéria orgânica
bactéria	barriga d'água	industrial
	fossas sépticas	

- a) é uma doença transmitida por meio da água contaminada com urina de ratos infectados com a *Leptospira interrogans*.
- b) Nos tanques de das estações de tratamento de esgoto, a presente no esgoto é decomposta por microorganismos.
- c) É necessária a construção de nas regiões onde não há rede de coleta e tratamento de esgoto.
- d) A esquistossomose, conhecida também como, é uma doença transmitida por meio da água contaminada com a larva do verme
- e) A cólera e a são doenças que podem ser evitadas com o tratamento da água e do esgoto.
- f) A é um buraco no solo para receber dejetos que podem contaminar o solo e as fontes de água.
- g) O esgoto pode ter origem doméstica, hospitalar ou

Respostas

- 1) a) Espera-se que os alunos respondam que a água fica imprópria para o consumo, com substâncias como detergente, sabão, fezes e urina.
- 1) b) Resposta pessoal. Os alunos podem citar que essa água é encaminhada para fossas ou para as redes coletoras de esgoto. A rede coletora conduz essa água até as estações de tratamento de esgoto.
- 2) O esgoto doméstico é formado por uma mistura de água, detergentes, sabonetes, fezes urina, restos de alimento, entre outros.
- 3) A destinação mais apropriada são as estações de tratamento de esgoto (soluções coletivas). Em locais onde não há coleta e ETEs, se faz necessário o uso de fossas sépticas

(soluções individuais). Esses destinos impedem que o esgoto seja lançado diretamente no solo ou em corpos d'água, evitando, assim, a contaminação do ambiente.

4) Os alunos podem citar a contaminação e/ou poluição do solo e da água, e a consequente transmissão de doenças por veiculação hídrica, morte de seres vivos devido à eutrofização das águas, dentre outros problemas que foram citados neste material.

5) a) A distância mantida entre a fossa séptica e o poço de água é essencial para evitar a contaminação da água que será captada para consumo humano. Apesar de já previamente tratado na fossa, quando chega no sumidouro o efluente fica em contato com o solo, permitindo a infiltração e uma consequente contaminação da água se houver poços rasos próximos.

5) b) Deve-se tomar algumas medidas de prevenção, como ferver a água ou realizar tratamento doméstico com adição de cloro.

6) a) Leptospirose - bactéria; b) aeração - matéria orgânica; c) fossas sépticas; d) barriga d'água - *Schistosoma mansoni*; e) amebíase; f) fossa seca; g) industrial.

ES 04 - Cartilha DMAE: “O que acontece com o seu esgoto?”

Descrição: esta cartilha do DMAE aborda questões como: o que é esgoto, apresentando a distinção entre esgoto cloacal e pluvial; hábitos para cuidar da qualidade dos esgotos nas cidades; como o esgoto é tratado, apresentando os processos de tratamento que as ETEs de Porto Alegre utilizam; importância de tratar os esgotos; e, ainda, como o esgoto é captado. A cartilha foi produzida pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre, portanto, os dados e informações apresentados são sobre o tratamento de esgoto desta cidade. Ao apresentar esta cartilha para alunos de cidades do estado que não sejam Porto Alegre deve-se atentar à esta questão.

Recursos necessários: cartilha para disponibilizar aos alunos e/ou recurso audiovisual.

Onde encontrar: a cartilha pode ser encontrada no site do DMAE^[17] em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/folder_esgoto_web.pdf.



Figura 6.8. Figura exemplo da atividade ES 04.
Fonte: Adaptado de DMAE^[17].

6.3 ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

RS 01 - Vídeo sobre ciclo da água e como ele afeta os resíduos sólidos urbanos

Descrição: Vídeo produzido pelo Programa Trata Brasil, onde é abordada a relação da água das chuvas, dos rios e de drenagem com os resíduos sólidos urbanos, evidenciando a importância de não se descartar resíduos nas ruas.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: Esse vídeo pode ser encontrado no canal do Programa Água Brasil no Youtube^[7] em <<https://www.youtube.com/watch?v=lye8mZexCSM>>.

RS 02 - Documentário “Ilha das Flores” (1989) de Jorge Furtado

Descrição: Documentário produzido em 1989 que mostra como ocorre o descarte dos resíduos de Porto Alegre na Ilha das Flores, localizada na margem esquerda do Guaíba. Apesar de ser produzido a mais de 30 anos, o documentário ainda é atual e serve de plano de fundo para um debate sobre desigualdade social.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: Esse vídeo pode ser encontrado no Youtube^[18] em <<https://www.youtube.com/watch?v=cvpjpgAZd63w>>.

RS 03 - Separação de resíduo em sala de aula

Descrição: Atividade com foco em praticar a separação do lixo em sala de aula junto com os alunos, auxiliando a fixar os conceitos estudados sobre o tema. Antes do horário do intervalo, distribuir uma sacola para cada aluno e pedir que eles guardem na sacola aquilo que colocariam no lixo após realizar seu lanche no intervalo. Quando retornar para sala de aula, preparar três recipientes, um para reciclável, outro para orgânico e outro para rejeito. Pedir para os alunos descartarem de acordo com o que aprenderam e auxiliar no processo.

Recursos necessários: uma sacola para cada aluno e três recipientes grandes para separação dos resíduos em sala de aula.



Figura 6.9. Figura exemplo da atividade RS 03.
 Fonte: Adaptado de Árvore Água^[13].

RS 04 - Repolho quente da reciclagem

Descrição: Auxiliar no debate em grupo sobre questões relacionadas aos resíduos, sua separação adequada e conceitos aprendidos em aula. Separar um recipiente e pedir para os alunos escreverem perguntas sobre o tema e depositarem no recipiente. Neste momento o professor ou professora também pode auxiliar e colocar algumas perguntas. Após, amassar uma folha, deixando-a parecida com um repolho e sentar em volta do recipiente. O repolho passa de mão em mão, como o jogo da batata quente. O responsável pela turma deve tocar uma música ao fundo e ir parando de momentos em momentos. Aquele em que para o repolho, deve retirar uma pergunta do recipiente e responder para a turma. Caso a aluna ou aluno não saiba responder, os outros podem auxiliar.

Recursos necessários: aparelho que reproduza som (rádio, computador, telefone, etc).

Onde encontrar: essa atividade foi adaptada de Klein, Carine Leal. Educação ambiental: suas atitudes fazem a diferença: cartilha – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2018. ISSN 2595-3672^[19]. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/429324/2/Educa%C3%A7%C3%A3o%20Ambiental%20suas%20atitudes%20fazem%20a%20diferen%C3%A7a.pdf>.

RS 05 - Questões sobre resíduos sólidos e reciclagem

Descrição: A atividade proposta foca no entendimento sobre o tema de resíduos sólidos e sua redução, abordando reuso e reciclagem.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas.

Onde encontrar: Esta atividade foi adaptada do manual do professor “Convergências ciências, ensino fundamental: anos finais, 7º ano”^[16]

O texto abaixo apresenta atitudes que ajudam a diminuir o acúmulo de materiais no meio ambiente. Leia-o e responda às questões.

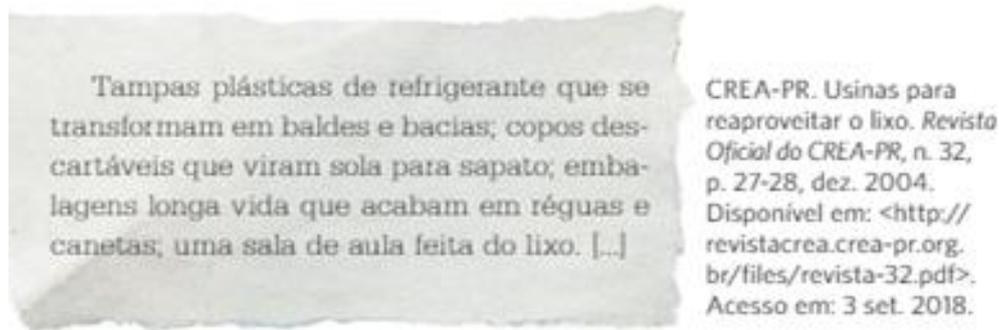


Figura 6.10. Figura exemplo da atividade RS 05.
Fonte: Adaptado de MICHELAN, V. S.; ANGELO, E. A^[16].

1. Em sua opinião, qual é a importância do reaproveitamento e da reciclagem de materiais para o meio ambiente?
2. Cite alguns dos prejuízos que o depósito inadequado de resíduos sólidos pode causar no meio ambiente.
3. Você já usou algum objeto feito com material reciclado? Que objeto era esse? De que material ele era feito?
4. Com um colega, pesquise qual o principal destino dos resíduos sólidos no município em que você vive.

Respostas

1. Resposta pessoal. É esperado que os alunos respondam que a reciclagem de materiais contribui para reduzir quantidade de resíduos depositados nos aterros sanitários, o que diminui a poluição no solo, nas águas subterrâneas e do ar, além de reduzir extração de matéria prima.
2. O depósito inadequado dos resíduos sólidos pode causar a poluição e a contaminação do solo e da água, podendo aumentar a proliferação de doenças ocasionadas por essas contaminações ou vinculadas a seres vivos transmissores de doenças, como ratos e mosquitos.
3. Resposta pessoal. O objetivo é que os alunos compartilhem suas vivências com os colegas. Estimule a prática de usar objetos produzidos com material reciclado.

4. Resposta pessoal. O objetivo é que os alunos conheçam como funciona este eixo do saneamento básico no município onde vivem.

RS 06 - Questões sobre resíduos sólidos e proliferação de vetores

Descrição: A atividade proposta foca no entendimento sobre a proliferação de vetores responsáveis por disseminar doenças e sua relação com os resíduos sólidos.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas.

Onde encontrar: Esta atividade foi adaptada do manual do professor “Convergências ciências, ensino fundamental: anos finais, 7º ano”^[16]

Leia um trecho da reportagem a seguir

Lixo doméstico em Macapá reúne 50% da concentração de Aedes, diz prefeitura

Secretaria de Saúde realiza novo Levantamento do Índice Rápido de Infestação. Objetivo é identificar os locais com maior número de focos de criadouros do mosquito.

G1, 17 ago. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2018/08/17/lixo-domestico-em-macapá-reune-50-da-concentração-de-aedes-diz-prefeitura.ghtml>>. Acesso em: 3 set. 2018.



Mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus causador da dengue.

Figura 6.11. Figura exemplo da atividade RS 06.

Fonte: Adaptado de MICHELAN, V. S.; ANGELO, E. A.^[16]

1. Os resíduos domésticos de Macapá estão sendo destinados corretamente? Justifique.
2. Por que é importante a Secretaria da Saúde realizar um levantamento para identificar locais com focos de criadouros de mosquito?

Respostas

1. Espera-se que os alunos respondam que não, pois está sendo foco de transmissor do vírus da dengue.
2. Espera-se que os alunos relacionem esse levantamento à implementação de medidas que reduzam a ocorrência desses focos, como conscientização da população-alvo e limpeza de locais que possam estar acumulando água parada.

RS 07 - Questões sobre resíduos sólidos e sua disposição final

Descrição: A atividade proposta foca no entendimento sobre a disposição final dos resíduos sólidos.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas.

1. Descreva a diferença entre aterro sanitário, aterro controlado e lixão.
2. Resposta às questões abaixo sobre lixões e aterros sanitários:
 - a) Comparando as características de um aterro sanitário e de um lixão, indique qual deles causa mais danos ao meio ambiente. Justifique.
 - b) Qual a principal função da camada inicial de impermeabilização no aterro sanitário?
 - c) Qual a principal função das tubulações instaladas no aterro sanitário?

Respostas

1) Lixão: forma inadequada de disposição de resíduos, na qual não há qualquer tipo de controle da deposição dos mesmos nem coleta e tratamento dos efluentes gerados no processo de decomposição, colocando em risco a saúde pública e o meio ambiente.

Aterro sanitário: processo utilizado para a disposição final de resíduos sólidos no solo, no qual são empregados procedimentos padrões e normas de engenharia para que não haja vazamentos dos efluentes gerados no processo de decomposição para o solo, subsolo, águas subterrâneas e ar.

Aterro controlado: locais em que os resíduos e rejeitos são depositado de forma controlada e há cobertura com camada de solo, porém, não coleta nem tratamento dos efluentes gerados no processo de decomposição.

2a) Espera-se que os alunos respondam que é o lixão, porque nele os resíduos são depositados diretamente no solo, sem qualquer planejamento para saída dos gases e do chorume, nem cobertura para evitar mau cheiro e proliferação de seres vivos transmissores de doenças, entre outros danos.

2b) A camada inicial de impermeabilização evita que o chorume contamine a água subterrânea e o solo.

2c) As tubulações do aterro sanitários recolhem os efluentes líquidos e gasosos provenientes da decomposição do lixo e envia-os para locais adequados de tratamento, evitando contaminação das águas, do solo e do ar.

RS 08 - Montando uma composteira doméstica

Descrição: A atividade proposta tem como objetivo auxiliar na visualização da transformação da matéria orgânica em composto que pode ser usado como adubo. Aqui, todos são responsáveis pela manutenção da composteira, auxiliando o aluno a criar noções de responsabilidade social e para com o grupo.

Recursos necessários: Caixas ou baldes empilháveis com tampa, faca de corte, furadeira, terra com minhocas, folhas secas ou serragem e material orgânico a ser descartado.

Onde encontrar: Vídeo descritivo de como montar composteira doméstica disponível no Youtube^[20] em <<https://www.youtube.com/watch?v=8xjViuCM1Ds>>.



Figura 6.12. Figura exemplo da atividade RS 08.

Fonte: Adaptado de Árvore Água^[13].

6.4 ATIVIDADES RELACIONADAS AO EIXO DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

DR 01 - Cartilha convivendo com inundações

Descrição: esta cartilha traz uma história em quadrinhos das experiências construídas em conjunto com a comunidade de Porto Alegre. Foi desenvolvida pelo Banco Mundial, em parceria com a Prefeitura de Porto Alegre, no contexto do projeto “Convivendo com as inundações: um estudo para construir resiliência com as comunidades de Porto Alegre”. Teve o objetivo de ajudar a entender melhor quais foram os impactos sociais das inundações e alagamentos de outubro de 2015 na região das Ilhas e da Grande Farrapos (Farrapos, Humaitá, Anchieta, Navegantes e São Geraldo) em Porto Alegre, e diagnosticar o que faltou para evitar estragos tão grandes [Y]. É adequada para escolas de Porto Alegre e região metropolitana, visto que esta região é mais próxima do contexto apresentado na cartilha. Entretanto, pode ser trabalhada com os alunos de escolas de outras regiões do estado, visando apresentar aos alunos como é o convívio com inundações em locais em que isto ocorre.

Recursos necessários: cartilha para disponibilizar aos alunos e/ou recurso audiovisual.

Onde encontrar: a cartilha^[21] pode ser acessada em <http://pubdocs.worldbank.org/en/383951555961771935/Convivendo-com-as-Inundacoes-Historia-em-quadrinhos.pdf>.



Figura 6.13. Figura exemplo da atividade DR 01.

Fonte: Adaptado de Banco Mundial^[21].

DR 02 - Drenagem não é esgoto!

Descrição: a rede pluvial é um sistema de tubulações que coleta a água da chuva e a encaminha a um rio ou mar. Geralmente são projetadas e construídas de forma independente das redes de coleta de esgoto, entretanto, muitas pessoas fazem ligações clandestinas de esgoto com a rede pluvial^[16]. O exercício sugerido abaixo instiga que os alunos entendam os problemas causados pelas ligações indevidas do esgoto nas redes de drenagem pluvial. Sugere-se que o professor apresente brevemente o tema e em seguida aplique o exercício aos alunos.

Recursos necessários: Exercício impresso para os alunos preencherem com as respostas.

Onde encontrar: Esta atividade foi adaptada do manual do professor “Convergências ciências, ensino fundamental: anos finais, 7º ano”^[16]

Perguntas:

1. O que pode ser causado ao local para onde as águas pluviais são direcionadas caso as redes de esgoto sejam ligadas clandestinamente à rede pluvial?
2. Quais os benefícios de captar as águas da chuva e conduzi-las a um rio ou mar?
3. Para onde vão os resíduos descartados incorretamente nas ruas e quais as prováveis consequências desse ato?



Figura 6.14. Figura exemplo da atividade DR 02.

Fonte: Adaptado de Árvore Água^[13].

Respostas:

1. As ligações clandestinas podem causar a contaminação ou poluição de rios, mares ou de locais onde a água coletada for lançada. Isso ocorre porque, ao despejar clandestinamente o esgoto nas redes pluviais, este não passa pelas estações de tratamento de esgoto, misturando-se à água das chuvas e sendo lançado diretamente no ambiente.
2. Resposta pessoal. Espera-se que os alunos respondam que este fato pode ajudar a prevenir enchentes e outros problemas relacionados ao excesso e ao acúmulo de água em locais urbanizados.
3. Esses resíduos tendem a se misturar com a água das chuvas e são lançados nas redes pluviais. Desse modo, eles podem contaminar rios, mares e lagos, e também podem entupir bueiros provocando alagamentos.

DR 03 - Vídeo “A necessidade da Drenagem Urbana”

Descrição: Vídeo disponibilizado pelo Crea (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura) de Minas Gerais. Aborda a importância da drenagem urbana com comentários de pessoas com conhecimento no assunto.

Recursos necessários: Recurso audiovisual.

Onde encontrar: o vídeo pode ser encontrado no canal do CREA no Youtube^[22] em: <<https://www.youtube.com/watch?v=l8NmPkOld7w>>.

DR 04 - Bacias Hidrográficas

Descrição: A partir da apresentação do tema bacias hidrográficas aos alunos, pode ser realizada esta atividade lúdica utilizando materiais para identificar elementos que compõem as bacias hidrográficas, visando a compreensão dos alunos sobre o tema abordado.

Recursos necessários: folha grande de árvore, linhas coloridas, canetas coloridas e papel.

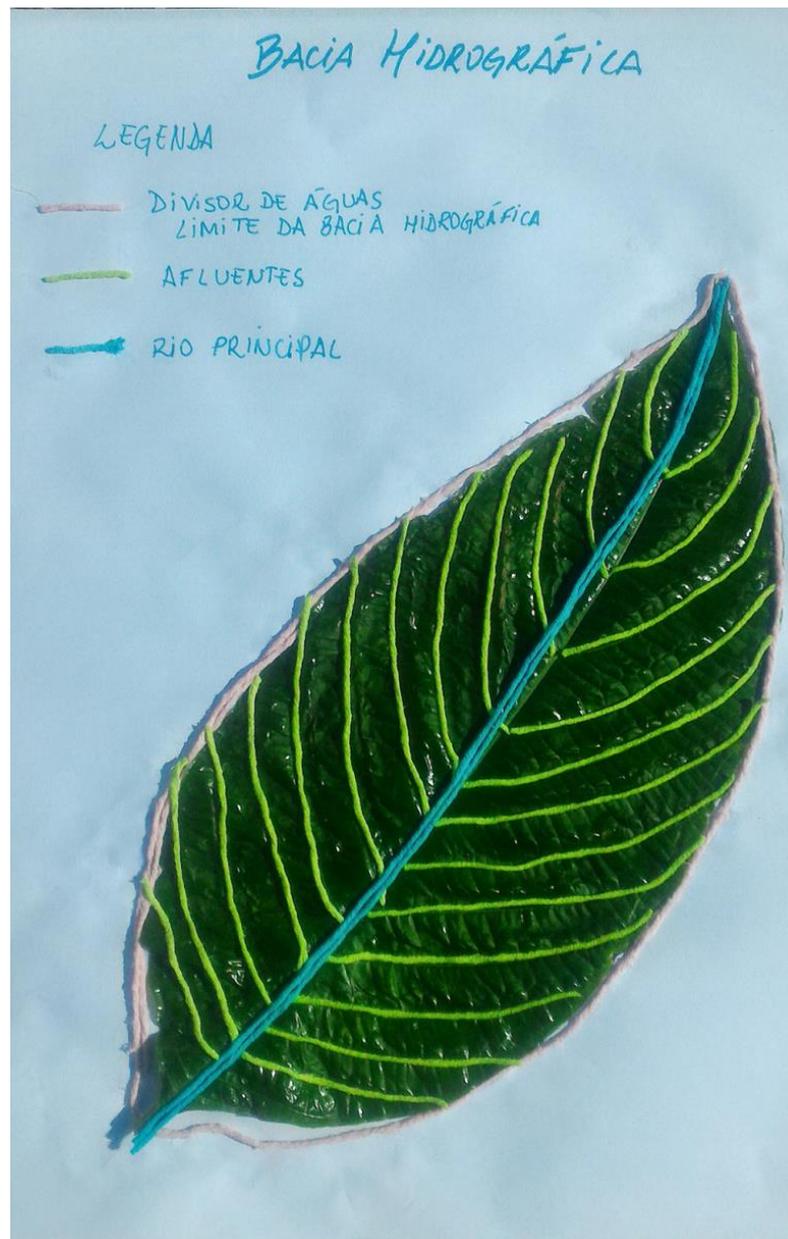


Figura 6.15. Figura exemplo da atividade DR 04.
Fonte: Adaptado de Centro de Ensino Guroo^[23].

DR 05 - Inundações Urbanas

Descrição: após ter realizado a apresentação de conceitos relacionados à ciclo hidrológico e drenagem, sugere-se que o professor mostre a imagem a seguir aos alunos e peça aos mesmos para elaborarem uma breve redação sobre os impactos do desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico. Espera-se que sejam citados os impactos que a impermeabilização do solo causa, promovendo, por exemplo, a ocorrência de inundações.

Recursos necessários: recurso audiovisual para mostrar aos alunos.

A várzea dá espaço para o rio encher, esvaziar e se mover



Aterrado esse espaço, surgem as enchentes e alagamentos



Figura 6.16. Figura exemplo da atividade DR 05.

Fonte: Adaptado de *Árvore Água*^[13].

6.5 ATIVIDADES RELACIONADAS À DIVERSOS OS EIXOS

6.5.1 SAN 01 - Jogo “Viva os objetivos!”

Descrição: este jogo de tabuleiro tem como objetivo ampliar a conscientização sobre os Objetivos Globais da ONU, como eles impactam a vida de todos e o que podemos fazer, no nosso dia a dia, para ajudar a alcançar os 17 objetivos até 2030. Apesar de não ter foco somente nos ODS relacionados ao meio ambiente, com este jogo, o objetivo é ajudar os alunos a melhor perceberem o seu papel no futuro do planeta enquanto indivíduos, membros de uma equipe e enquanto cidadãos responsáveis [3].

Recursos necessários: tabuleiro do jogo em formato A3, regras do jogo e cartela com dado e os peões, folha com perguntas, contendo 6 perguntas para cada ODS.

Onde encontrar: o material^[24] necessário pode ser baixado em <<https://nacoesunidas.org/vivaosobjetivos/>>.



Figura 6.17. Figura exemplo da atividade SAN 01.

Fonte: Adaptado de Organização Das Nações Unidas - ONU^[24].

SAN 02 - Histórias da Turma da Mônica

Descrição: As histórias retratam, de uma forma divertida e em uma linguagem simples, alguns problemas relacionados à falta de saneamento adequado. Além disso, traz formas de preservar os recursos naturais, como por exemplo, economia de água e separação de resíduos. Este material também traz atividades de fixação, como caça-palavras e outros, que podem ser aplicadas aos alunos. Sugere-se, portanto, que o professor apresente as histórias aos alunos e após aplique as atividades disponíveis. As histórias adequadas para o tema em questão são apresentadas nas figuras abaixo.

Recursos necessários: recurso audiovisual e atividades impressas para disponibilizar aos alunos.

Onde encontrar: o material^[25] necessário pode ser baixado em <<http://turmadamonica.uol.com.br/revistasespeciais/>>.



Figura 6.18. Figuras exemplos da atividade SAN 02.

Fonte: Adaptadas de SOUSA, M. de^[25]

SAN 03 - História “Turminha dos heróis da natureza: na luta pelo saneamento básico”

Descrição: Nesta história os heróis protetores da natureza surgem com a missão de ensinar às crianças a importância de se preservar o meio ambiente, para que no futuro, todos possam desfrutar das maravilhas que o planeta tem a oferecer [5]. Além disso, a cartilha traz atividades relacionadas à história, como atividade de pintar, jogo dos 7 erros e quebra-cabeça. Sugere-se, portanto, que o professor apresente a história aos alunos e após aplique as atividades disponíveis.

Recursos necessários: recurso audiovisual e atividades impressas para disponibilizar aos alunos.

Onde encontrar: o material^[26] necessário pode ser baixado em

<<http://www.tratabrasil.org.br/turminha-dos-herois-da-natureza>>.



Figura 6.19. Figura exemplo da atividade SAN 03.

Fonte: Adaptada de SANTOS, S. V. dos^[26].

SAN 04 - Cartilhas “Ação Global”

Descrição: O Instituto Trata Brasil disponibiliza em seu site duas cartilhas chamadas “Ação Global”, uma do ano de 2017^[27] e outra do ano de 2018^[28]. A cartilha “Ação Global 2017” é uma cartilha explicativa que aborda os seguintes assuntos: os quatro elementos do saneamento; de onde vem a água da torneira e para onde vai; o que acontece quando não temos saneamento *versus* o que acontece quando temos saneamento; como se organizar para exigir o seu direito e com quem reclamar; e, informações de como está a situação do saneamento básico no país. Já a cartilha “Ação Global 2018” é uma cartilha que contém atividades como caça-palavras, labirintos e outras relacionadas ao tema e que podem ser aplicadas aos alunos.

Recursos necessários: cartilhas impressas para disponibilizar aos alunos.

Onde encontrar: as cartilhas podem ser encontradas em <<http://www.tratabrasil.org.br/cartilha-acao-global-2017>>^[27] e <<http://www.tratabrasil.org.br/cartilha-acao-global-2018>>^[28]

SAN 05 - Documentário “Saneamento é +”

Descrição: o Instituto Trata Brasil lançou em 2017 uma série de vídeos intitulada “Saneamento é +”, que contempla informações sobre os benefícios e impactos da falta de saneamento no país^[29]. Para realizar uma atividade com os alunos, sugere-se dividir a turma em 3 grupos, sendo que cada grupo ficará responsável por assistir um dos vídeos da série “Saneamento é +”: saneamento é + emprego; saneamento é + turismo; saneamento é + saúde. Após, cada grupo poderá apresentar para o restante da turma dados e informações que estavam no seu vídeo e será realizado um debate.

Recursos necessários: recurso audiovisual.

Onde encontrar: o documentário pode ser acessado em <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-e>>^[29].

SAN 06 - Documentário “A realidade do saneamento básico no Brasil”

Descrição: o documentário “A Realidade do Saneamento Básico no Brasil - documentário com os Embaixadores do Instituto Trata Brasil”, é um filme produzido pela Kurundu Filmes que entrevistou moradores de regiões críticas de São Paulo e Porto Alegre, bem como personalidades que colaboram com o Instituto Trata Brasil^[30]. O documentário tem como objetivo mostrar problemas enfrentados diariamente pela falta de saneamento básico: transtornos causados à saúde, correlação da falta de saneamento básico com a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, dentre outros. Também é abordada a falta de políticas de regularização e habitação que permitam

resolver o problema desses serviços nas áreas irregulares. Sugere-se realizar um debate com os alunos após o vídeo.

Recursos necessários: recurso audiovisual.

Onde encontrar: o documentário pode ser acessado em <<http://www.tratabrasil.org.br/doc-a-realidade-do-saneamento>>^[30].

SAN 07 - Documentário “A luta pelo básico – saneamento salvando vidas”

Descrição: o vídeo aborda a importância da água e do esgotamento sanitário em comunidades vulneráveis que passaram a receber esses serviços, mostrando relato de moradores e líderes comunitários falando da qualidade de vida, antes e depois dos serviços. Os locais mostrados são bairros localizados dentro e no entorno da cidade de São Paulo e também comunidades em Porto Alegre, como a Vila Dique, Vila Amizade e Vila Athenis. Há também depoimentos de moradores em municípios de Pernambuco. De acordo com o Instituto Trata Brasil^[31], “os depoimentos testemunham a redução dos casos de doenças, o aumento da autoestima e da perspectiva de vida das pessoas a partir da chegada do acesso regular à água potável e coleta de esgotos. Além disso, os relatos mostram ainda que os serviços de saneamento normalmente vêm acompanhados de outras infraestruturas, como asfaltamento, iluminação, pública, entrega de correspondência, regularização do CEP, entre outros que ajudam na busca por empregos e trazem mais dignidade às pessoas”. Sugere-se realizar um debate com os alunos após o vídeo.

Recursos necessários: recurso audiovisual.

Onde encontrar: o documentário pode ser acessado em <<http://www.tratabrasil.org.br/documentario-a-luta-pelo-basico>>^[31].

SAN 08 - Aprendendo mais

Descrição: No site do Instituto Trata Brasil^[32] é possível encontrar informações sobre o tratamento da água e do esgoto no Brasil e no mundo, além de informações sobre saúde e conservação do ambiente. O site do SNIS^[33] e o site Painel Saneamento Brasil^[34] trazem informações referentes aos quatro eixos do saneamento básico em diversos estados e localidades do Brasil. Sugere-se que os alunos façam uma atividade de pesquisa nos sites citados buscando dados e informações sobre o saneamento básico, tanto no mundo e país, quanto na própria região e localidade. Dessa forma promove-se a autonomia na busca do conhecimento, e também pode ser feita uma apresentação para a turma das informações encontradas.

Recursos necessários: acesso à internet e computadores disponíveis aos alunos.

Onde encontrar: os sites pode ser acessados pelos links a seguir <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas>> [32], <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>> [33], <<https://www.painelsaneamento.org.br/>> [34].



Figura 6.20. Figura exemplo da atividade SAN 08.
Fonte: Adaptada de TRATA BRASIL [32].



Figura 6.21. Figura exemplo da atividade SAN 08.
Fonte: Adaptada de PAINEL SANEAMENTO BRASIL [34].

SAN 09 - Doenças relacionadas à falta de saneamento: a história da Cólera

Descrição: Este vídeo conta a história de como a cólera transformou um povoado e mostrar como hábitos de higiene e o tratamento doméstico de água podem ajudar a combater a Cólera. É indicado para se trabalhar o impacto do destino inadequado de esgoto na saúde das pessoas, bem como conceitos relacionados ao tratamento doméstico de água.

Recursos necessários: recurso audiovisual.

Onde encontrar: o vídeo pode ser acessado em <https://www.youtube.com/watch?v=OvA2QyTiPag> ^[35].

SAN 10 - Cartilha “Cuidando do Sr. Ex-Goto”

Descrição: esta cartilha do DMAE apresenta a história de duas gotas de água que se separam por causa do lixo e esgoto produzido pelo ser humano. É explicado brevemente, através da história, o funcionamento de uma ETA e de uma ETE, assim como são apresentados conceitos relacionados à drenagem. Além da história em quadrinhos, a cartilha também conta com informações e atividades que podem ser aplicadas aos alunos. Como foi produzida pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre, apresenta o Guaíba como sendo o corpo hídrico receptor dos efluentes domésticos, bem como o manancial de captação de água bruta. Ao apresentar esta cartilha para alunos de cidades do estado que não sejam Porto Alegre deve-se atentar à esta questão.

Recursos necessários: recurso audiovisual e atividades impressas para disponibilizar aos alunos.

Onde encontrar: a cartilha pode ser encontrada em http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cartilha_educacao_ambiental.pdf ^[35].



Figura 6.22. Figura exemplo da atividade SAN 10.
Fonte: Adaptada de DMAE^[35].

6.6 DIRETRIZES CURRICULARES RELACIONADAS AO SANEAMENTO BÁSICO

Abaixo é apresentada a Tabela 6-1 na qual são apresentadas as diretrizes curriculares que se relacionam com o tema saneamento básico. Ressalta-se que apesar das atividades serem compatíveis com as diretrizes curriculares vigentes, caberá aos professores avaliarem se elas estão de acordo à realidade da sala de aula, bem como inseri-las em um contexto adequado aos alunos, ficando a cargo dos docentes a sua aplicação ou não. Salienta-se, ainda, que os professores deverão avaliar as atividades propostas e verificar em qual diretriz e qual ano se enquadram adequadamente.

Tabela 6-1. Diretrizes curriculares relacionadas ao saneamento básico.
Fonte: Adaptada de [1] e [2].

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
1°	Ciências da Natureza; Ciências	Matéria e energia	Características dos materiais	(EF01CI01) Comparar características de diferentes materiais presentes em objetos de uso cotidiano, discutindo sua origem, os modos como são descartados e como podem ser usados de forma mais consciente.	(EF01CI01RS-5) Identificar materiais presentes ao nosso redor que não são agressivos ao meio ambiente.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
					(EF01CI01RS-6) Compreender a importância de evitar o desperdício de materiais.		
					(EF01CI01RS-7) Identificar as ações humanas que provocam poluição e degradação ao meio ambiente.		
2°	Ciências da Natureza; Ciências	Matéria e energia	Propriedades e usos dos materiais	(EF02CI02) Propor o uso de diferentes materiais para a construção de objetos de uso cotidiano, tendo em vista algumas propriedades desses materiais (flexibilidade, dureza, transparência etc.).	(EF02CI02RS-3) Analisar quais materiais podem ser reutilizados.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
					(EF02CI02RS-4) Criar e propor novos usos utilizando os materiais alternativos.		
					(EF02CI02RS-5) Investigar o destino de descarte de determinados materiais.		
		Vida e evolução	Seres vivos no ambiente; Plantas	(EF02CI05) Investigar a importância da água e da luz para a manutenção da vida de plantas em geral.	(EF02CI05RS-3) Reconhecer os ciclos da água.	Abastecimento de água	Código A
(EF02CI05RS-4) Discutir a necessidade da água para a manutenção da vida em geral.							

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
2°	Ciências Humanas; Geografia	Natureza, Ambientes e Qualidade de Vida	Os usos dos recursos naturais: solo e água no campo e na cidade	(EF02GE11) Reconhecer a importância do solo e da água para a vida, identificando seus diferentes usos (plantação e extração de materiais, entre outras possibilidades) e os impactos desses usos no cotidiano da cidade e do campo.	(EF01GE11RS-1) Conhecer conceitos que definam elementos da natureza pertencentes ao universo hidrográfico (rios, lagos, bacia etc.), topográfico (diferentes formas de relevo), atmosférico (clima, tempo, elementos etc.), bem como da flora e da fauna.	Abastecimento de água	Código A
					(EF02GE11RS-3) Demonstrar sensibilidade ambiental e responsabilidade social, a partir de hábitos simples e protagonismos diários nos seus espaços de vivência.		
3°	Ciências da Natureza; Ciências	Terra e Universo	Usos do solo	(EF03CI10) Identificar os diferentes usos do solo (plantação e extração de materiais, dentre outras possibilidades), reconhecendo a importância do solo para a agricultura e para a vida.	(EF03CI10RS-7) Debater a importância da educação ambiental nos dias de hoje para a preservação do ambiente.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A, ES, RS, DR e SAN
					(EF03CI10RS-8) Identificar as ações humanas que possam ameaçar o equilíbrio ambiental.		
	Ciências Humanas; Geografia	Natureza, ambientes e qualidade de vida	Produção, circulação e consumo	(EF03GE08) Relacionar a produção de lixo doméstico ou da escola aos problemas causados pelo consumo excessivo e construir propostas para o consumo consciente, considerando a ampliação de hábitos de redução, reuso e reciclagem/descarte de materiais consumidos em casa, na escola e/ou no entorno.	(EF03GE08RS-1) Conhecer as formas de intervenção no contingenciamento de problemas ambientais locais, observando como essas práticas dialogam com as soluções para problemas ambientais de maior envergadura.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
					(EF03GE08RS-2) Diagnosticar, nos ambientes de vivência, a origem e o destino dos diferentes resíduos produzidos, elaborando, a partir das quantificações, tabelas e gráficos.		

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
3°	Ciências Humanas; Geografia	Natureza, ambientes e qualidade de vida	Produção, circulação e consumo	(EF03GE08) Relacionar a produção de lixo doméstico ou da escola aos problemas causados pelo consumo excessivo e construir propostas para o consumo consciente, considerando a ampliação de hábitos de redução, reuso e reciclagem/descarte de materiais consumidos em casa, na escola e/ou no entorno.	(EF03GE08RS-3) Aplicar conceitos relativos aos 5 R's (repensar, reduzir, recusar, reutilizar e reciclar) no seu cotidiano.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
					(EF03GE08RS-4) Identificar cuidados com a saúde e o bem-estar pessoal e coletivo relacionados a medidas como separação do lixo, coleta seletiva e serviços como tratamento de água e esgoto.		
			Impactos das atividades humanas	(EF03GE09) Investigar os usos dos recursos naturais, com destaque para os usos da água em atividades cotidianas (alimentação, higiene, cultivo de plantas etc.), e discutir os problemas ambientais provocados por esses usos.	(EF03GE09RS-1) Identificar os ciclos naturais da água e os principais mananciais.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário	Códigos A e ES
				(EF03GE10) Identificar os cuidados necessários para utilização da água na agricultura e na geração de energia de modo a garantir a manutenção do provimento de água potável.	(EF03GE09RS-2) Compreender a água como um bem natural e planetário, seu acesso como uma propriedade social e sua negação como exercício de/para a pobreza e vulnerabilidade, identificando como essa situação se materializa no seu espaço de vivência.		
	(EF03GE10RS-1) Conhecer fontes potencialmente poluidoras da água.						
	(EF03GE10RS-2) Conhecer e testar estruturas de limpeza e purificação da água de forma a elaborar diagnóstico e registros dos processos e resultados, exercitando perfis científicos.						
4°	Ciências da Natureza; Ciências	Vida e evolução	Microrganismos	(EF04CI05) Descrever e destacar semelhanças e diferenças entre o ciclo da matéria e o fluxo de energia entre os componentes vivos e não vivos de um ecossistema.	(EF04CI05RS-5) Identificar os cuidados com a coleta/seleção de resíduos e tratamentos de água e esgoto.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, abastecimento de água e esgotamento sanitário.	Códigos RS, A e ES

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
4°	Ciências da Natureza; Ciências	Vida e evolução	Microrganismos	(EF04CI06) Relacionar a participação de fungos e bactérias no processo de decomposição, reconhecendo a importância ambiental deste processo.	(EF04CI06RS-1) Identificar a transformação de matéria orgânica causadas pela ação de fungos e bactérias.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
					(EF04CI06RS-2) Reconhecer a ação da umidade, calor e oxigênio como partes importantes do processo de decomposição.		
					(EF04CI06RS-3) Identificar a ação da umidade e calor na conservação dos alimentos encontrados comumente.		
					(EF04CI06RS-4) Examinar a ação dos fungos e bactérias nesse processo.		
			(EF04CI08) Propor, a partir do conhecimento das formas de transmissão de alguns microrganismos (vírus, bactérias e protozoários), atitudes e medidas adequadas para prevenção de doenças a eles associadas.	(EF04CI08RS-1) Discutir as formas de transmissão de algumas doenças comuns em crianças, jovens e adultos.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A, ES, RS, DR e SAN	
				(EF04CI08RS-2) Compreender as formas de prevenção das doenças.			
(EF04CI08RS-3) Socializar a importância da prevenção para a manutenção da vida humana.							
5°	Ciências da Natureza; Ciências	Matéria e energia	Ciclo hidrológico; Consumo consciente;	(EF05CI02) Aplicar os conhecimentos sobre as mudanças de estado físico da água para explicar o ciclo hidrológico e analisar suas implicações na agricultura, no clima, na geração de energia elétrica, no provimento de água potável e no equilíbrio dos ecossistemas regionais (ou locais).	(EF05CI02RS-2) Reconhecer o ciclo hidrológico no ambiente e suas implicações nas atividades cotidianas.	Abastecimento de água; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A e DR
					(EF05CI02RS-3) Conhecer os recursos hídricos e as bacias hidrográficas de sua região.		
			(EF05CI03) Selecionar argumentos que justifiquem a importância da	(EF05CI03RS-2) Comparar os ambientes que apresentam cobertura vegetal, a desertificação e os que sofreram intervenção humana.	Drenagem e manejo de águas pluviais	Código DR	

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA				
5º	Ciências da Natureza; Ciências	Matéria e energia	Ciclo hidrológico; Consumo consciente	cobertura vegetal para a manutenção do ciclo da água, a conservação dos solos, dos cursos de água e da qualidade do ar atmosférico.	(EF05CI03RS-2) Comparar os ambientes que apresentam cobertura vegetal, a desertificação e os que sofreram intervenção humana.	Drenagem e manejo de águas pluviais	Código DR				
					(EF05CI03RS-3) Compreender os impactos na alteração do ciclo de água entendendo a importância da conservação de mananciais.						
					(EF05CI03RS-4) Propor ações reflexivas para preservação da natureza.						
								(EF05CI04) Identificar os principais usos da água e de outros materiais nas atividades cotidianas para discutir e propor formas sustentáveis de utilização desses recursos.	(EF05CI04RS-1) Pesquisar dados referentes a corpos d'água presentes em seu ambiente, como rios, lagos, mares, e o consumo de água no ambiente escolar e familiar.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário	Códigos A e ES
								(EF05CI04) Identificar os principais usos da água e de outros materiais nas atividades cotidianas para discutir e propor formas sustentáveis de utilização desses recursos.	(EF05CI04RS-2) Discutir e elaborar propostas de como promover o controle da poluição.		
									(EF05CI04RS-3) Reconhecer o uso de água associado à sua qualidade e sustentabilidade.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário	Códigos A e ES
		(EF05CI04RS-4) Identificar diferentes materiais, seu descarte e possíveis maneira de reutilização dos mesmos.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos					Código RS			
		(EF05CI05RS-1) Discutir formas de consumo consciente.									
		(EF05CI05RS-2) Promover a conscientização do descarte correto dos diferentes tipos de resíduos.									
					(EF05CI05RS-3) Criar formas de sustentabilidade explorando de forma racional a natureza e os recursos que ela oferece.						
	Ciências Humanas; Geografia	Natureza, ambientes e	Qualidade ambiental	(EF05GE10) Reconhecer e comparar atributos da qualidade ambiental e algumas formas de poluição dos	(EF05GE10RS-1) Identificar fontes poluidoras e compreender seus impactos sobre a natureza e a vida.	Esgotamento sanitário	Código ES				

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
5°	Ciências Humanas; Geografia	qualidade de vida	Qualidade ambiental	cursos de água e dos oceanos (esgotos, efluentes industriais, marés negras etc.).	(EF05GE10RS-2) Identificar geograficamente e espacialmente as grandes áreas regionais e nacionais mais sensíveis aos danos ambientais históricos e atuais protagonizados pela ação do homem.	Esgotamento sanitário	Código ES
					(EF05GE10RS-3) Aferir impactos sobre as diversas manifestações da vida (sociedade, economia, desvalorização territorial, fragilização de biomas etc.) resultantes da degradação ambiental.		
					(EF05GE10RS-4) Distinguir formas de poluição características dos diferentes espaços urbanos e rurais.		
			Diferentes tipos de poluição	(EF05GE11) Identificar e descrever problemas ambientais que ocorrem no entorno da escola e da residência (lixões, indústrias poluentes, destruição do patrimônio histórico etc.), propondo soluções (inclusive tecnológicas) para esses problemas.	EF05GE11RS-1) Identificar as potenciais fontes poluidoras do seu espaço de vivência, caracterizando áreas de entorno e (possíveis) impactos presentes.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Esgotamento sanitário	Códigos RS e ES
(EF05GE11RS-3) Formular e sustentar ideias para sanar o problema do descarte inadequado de lixo e falta de saneamento.							
6°	Ciências da Natureza; Ciências	Matéria e energia	Misturas homogêneas e heterogêneas; Separação de materiais	(EF06CI01) Classificar como homogênea ou heterogênea a mistura de dois ou mais materiais (água e sal, água e óleo, água e areia etc.).	(EF06CI01RS-4) Aplicar conceitos de separação de misturas, de solubilidade e de transformação química para compreender os processos envolvidos no tratamento da água para consumo humano.	Abastecimento de água	Código A

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
6º	Ciências Humanas; Geografia	Conexões e escalas	Relações entre os componentes físico-naturais	(EF06GE04) Descrever o ciclo da água, comparando o escoamento superficial no ambiente urbano e rural, reconhecendo os principais componentes da morfologia das bacias e das redes hidrográficas e a sua localização no modelado da superfície terrestre e da cobertura vegetal.	(EF06GE04RS-01) Relacionar as condições climáticas e de vegetação ao regime de alimentação das bacias hidrográficas.	Drenagem e manejo de águas pluviais	Código DR
		Mundo do trabalho	Transformação das paisagens naturais e antrópicas	EF06GE07) Explicar as mudanças na interação humana com a natureza a partir do surgimento das cidades.	(EF06GE07RS-01) Identificar e refletir sobre os impactos da expansão urbana nas paisagens naturais, utilizando as tecnologias digitais da informação e comunicação.		
		Formas de representação e pensamento espacial		(EF06GE10) Explicar as diferentes formas de uso do solo (rotação de terras, terraceamento, aterros etc.) e de apropriação dos recursos hídricos (sistema de irrigação, tratamento e redes de distribuição), bem como suas vantagens e desvantagens em diferentes épocas e lugares.	(EF06GE10RS-01) Identificar as práticas sociais responsáveis por usos e práticas predatórias de utilização dos recursos naturais.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário	Códigos A e ES
		Natureza, ambientes e qualidade de vida	Biodiversidade e ciclo hidrológico	(EF06GE12) Identificar o consumo dos recursos hídricos e o uso das principais bacias hidrográficas no Brasil e no mundo, enfatizando as transformações nos ambientes urbanos.	(EF06GE12RS-02) Argumentar com base em fatos, dados e informações para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista sobre questões éticas sobre o uso racional dos recursos hídricos e a importância de seu manejo sustentável		

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
7°	Ciências da Natureza; Ciências	Vida e evolução	Diversidade de ecossistemas Fenômenos naturais e impactos ambientais Programas e indicadores de saúde pública	(EF07CI09) Interpretar as condições de saúde da comunidade, cidade ou estado, com base na análise e comparação de indicadores de saúde (como taxa de mortalidade infantil, cobertura de saneamento básico e incidência de doenças de veiculação hídrica, atmosférica entre outras) e dos resultados de políticas públicas destinadas à saúde.	(EF07CI09RS-1) Investigar os indicadores locais de saúde, associando-os às condições de vida existente.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A, ES, RS, DR e SAN
				(EF07CI11) Analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida.	(EF07CI09RS-2) Identificar a diferença de taxa de mortalidade infantil entre negros, índios e brancos em nossa região. (EF07CI09RS-3) Identificar as causas da mortalidade e o que diferencia essas taxas. (EF07CI09RS-4) Discutir e construir propostas de melhorias para os problemas relacionados às causas da mortalidade infantil.		
	Ciências Humanas; Geografia	Formas de representação e pensamento espacial	Mapas temáticos do Brasil: A cartografia das regiões brasileiras	(EF07GE10) Elaborar e interpretar gráficos de barras, gráficos de setores e histogramas, com base em dados socioeconômicos das regiões brasileiras.	(EF07CI11RS-3) Conscientizar-se sobre o descarte adequado dos equipamentos, repensando o consumo dos mesmos.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
					(EF07GE10RS-01) Utilizar as tecnologias digitais de informação e comunicação para construir juízos de valor sobre as disparidades regionais brasileiras através da análise de dados estatísticos socioeconômicos das regiões brasileiras. (EF07GE10RS-02) Compreender, através da análise de gráficos e histogramas, dados socioeconômicos do Rio Grande do Sul e suas distintas especificidades regionais.		
8°	Ciências da Natureza; Ciências	Terra e Universo	Clima	EF08CI16) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.	(EF08CI16RS-1) Identificar e descrever as ações humanas que causam degradação ambiental.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A, ES, RS, DR e SAN

ANO	ÁREA E COMPONENTE CURRICULAR	UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC	HABILIDADES RS	EIXO DO SANEAMENTO BÁSICO	ATIVIDADE SUGERIDA
8º	Ciências Humanas; Geografia	Mundo do trabalho	Transformações do espaço na sociedade urbano-industrial na América Latina	(EF08GE15) Analisar a importância dos principais recursos hídricos da América Latina (Aquífero Guarani, Bacias do Rio da Prata, do Amazonas e do Orinoco, sistemas de nuvens na Amazônia e nos Andes, entre outros) e discutir os desafios relacionados à gestão e comercialização da água.	(EF08GE15RS-02) Identificar os principais problemas relativos ao abastecimento, poluição, manejo e conflitos pelo uso da água nas bacias hidrográficas do RS e sub-bacias.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário	Códigos A e ES
9º	Ciências da Natureza; Ciências	Matéria e energia	Radiações e suas aplicações na saúde	(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	(EF09CI06RS-4) Avaliar os desdobramentos da aplicação tecnológica das radiações em uma perspectiva socioambiental. (EF09CI06RS-5) Comentar sobre os riscos e benefícios do uso de celulares, bem como discutir sobre os impactos ambientais da poluição radioativa.	Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	Código RS
		Vida e evolução	Preservação da biodiversidade	(EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.	(EF09CI13RS-1) Conhecer as causas dos problemas ambientais. (EF09CI13RS-2) Reconhecer as características de um ambiente poluído, associando-o aos danos causados à saúde. (EF09CI13RS-3) Identificar hábitos individuais e coletivos que tenham impacto no ambiente, buscando associar consumo consciente e ações sustentáveis para mitigação do problema.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A, ES, RS, DR e SAN
	Ciências Humanas; História	O nascimento da República no Brasil e os processos históricos até a metade do século XX	Primeira República e suas características; Contestações e dinâmicas da vida cultural no Brasil entre 1900 e 1930	(EF09HI05) Identificar os processos de urbanização e modernização da sociedade brasileira e avaliar suas contradições e impactos na região em que vive.	(EF09HI05RS-2) Discutir a importância do saneamento básico e da saúde pública no controle de doenças e epidemias.	Abastecimento de água; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo de águas pluviais	Códigos A, ES, RS, DR e SAN

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capítulo 1

- [1] BRASIL. LEI N.º 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. DISPÕE SOBRE A EDUCAÇÃO AMBIENTAL, INSTITUI A POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 28 DE ABRIL DE 1999. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=321](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [2] RIO GRANDE DO SUL (2018A). SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. DEPARTAMENTO PEDAGÓGICO, UNIÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO. REFERENCIAL CURRICULAR GAÚCHO: CIÊNCIAS DA NATUREZA. PORTO ALEGRE, 2018. DISPONÍVEL EM: [HTTP://PORTAL.EDUCACAO.RS.GOV.BR/PORTALS/1/FILES/1530.PDF](http://portal.educacao.rs.gov.br/portals/1/files/1530.pdf). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [3] RIO GRANDE DO SUL (2018B). SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. DEPARTAMENTO PEDAGÓGICO, UNIÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO. REFERENCIAL CURRICULAR GAÚCHO: CIÊNCIAS HUMANAS. PORTO ALEGRE, 2018. DISPONÍVEL EM: [HTTP://PORTAL.EDUCACAO.RS.GOV.BR/PORTALS/1/FILES/1529.PDF](http://portal.educacao.rs.gov.br/portals/1/files/1529.pdf). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [4] BRASIL. LEI N.º 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. ESTABELECE DIRETRIZES NACIONAIS PARA O SANEAMENTO BÁSICO; ALTERA AS LEIS N.º 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 N.º 6.528, DE 11 DE MAIO DE 1978; E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 5 JAN. 2007. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2007/LEI/L11445.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [5] BRASIL. LEI N.º 11.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. ATUALIZA O MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 16 JUL. 2020. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2019-2022/2020/LEI/L14026.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [6] BRASIL. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 05 DE OUTUBRO DE 1988. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/CONSTITUICAO/CONSTITUICAOCOMPILADO.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [7] TRATA BRASIL. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/](http://www.tratabrasil.org.br/). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [8] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. OBJETIVO 6. ASSEGURAR A DISPONIBILIDADE E GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA E SANEAMENTO PARA TODAS E TODOS. DISPONÍVEL EM:
[HTTPS://NACOESUNIDAS.ORG/POS2015/ODS6/](https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/). ACESSO EM: 26 JUN. 2020

Capítulo 2

- [1] TRATA BRASIL. ATENDIMENTO DE ÁGUA. DISPONÍVEL EM
<[HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/SANEAMENTO/PRINCIPAIS-ESTATISTICAS/NO-BRASIL/AGUA](http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua)> ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [2] SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ; SEED - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO; UNILIVRE - UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE. PROJETO SUSTENTABILIDADE: DA ESCOLA AO RIO. CADERNO DO PROFESSOR. MARÇO DE 2014. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.EDUCADORES.DIAADIA.PR.GOV.BR/ARQUIVOS/FILE/CARTILHA_PROFESSOR.PDF](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/file/cartilha_professor.pdf). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.BRASIL.
- [3] LEI Nº 9433 DE 08 DE JANEIRO DE 1997. INSTITUI A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L9433.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [4] SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. ABASTECIMENTO DE ÁGUA 2018. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.SNIS.GOV.BR/PAINEL-INFORMACOES-SANEAMENTO-BRASIL/WEB/PAINEL-ABASTECIMENTO-AGUA](http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [5] BRASIL. LEI N.º 11.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. ATUALIZA O MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 16 JUL. 2020. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2019-2022/2020/LEI/L14026.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.

- [6] RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL. ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL/RIO GRANDE DO SUL. 4 E.D. - PORTO ALEGRE: SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2019. 125 p. ISBN: 978-85-89443-22-7. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://ATLASSOCIOECONOMICO.RS.GOV.BR/INICIAL](https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [7] DMAE - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: VOCÊ CONHECE O CAMINHO DA ÁGUA ATÉ SUA TORNEIRA?. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://LPROWEB.PROCEMPA.COM.BR/PMPA/PREFPOA/DMAE/USU_DOC/FOLDER_AGUA_WEB.PDF](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/folder_agua_web.pdf)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [8] SPERLING, M. V. INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTOS. 2. ED. MINAS GERAIS: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1995. v. 1.
- [9] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. MANUAL DE SANEAMENTO / MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. – 5.ED. BRASÍLIA: FUNASA, 2019. 545 p. ISBN 978-85-7346-060-5.
- [10] ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://PNQA.ANA.GOV.BR](http://pnqa.ana.gov.br)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [11] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA NO 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. ESTABELECE AS CONDIÇÕES E PADRÕES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES DE QUALQUER FONTE POLUIDORA. DISPONÍVEL EM <[HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=459](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459)> ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [12] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO N° 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017. DISPÕE SOBRE OS PROCEDIMENTOS DE CONTROLE E DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SEU PADRÃO DE POTABILIDADE. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://BVSMS.SAUDE.GOV.BR/BVS/SAUDELEGIS/GM/2017/PRC0005_03_10_2017.HTML](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)> ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [13] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. PROGRAMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL RELACIONADA À QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. BRASÍLIA: MINISTÉRIO DA SAÚDE; 2005. (SÉRIE C. PROJETOS, PROGRAMAS E RELATÓRIOS).
- [14] LIBÂNIO, M. FUNDAMENTOS DE QUALIDADE E TRATAMENTO DE ÁGUA. CAMPINAS: ÁTOMO, 2005.
- [15] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 635/GM/MS, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1975. APROVAR AS NORMAS E PADRÕES, A SEGUIR, SOBRE A FLUORETAÇÃO DA ÁGUA DOS SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO, DESTINADA AO CONSUMO HUMANO. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://BVSMS.SAUDE.GOV.BR/BVS/SAUDELEGIS/GM/2017/MATRIZESCONSOLIDACAO/COMUM/249408.HTML](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/matrizconsolidacao/comum/249408.html)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [16] SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. TRATAMENTO DE ÁGUA. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://SITE.SABESP.COM.BR/SITE/INTERNA/DEFAULT.ASPX?SECAOID=47](http://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaoId=47)>. ACESSO EM JULHO 2020.
- [17] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. CUIDADOS COM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://BVSMS.SAUDE.GOV.BR/BVS/FOLDER/CUIDADOS_AGUA_CONSUMO_HUMANO_2011.PDF](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/folder/cuidados_agua_consumo_humano_2011.pdf)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [18] ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. OUTROS USOS. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.ANA.GOV.BR/AGUAS-NO-BRASIL/USOS-DA-AGUA/OUTROS-USOS](https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/usos-da-agua/outros-usos)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [19] ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL 2019: INFORME ANUAL. BRASÍLIA: ANA, 2019. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://CONJUNTURA.ANA.GOV.BR/](http://conjuntura.ana.gov.br/)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [20] WATER FOOTPRINT NETWORK. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WATERFOOTPRINT.ORG/EN/](https://waterfootprint.org/en/)>. ACESSO EM AGOSTO DE 2020.
- [21] CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. AQUÍFEROS. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR/PUBLIQUE/REDES-INSTITUCIONAIS/REDE-DE-BIBLIOTECAS---REDE-AMETISTA/AQUIFEROS-1377.HTML](http://www.cprm.gov.br/publique/redes-institucionais/rede-de-bibliotecas---rede-ametista/aquiferos-1377.html)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [22] CETESB. MORTANDADE DE PEIXES: MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://CETESB.SP.GOV.BR/MORTANDADE-PEIXES/ALTERACOES-FISICAS-E-QUIMICAS/MATERIA-ORGANICA-E-NUTRIENTES/#:~:TEXT=MAT%C3%A9RIA%20ORG%C3%A2NICA%20%C3%A9%20TODO%20O,%C3%A1GUA%20DE%20CHUVA%20\(AL%C3%B3CTONE\).](https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/materia-organica-e-nutrientes/#:~:text=Mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica%20%C3%A9%20todo%20o,%C3%A1gua%20de%20chuva%20(al%C3%B3ctone).>)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [23] CETESB. PRAIAS: FLORAÇÕES DE MICROALGAS MARINHAS. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://CETESB.SP.GOV.BR/PRAIAS/FLORACOES-DE-MICROALGAS-MARINHAS/](https://cetesb.sp.gov.br/praias/floracoes-de-microalgas-marinhas/)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [24] BETTINARDI, A. OZONE IN WATER TREATMENT. WATER CONDITIONING AND PURIFICATION MAGAZINE. PUBLICADO EM 15 DE AGOSTO DE 2018. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WCPONLINE.COM/2018/08/15/OZONE-WATER-TREATMENT/](http://wcpnline.com/2018/08/15/ozone-water-treatment/)>. ACESSO EM AGOSTO DE 2020.

- [25] BARBOSA, A. O. USO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA COMO TÉCNICA AVANÇADA DE TRATAMENTO DE ÁGUA. MONOGRAFIA (CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL) CGEC/ CENTRO DE TECNOLOGIA / CAMPUS I / UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. JOÃO PESSOA, 2016. 53.IL. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://CT.UFPB.BR/CEEC/CONTENTS/DOCUMENTOS/TCCS/COPY_OF_2016.1/USO-DA-RADIACAO-ULTRAVIOLETA-COMO-TECNICA-AVANCADA-DE-TRATAMENTO-DE-AGUA.PDF](http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/uso-da-radiacao-ultravioleta-como-tecnica-avancada-de-tratamento-de-agua.pdf)>. ACESSO EM AGOSTO DE 2020.
- [26] VARGAS, JOEL. PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://BANCODEIMAGENS.PORTOALEGRE.RS.GOV.BR/](https://bancoimagemens.portoalegre.rs.gov.br/)>. ACESSO EM 28 JUN. 2020.

Capítulo 3

- [1] BRASIL. LEI N.º 11.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. ATUALIZA O MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 16 JUL. 2020. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2019-2022/2020/LEI/L14026.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [2] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. MANUAL DE SANEAMENTO / MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. – 5.ED. BRASÍLIA: FUNASA, 2019. 545 P. ISBN 978-85-7346-060-5.
- [3] TRATA BRASIL. ESGOTOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/](http://www.tratabrasil.org.br/). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [4] SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. ESGOTAMENTO SANITÁRIO 2018. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.SNIS.GOV.BR/PAINEL-INFORMACOES-SANEAMENTO-BRASIL/WEB/PAINEL-ESGOTAMENTO-SANITARIO](http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [5] IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE CIDADES - BRASIL. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://CIDADES.IBGE.GOV.BR/BRASIL/PANORAMA](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [6] ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. ATLAS ESGOTOS, DESPOLUIÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. BRASÍLIA, DF, 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTP://ATLASESGOTOS.ANA.GOV.BR/](http://atlasesgotos.ana.gov.br/). ACESSO EM: 30 JUN. 2020
- [7] RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL. ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL/RIO GRANDE DO SUL. 4 E.D. - PORTO ALEGRE: SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2019. 125 P. ISBN: 978-85-89443-22-7. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://ATLASSOCIOECONOMICO.RS.GOV.BR/INICIAL](https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [8] BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA N.º 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. DISPÕE SOBRE AS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES, COMPLEMENTA E ALTERA A RESOLUÇÃO NO 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 16 DE MAIO DE 2011. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=646](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [9] RIO GRANDE DO SUL. SECRETÁRIA ADJUNTA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. RESOLUÇÃO CONSEMA N.º 355, DE 13 DE JULHO DE 2017. DISPÕE SOBRE OS CRITÉRIOS E PADRÕES DE EMISSÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA AS FONTES GERADORAS QUE LANÇEM SEUS EFLUENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 19 DE JULHO DE 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.SEMA.RS.GOV.BR/UPLOAD/ARQUIVOS/201707/19110149-355-2017-CRITERIOS-E-PADROES-DE-EMISSAO-DE-EFLUENTES-LIQUIDOS.PDF](https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf) ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [10] RIO GRANDE DO SUL. RESOLUÇÃO CONSEMA N.º 245, DE 2010. DISPÕE SOBRE A FIXAÇÃO DE PROCEDIMENTOS PARA O LICENCIAMENTO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, CONSIDERANDO ETAPAS DE EFICIÊNCIA, A FIM DE ALCANÇAR PROGRESSIVAMENTE OS PADRÕES DE EMISSÃO E OS PADRÕES DAS CLASSES DOS CORPOS HÍDRICOS RECEPTORES, EM CONFORMIDADE COM OS PLANOS DE SANEAMENTO E DE RECURSOS HÍDRICOS. DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. PORTO ALEGRE, 20 DE AGOSTO DE 2010. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.MPRS.MP.BR/MEDIA/AREAS/GAPP/ARQUIVOS/DOE_RESOLUCAOCONSEMA245.PDF](https://www.mprs.mp.br/media/areas/gapp/arquivos/doe_resolucaoconsema245.pdf). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [11] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA NO 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. ESTABELECE AS CONDIÇÕES E PADRÕES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES DE QUALQUER FONTE POLUIDORA. DISPONÍVEL EM <[HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=459](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459)> ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [12] SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ; SEED - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO; UNILIVRE - UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE. PROJETO SUSTENTABILIDADE: DA ESCOLA AO RIO. CADERNO DO PROFESSOR. MARÇO DE 2014. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.EDUCADORES.DIAADIA.PR.GOV.BR/ARQUIVOS/FILE/CARTILHA_PROFESSOR.PDF](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/cartilha_professor.pdf). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.

- [13] SPERLING, M. V. PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTOS. 2. ED. MINAS GERAIS: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1995. v. 1.
- [14] SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. TRATAMENTO DE ESGOTOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://SITE.SABESP.COM.BR/SITE/INTERNA/DEFAULT.ASPX?SECAOID=49](http://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaoId=49). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [15] SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. TIPOS DE TRATAMENTO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://SITE.SABESP.COM.BR/SITE/INTERNA/DEFAULT.ASPX?SECAOID=49](http://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaoId=49). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [16] PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. SISTEMA DE LODOS ATIVADOS. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.TRATAMENTODEAGUA.COM.BR/ARTIGO/SISTEMA-LODOS-ATIVADOS/](https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [17] TUCCI, C. E. M. ÁGUA NO MEIO URBANO. CAPÍTULO 14 DO LIVRO ÁGUA DOCE. DEZEMBRO DE 1997. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.MPF.MP.BR/ATUACAO-TEMATICA/CCR4/IMPORTACAO/INSTITUCIONAL/GRUPOS-DE-TRABALHO/ENCERRADOS/RESIDUOS/DOCUMENTOS-DIVERSOS/OUTROS_DOCUMENTOS_TECNICOS/CURSO-GESTAO-DO-TERRIMORIO-E-MANEJO-INTEGRADO-DAS-AGUAS-URBANAS/AGUANOMEIO%20URBANO.PDF](http://www.mpf.mp.br/atuaacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguanameio%20urbano.pdf). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [18] TRATA BRASIL. DESIGUALDADE SOCIAL TAMBÉM É RETRATO DA FALTA DE SANEAMENTO BÁSICO. JANEIRO DE 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/BLOG/2017/01/12/DESIGUALDADE-SOCIAL-TAMBEM-E-RETRATO-DA-FALTA-DE-SANEAMENTO-BASICO/](http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/01/12/desigualdade-social-tambem-e-retrato-da-falta-de-saneamento-basico/). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [19] WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. ATLAS ON CHILDREN'S HEALTH AND THE ENVIRONMENT. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.CBD.INT/FINANCIAL/2017DOCS/WHO-CHILDENVIRON.PDF](https://www.cbd.int/finacial/2017docs/who-childenviron.pdf). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [20] CETESB. MANUAL DE CIANOBACTÉRIAS PLANCTÔNICAS: LEGISLAÇÃO, ORIENTAÇÕES PARA O MONITORAMENTO E ASPECTOS AMBIENTAIS. 2013. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://CETESB.SP.GOV.BR/LABORATORIOS/WP-CONTENT/UPLOADS/SITES/24/2015/01/MANUAL-CIANOBACTERIAS-2013.PDF](https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [21] BEZERRA, C. C. F; AGENTE PATOGÊNICO. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.INFOESCOLA.COM/MICROBIOLOGIA/AGENTE-PATOGENICO/](https://www.infoescola.com/microbiologia/agente-patogenico/). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [22] MONTONE, R. C. POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.IO.USP.BR/INDEX.PHP/OCEANOS/TEXTOS/ANTARTIDA/31-PORTUGUES/PUBLICACOES/SERIES-DIVULGACAO/POLUICAO/812-POLUENTES-ORGANICOS-PERSISTENTES.HTML](http://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/antartida/31-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/812-poluentes-organicos-persistentes.html). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [23] BRASIL. LEI N.º 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. DISPÕE SOBRE A POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, SEUS FINS E MECANISMOS DE FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 2 NOV. 1981. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L6938.HTM#:~:TEXT=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&TEXT=DISP%C3%B5E%20SOBRE%20A%20POL%C3%ADTICA%20NACIONAL,APLICA%C3%A7%C3%A3o%2C%20e%20d%C3%A1%20OUTRAS%20PROVID%C3%AANCIAS](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&text=DISP%C3%B5E%20SOBRE%20A%20POL%C3%ADTICA%20NACIONAL,aplica%C3%A7%C3%A3o%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.

Capítulo 4

- [1] BRASIL. LEI N.º 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. ESTABELECE DIRETRIZES NACIONAIS PARA O SANEAMENTO BÁSICO; ALTERA AS LEIS N.º 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 N.º 6.528, DE 11 DE MAIO DE 1978; E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 5 JAN. 2007. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2007/LEI/L11445.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). ACESSO EM: JUNHO DE 2020.
- [2] BRASIL. LEI N.º 11.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. ATUALIZA O MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 16 JUL. 2020. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2019-2022/2020/LEI/L14026.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm). ACESSO EM: JUNHO DE 2020.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004. RESÍDUOS SÓLIDOS - CLASSIFICAÇÃO. ICS 13.030.10. ABNT 2004.
- [4] SOUZA, LUDMILA (2018). BRASIL DESCARTA 79 MILHÕES DE TONELADAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POR ANO. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://AGENCIABRASIL.EBC.COM.BR/GERAL/NOTICIA/2019-11/BRASIL-GERA-79-MILHOES-DE-TONELADAS-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-POR-ANO](https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-11/brasil-gera-79-milhoes-de-toneladas-de-residuos-solidos-por-ano). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [5] BRASIL. LEI N.º 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. INSTITUI A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS; ALTERA A LEI NO 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998; E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2010/LEI/L12305.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). ACESSO EM: JUNHO DE 2020.
- [6] ABRELPE. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2018/2019.

- [7] MMA (2005). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MANUAL DE EDUCAÇÃO PARA O CONSUMO SUSTENTÁVEL. ISBN 85-87166-73-5. BRASÍLIA: CONSUMERS INTERNATIONAL/MMA/MEC/IDEC, 2005. 160 P.
- [8] RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. PLANO ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO RIO GRANDE DO SUL 2015-2034. DEZEMBRO DE 2014.
- [9] BRASIL. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. ESTABELECE A POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, SEUS FINS E MECANISMOS DE FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO, CONSTITUI O SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (SISNAMA) E INSTITUI O CADASTRO DE DEFESA AMBIENTAL. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L6938.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [10] BRASIL. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 05 DE OUTUBRO DE 1988. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/CONSTITUICAO/CONSTITUICAOCOMPILADO.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [11] BRASIL. LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989. DISPÕE SOBRE A PESQUISA, A EXPERIMENTAÇÃO, A PRODUÇÃO, A EMBALAGEM E ROTULAGEM, O TRANSPORTE, O ARMAZENAMENTO, A COMERCIALIZAÇÃO, A PROPAGANDA COMERCIAL, A UTILIZAÇÃO, A IMPORTAÇÃO, A EXPORTAÇÃO, O DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS E EMBALAGENS, O REGISTRO, A CLASSIFICAÇÃO, O CONTROLE, A INSPEÇÃO E A FISCALIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS, SEUS COMPONENTES E AFINS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L6938.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [12] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA NO 001, DE 23 DE JANEIRO DE 1986. ESTABELECE AS DEFINIÇÕES, AS RESPONSABILIDADES, OS CRITÉRIOS BÁSICOS E AS DIRETRIZES GERAIS PARA USO E IMPLEMENTAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL COMO UM DOS INSTRUMENTOS DA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/RES/RES86/RES0186.HTML](http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [13] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 5, DE 15 DE JUNHO DE 1988. DISPÕE SOBRE O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE OBRAS DE SANEAMENTO. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=69](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=69). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [14] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA NO 404, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2008. ESTABELECE CRITÉRIOS E DIRETRIZES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=277](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=277). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [15] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 257, DE 30 DE JUNHO DE 1999. ESTABELECE A OBRIGATORIEDADE DE PROCEDIMENTOS DE REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM, TRATAMENTO OU DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA PARA PILHAS E BATERIAS QUE CONTENHAM EM SUAS COMPOSIÇÕES CHUMBO, CÁDMIO, MERCÚRIO E SEUS COMPOSTOS. DISPONÍVEL EM:
[HTTPS://WWW.MMA.GOV.BR/ESTRUTURAS/A3P/_ARQUIVOS/36_09102008040356.PDF](https://www.mma.gov.br/estruturas/A3P/_arquivos/36_09102008040356.pdf). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [16] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 275, DE 25 DE ABRIL DE 2001. ESTABELECE O CÓDIGO DE CORES PARA OS DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS, A SER ADOTADO NA IDENTIFICAÇÃO DE COLETORES E TRANSPORTADORES, BEM COMO NAS CAMPANHAS INFORMATIVAS PARA A COLETA SELETIVA. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=273](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [17] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 05 DE JULHO DE 2002. ESTABELECE DIRETRIZES, CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. DISPONÍVEL EM
[HTTPS://WWW.MMA.GOV.BR/ESTRUTURAS/A3P/_ARQUIVOS/36_09102008030504.PDF](https://www.mma.gov.br/estruturas/A3P/_arquivos/36_09102008030504.pdf). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [18] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 358, DE 29 DE ABRIL DE 2005. DISPÕE SOBRE O TRATAMENTO E A DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=462](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [19] BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 316, DE 29 DE OUTUBRO DE 2002. DISPÕE SOBRE PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS PARA O FUNCIONAMENTO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW2.MMA.GOV.BR/PORT/CONAMA/LEGIABRE.CFM?CODLEGI=338](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=338). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [20] RIO GRANDE DO SUL. LEI Nº 9.921 DE 27 DE JULHO DE 1993. DISPÕE SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, NOS TERMOS DO ARTIGO 247, PARÁGRAFO 3º DA CONSTITUIÇÃO DO ESTADO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DISPONÍVEL EM [HTTP://WWW.FEPAM.RS.GOV.BR/LEGISLACAO/ARQ/LEG0000000028.PDF](http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/leg0000000028.pdf). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [21] RIO GRANDE DO SUL. DECRETO Nº 38.356, DE 01 DE ABRIL DE 1998. APROVA O REGULAMENTO DA LEI Nº 9.921, DE 27 DE JULHO DE 1993, QUE DISPÕE SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. DISPONÍVEL EM

[HTTP://WWW.AL.RS.GOV.BR/LEGIS/M010/M0100099.ASP?HID_TIPO=TEXTO&HID_TODASNORMAS=6792&HID_IDNORMA=6792#:~:TEXT=DECRETO%20N%C2%B0%2038.356%2C%20DE,DO%20RIO%20GRANDE%20DO%20SUL..](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?HID_TIPO=TEXTO&HID_TODASNORMAS=6792&HID_IDNORMA=6792#:~:TEXT=DECRETO%20N%C2%B0%2038.356%2C%20DE,DO%20RIO%20GRANDE%20DO%20SUL..) ACESSO EM JULHO DE 2020.

- [22] RIO GRANDE DO SUL. RESOLUÇÃO CONSEMA nº 017 DE 2001. ESTABELECE DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE PLANO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. DISPONÍVEL EM [HTTP://WWW.FEPAM.RS.GOV.BR/CONSEMA/CONSEMA.ASP](http://www.fepam.rs.gov.br/consema/consema.asp). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [23] RIO GRANDE DO SUL. RESOLUÇÃO CONSEMA nº 073 DE 2004. DISPÕE SOBRE A CO-DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. DISPONÍVEL EM [HTTP://WWW.FEPAM.RS.GOV.BR/CONSEMA/RES073-04.PDF](http://www.fepam.rs.gov.br/consema/Res073-04.pdf). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [24] PEREIRA, SUELLEN SILVA. MELO, JOSANDRA ARAÚJO BARRETO DE. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS RELACIONADOS COM OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ANÁLISE DA SITUAÇÃO DOS CATADORES DE CAMPINA GRANDE/PB. DISPONÍVEL EM <[HTTP://WWW.INICEPG.UNIVAP.BR/CD/INIC_2008/ANAIS/ARQUIVOSEPG/EPG00919_03_O.PDF](http://www.inicepg.univap.br/cd/inic_2008/anaais/arquivosEPG/EPG00919_03_O.PDF)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [25] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. MANUAL DE SANEAMENTO / MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. – 5.ED. BRASÍLIA: FUNASA, 2019. 545 P. ISBN 978-85-7346-060-5.
- [26] ANDREOLI, CLEVERSON V.; ANDREOLI, FABIANA DE NADAI; TRINDADE, TAMARA VIGOLO; HOPPEN, CINTHYA. RESÍDUOS SÓLIDOS: ORIGEM, CLASSIFICAÇÃO E SOLUÇÕES PARA DESTINAÇÃO FINAL ADEQUADA. DISPONÍVEL EM <[HTTPS://WWW.AGRINHO.COM.BR/SITE/WP-CONTENT/UPLOADS/2014/09/32_RESIDUOS-SOLIDOS.PDF](https://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/32_RESIDUOS-SOLIDOS.PDF)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [27] VG RESÍDUOS. COMO FUNCIONA O ATERRO SANITÁRIO. JANEIRO DE 2018. DISPONÍVEL EM <[HTTPS://WWW.VGRESIDUOS.COM.BR/BLOG/COMO-FUNCIONA-O-ATERRO-SANITARIO/](https://www.vgresiduos.com.br/blog/como-funciona-o-aterro-sanitario/)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [28] VG RESÍDUOS. SAIBA COMO CONSTRUIR O ATERRO SANITÁRIO. JUNHO DE 2018. DISPONÍVEL EM <[HTTPS://WWW.VGRESIDUOS.COM.BR/BLOG/QUAL-E-O-TEMPO-DE-VIDA-UTIL-IDEAL-DE-UM-ATERRO-SANITARIO/](https://www.vgresiduos.com.br/blog/qual-e-o-tempo-de-vida-util-ideal-de-um-aterro-sanitario/)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [29] CONEXÃO TOCANTINS. MPF/TO QUER TRANSFERÊNCIA DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS. DEZEMBRO DE 2012. DISPONÍVEL EM <[HTTPS://CONEXAOTO.COM.BR/2012/12/11/MPF-TO-REQUER-TRANSFERENCIA-DE-LICENCIAMENTO-AMBIENTAL-DO-ATERRO-SANITARIO-DE-PALMAS](https://conexaoto.com.br/2012/12/11/mpf-to-requer-transferencia-de-licenciamento-ambiental-do-aterro-sanitario-de-palmas)>. ACESSO EM JUNHO DE 2020.
- [30] OK AMBIENTAL. CHORUME. DISPONÍVEL EM <[HTTP://OKAMBIENTAL.COM.BR/BLOG/CHORUME/](http://okambiental.com.br/blog/chorume/)>. ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [31] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419. APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. ABNT 1992.
- [32] JOHN A. LEIGH, SONJA-VERENA ALBERS, HARUYUKI ATOMI E THORSTEN ALLERS. MODEL ORGANISMS FOR GENETICS IN THE DOMAIN ARCHAEA: METHANOGENS, HALOPHILES, THERMOCOCCALES AND SULFOLOBALES. FEMS MICROBIOL REV 35 577–608, 2011.
- [33] EPE. EMPRESA PÚBLICA ENERGÉTICA. APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CAMPO GRANDE, MS. RIO DE JANEIRO, NOVEMBRO DE 2008. DISPONÍVEL EM [HTTPS://CETESP.SP.GOV.BR/BIOGAS/WP-CONTENT/UPLOADS/SITES/3/2014/01/MME_EPE_APROVEITAMENTO_RSU_MS.PDF](https://cetesp.sp.gov.br/biogas/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/MME_EPE_APROVEITAMENTO_RSU_MS.PDF). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [34] BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE COMPOSTAGEM DE COLETA SELETIVA NO ÂMBITO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS. OUTUBRO DE 2010. DISPONÍVEL EM [HTTPS://WWW.MMA.GOV.BR/ESTRUTURAS/SRHU_URBANO/_ARQUIVOS/3_MANUAL_IMPLANTAO_COMPOSTAGEM_COLETA_SELETIVA_CP_125.PDF](https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/3_manual_implantao_compostagem_coleta_seletiva_cp_125.pdf). ACESSO EM JULHO DE 2020.
- [35] HOTROT. COMPOSTING SYSTEMS. AERATED (TURNED) WINDROW COMPOSTING, AERATED STATIC PILE COMPOSTING AND IN-VESSEL COMPOSTING. DISPONÍVEL EM [HTTP://GA6CPN.XARA.HOSTING/INDEX-E.HTM](http://ga6cpn.xara.hosting/index-e.htm). ACESSO EM AGOSTO DE 2020.

Capítulo 5

- [1] BRASIL. LEI N.º 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. ESTABELECE DIRETRIZES NACIONAIS PARA O SANEAMENTO BÁSICO; ALTERA AS LEIS N.º 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 N.º 6.528, DE 11 DE MAIO DE 1978; E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 5 JAN. 2007. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2007/LEI/L11445.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.
- [2] BRASIL. LEI N.º 11.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. ATUALIZA O MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO. DIÁRIO OFICIAL DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. BRASÍLIA, DF, 16 JUL. 2020. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2019-2022/2020/LEI/L14026.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm). ACESSO EM: 30 JUN. 2020.

- [3] TUCCI, C. E. M. GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS. MINISTÉRIO DAS CIDADES – GLOBAL WATER PARTNERSHIP - WORLD BANK – UNESCO 2005.
- [4] MENEZES FILHO, F. C. M. DE; TUCCI, C. E. M. ALTERAÇÃO NA RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE HABITACIONAL X ÁREA IMPERMEÁVEL: PORTO ALEGRE-RS. REGA – VOL. 9, NO. 1, P. 49-55, JAN./JUN. 2012.
- [5] SUDERHSA. MANUAL DE DRENAGEM URBANA. REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - PR. VERSÃO 1. DEZEMBRO 2002.
- [6] SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS 2018. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.SNIS.GOV.BR/PAINEL-INFORMACOES-SANEAMENTO-BRASIL/WEB/PAINEL-AGUAS-PLUVIAIS](http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-aguas-pluviais)>. ACESSO EM SETEMBRO DE 2020.
- [7] GUEDES, H. A. S. MICRODRENAGEM. DISCIPLINA DRENAGEM URBANA. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WP.UFPEL.EDU.BR/HUGOGUEDES/FILES/2019/10/MICRODRENAGEM.PDF](https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/10/microdrenagem.pdf). ACESSO EM SETEMBRO DE 2020.
- [8] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. MANUAL DE SANEAMENTO / MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. – 5.ED. BRASÍLIA: FUNASA, 2019. 545 P. ISBN 978-85-7346-060-5.
- [9] JORGE, C. DOS S. DRENAGEM URBANA: DIAGNÓSTICO DE RAPOSOS. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. UNIBH. BELO HORIZONTE, MG. 2018.
- [10] RIBEIRO, R. PERCORRENDO O ARROIO DILÚVIO. COLEÇÃO DO PROJETO HABITANTES DO ARROIO. BIEV UFRGS. PORTO ALEGRE, RS. AGOSTO DE 2009. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://MEDIUM.COM/LIVRODOETNOGRAFO/FUNDO-DE-ORIGEM-BIEV-NUPECS-LAS-PPGAS-FONTE-COLE%C3%A7%C3%A3O-DO-PROJETO-HABITANTES-DO-ARROIO-AUTOR-RENATA-718AAF8642BF](https://medium.com/livrodoetnografo/fundo-de-origem-biev-nupecs-las-ppgas-fonte-cole%C3%A7%C3%A3o-do-projeto-habitantes-do-arroio-autorenata-718aaf8642bf). ACESSO EM SETEMBRO DE 2020.
- [11] COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. HIDROLOGIA PARA ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS. VOLUME 1, IMPRESSÃO 2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. PORTO ALEGRE, 2015. ISBN 978-85-8868-634-2.
- [12] CENTRO DE ENSINO GUROO. ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.GUROO.COM.BR/?P=2922](https://www.guroo.com.br/?p=2922). ACESSO EM SETEMBRO DE 2020.
- [13] TUCCI, C. E. M. GESTÃO DA DRENAGEM URBANA. BRASÍLIA, DF: CEPAL. ESCRITÓRIO NO BRASIL/IPEA, 2012. (TEXTOS PARA DISCUSSÃO CEPAL-IPEA, 48). 50P. ISSN: 2179-5495

Capítulo 6

- [1] RIO GRANDE DO SUL (2018A). SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. DEPARTAMENTO PEDAGÓGICO, UNIÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO. REFERENCIAL CURRICULAR GAÚCHO: CIÊNCIAS DA NATUREZA. PORTO ALEGRE, 2018. DISPONÍVEL EM: [HTTP://PORTAL.EDUCACAO.RS.GOV.BR/PORTALS/1/FILES/1530.PDF](http://portal.educacao.rs.gov.br/portals/1/files/1530.pdf). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [2] RIO GRANDE DO SUL (2018B). SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. DEPARTAMENTO PEDAGÓGICO, UNIÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO. REFERENCIAL CURRICULAR GAÚCHO: CIÊNCIAS HUMANAS. PORTO ALEGRE, 2018. DISPONÍVEL EM: [HTTP://PORTAL.EDUCACAO.RS.GOV.BR/PORTALS/1/FILES/1529.PDF](http://portal.educacao.rs.gov.br/portals/1/files/1529.pdf). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [3] DMAE - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PRESERVE A ÁGUA – O MEIO AMBIENTE AGRADECE. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://LPROWEB.PROCEMPA.COM.BR/PMPA/PREFPOA/DMAE/USU_DOC/FLYER_INFANTIL_WEB.PDF](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/flyer_infantil_web.pdf)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [4] DMAE - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: VOCÊ CONHECE O CAMINHO DA ÁGUA ATÉ SUA TORNEIRA?. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://LPROWEB.PROCEMPA.COM.BR/PMPA/PREFPOA/DMAE/USU_DOC/FOLDER_AGUA_WEB.PDF](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/folder_agua_web.pdf)>. ACESSO EM 30 JUN. 2020.
- [5] ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS E O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D’ÁGUA. 2014. (4M53s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?TIME_CONTINUE=41&V=F2YJ9NYID9W&FEATURE=EMB_TITLE](https://www.youtube.com/watch?time_continue=41&v=f2Yj9NYID9w&feature=emb_title)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [6] ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA. 2017. (3M41s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=FDL2YQORoag](https://www.youtube.com/watch?v=FDL2YQORoag)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [7] PROGRAMA ÁGUA BRASIL. ÁGUA?. 2015. (3M47s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=IYE8mZexCSM](https://www.youtube.com/watch?v=IYE8mZexCSM)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [8] ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. O USO RACIONAL DA ÁGUA. 2015. (4M49s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=JtshF-N-MIS](https://www.youtube.com/watch?v=JtshF-N-MIS)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.

- [9] ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL 2019: INFORME ANUAL. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://CONJUNTURA.ANA.GOV.BR/STATIC/MEDIA/CONJUNTURA-COMPLETO.BB39AC07.PDF](http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [10] ESCOLA EDUCAÇÃO. TRATAMENTO DE ÁGUA. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://ESCOLAEDUCACAO.COM.BR/ATIVIDADES-DIA-DA-AGUA/ATIVIDADES-DE-AGUA-TRATAMENTO-DE-AGUA/](https://escolaeducacao.com.br/atividades-dia-da-agua/atividades-de-agua-tratamento-de-agua/)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [11] WATER FOOTPRINT NETWORK. WATER FOOTPRINT. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WATERFOOTPRINT.ORG/EN/](https://waterfootprint.org/en/)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [12] DMAE – DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. AGENDAR VISITAS AO DMAE. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW2.PORTOALEGRE.RS.GOV.BR/DMAE/DEFAULT.PHP?P_SECAO=192](https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=192)>. ACESSO EM: 28 SET. 2020.
- [13] ÁRVORE ÁGUA. INSTAGRAM. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.INSTAGRAM.COM/ARVOREAGUA/](https://www.instagram.com/arvoreagua/). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [14] SABESP. VIDEOTECA. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://SITE.SABESP.COM.BR/SITE/INTERNA/DEFAULT.ASPX?SECAOID=123](http://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaoId=123)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [15] SABESP. TRATAMENTO DE ESGOTOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://SITE.SABESP.COM.BR/SITE/INTERNA/DEFAULT.ASPX?SECAOID=49](http://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaoId=49). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [16] MICHELAN, V. S.; ANGELO, E. A. CONVERGÊNCIAS CIÊNCIAS, ENSINO FUNDAMENTAL: ANOS FINAIS, 7º ANO. MANUAL DO PROFESSOR. 2 ED. SÃO PAULO, EDIÇÕES SM LTDA, 2018. ISBN 9788541821421
- [17] DMAE – DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. VOCÊ SABE O QUE ACONTECE COM O SEU ESGOTO? DISPONÍVEL EM: [HTTP://LPROWEB.PROCEMPA.COM.BR/PMPA/PREFPOA/DMAE/USU_DOC/FOLDER_ESGOTO_WEB.PDF](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/folder_esgoto_web.pdf). ACESSO EM: 30 JUL. 2020.
- [18] NAÇÃO BRASILEIRA. ILHA DAS FLORES – 1989. (17M07s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=CVPJGAZd63w](https://www.youtube.com/watch?v=CVPJGAZd63w)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [19] KLEIN, CARINE LEAL. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: SUAS ATITUDES FAZEM A DIFERENÇA: CARTILHA – PASSO FUNDO: ED. UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO, 2018. ISSN 2595-3672.
- [20] LABORATORIO EDUCAÇÃO AMBIENTAL.COMO FAZER COMPOSTEIRA DOMÉSTICA. 2015. (3M55s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=8xjVIUCM1Ds](https://www.youtube.com/watch?v=8xjVIUCM1Ds)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [21] BANCO MUNDIAL. CONVIVENDO COM AS INUNDAÇÕES. HISTÓRIA EM QUADRINHOS DAS EXPERIÊNCIAS CONSTRUÍDAS EM CONJUNTO COM AS COMUNIDADES DE PORTO ALEGRE. DISPONÍVEL EM: [HTTP://PUBDOCS.WORLDBANK.ORG/EN/383951555961771935/CONVIVENDO-COM-AS-INUNDACOES-HISTORIA-EM-QUADRINHOS.PDF](http://pubdocs.worldbank.org/en/383951555961771935/convivendo-com-as-inundacoes-historia-em-quadrinhos.pdf). ACESSO EM: 10 AGO. 2020.
- [22] CREA-MINAS CANAL. A NECESSIDADE DA DRENAGEM URBANA. 2015. (4M56s). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=L8NmPkOId7w](https://www.youtube.com/watch?v=L8NmPkOId7w)>. ACESSO EM 28 SET. 2020.
- [23] CENTRO DE ENSINO GUROO. ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.GUROO.COM.BR/?P=2922](https://www.guroo.com.br/?p=2922). ACESSO EM SETEMBRO DE 2020.
- [24] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. JOGO VIVA OS OBJETIVOS! DISPONÍVEL EM: [HTTP://PORTAL.EDUCACAO.RS.GOV.BR/PORTALS/1/FILES/1529.PDF](http://portal.educacao.rs.gov.br/portals/1/files/1529.pdf). ACESSO EM: 03 AGO. 2020.
- [25] SOUSA, M. DE. TURMA DA MÔNICA. REVISTAS ESPECIAIS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://TURMADAMONICA.UOL.COM.BR/REVISTASESPECIAIS/](http://turmadamonica.uol.com.br/revistasespeciais/). ACESSO EM: 03 AGO. 2020.
- [26] SANTOS, S. V. DOS. TURMINHA DOS HERÓIS DA NATUREZA: NA LUTA PELO SANEAMENTO BÁSICO. INSTITUTO TRATA BRASIL. 2020. ED. SENIOR EIRELI. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/TURMINHA-DOS-HEROIS-DA-NATUREZA](http://www.tratabrasil.org.br/turminha-dos-herois-da-natureza). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [27] TRATA BRASIL. CARTILHA AÇÃO GLOBAL 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/CARTILHA-ACAO-GLOBAL-2017](http://www.tratabrasil.org.br/cartilha-acao-global-2017). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [28] TRATA BRASIL. CARTILHA AÇÃO GLOBAL 2018. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/CARTILHA-ACAO-GLOBAL-2018](http://www.tratabrasil.org.br/cartilha-acao-global-2018). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [29] TRATA BRASIL. SANEAMENTO É +. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/SANEAMENTO-E](http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-e). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [30] TRATA BRASIL. A REALIDADE DO SANEAMENTO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/DOC-A-REALIDADE-DO-SANEAMENTO](http://www.tratabrasil.org.br/doc-a-realidade-do-saneamento). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [31] TRATA BRASIL. A LUTA PELO BÁSICO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/DOCUMENTARIO-A-LUTA-PELO-BASICO](http://www.tratabrasil.org.br/documentario-a-luta-pelo-basico). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [32] TRATA BRASIL. PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TRATABRASIL.ORG.BR/SANEAMENTO/PRINCIPAIS-ESTATISTICAS](http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas). ACESSO EM: 26 JUN. 2020.
- [33] SNIS. PAINEL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.SNIS.GOV.BR/PAINEL-INFORMACOES-SANEAMENTO-BRASIL/WEB/](http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/). ACESSO EM: 10 AGO. 2020.

- [34] PAINEL SANEAMENTO BRASIL. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.PAINELSANEAMENTO.ORG.BR/](https://www.painelsaneamento.org.br/). ACESSO EM: 10 AGO. 2020.
- [35] UNICEF MOÇAMBIQUE. A HISTÓRIA DA CÓLERA (EM PORTUGUÊS). DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=OVA2QyTiPAG](https://www.youtube.com/watch?v=OVA2QyTiPAG). ACESSO EM: 10 AGO. 2020.
- [36] DMAE – DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. CUIDANDO DO SR. EX-GOTO. HISTÓRIA EM QUADRINHOS, INFORMAÇÕES, PASSATEMPOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://LPROWEB.PROCEMPA.COM.BR/PMPA/PREFPOA/DMAE/USU_DOC/CARTILHA_EDUCACAO_AMBIENTAL.PDF](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cartilha_educacao_ambiental.pdf). ACESSO EM: 10 AGO. 2020.