

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DAIYANE TYAKI TANIGUTI

**ELABORAÇÃO DE FERRAMENTA MATEMÁTICA PARA ESTIMAR
CARGAS DE POLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO**

CURITIBA

2018

DAIYANE TYAKI TANIGUTI

**ELABORAÇÃO DE FERRAMENTA MATEMÁTICA PARA ESTIMAR
CARGAS DE POLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO**

Projeto Final II apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Ambiental.

Orientador: Daniel Costa dos Santos

CURITIBA

2018



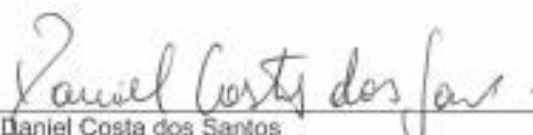
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

DAIYANE TYAKI TANIGUTI

ELABORAÇÃO DE FERRAMENTA MATEMÁTICA PARA ESTIMAR CARGAS DE POLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 80 pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a): 
Daniel Costa dos Santos
Departamento de Hidráulica e Saneamento / UFPR

Membro(a) 1: 
Ana Flávia Locatelli Godoi
Departamento de Engenharia Ambiental / UFPR

Membro(a) 2: 
Marcelo Rizzo
Departamento de Engenharia Ambiental / UFPR

Curitiba, 29 de junho de 2018

RESUMO

O efluente doméstico é composto pelas águas utilizadas nos aparelhos sanitários como a bacia sanitária, pia, chuveiro, máquina de lavar roupas entre outras. Ao ser utilizada, a água possui a sua qualidade reduzida e apresenta elevadas cargas de DBO, fósforo, nitrogênio. Para que essa água possa voltar para o meio ambiente, o efluente deve passar por tratamento e atender aos critérios de qualidade estabelecidos por normas. As águas residuárias que não são destinadas as estações de tratamento de efluentes, podem ter como destino o tratamento no lote (individual) ou o corpo hídrico mais próximo.

O presente trabalho apresenta o processo de elaboração da ferramenta matemática nomeada TT SAN, desenvolvida utilizando o Excel, cuja função é quantificar e estimar as cargas de DBO e nutrientes como o nitrogênio e fósforo, além das cargas de coliformes termotolerantes do efluente doméstico aplicando quatro medidas (Medida1, Medida 2, Medida 3 e Medida 4). Cada uma delas apresenta destinos diferentes para o esgoto bruto, como o tratamento de efluentes, reuso de água cinza dentro da própria edificação, aproveitamento de água da chuva ou uma combinação delas. Os resultados obtidos através das medidas serão comparados a Medida 0, que não apresenta nenhum tipo de tratamento e o destino do efluente seria o corpo hídrico mais próximo.

A fim de aplicar a ferramenta TT SAN, o trabalho conta com um estudo de caso. Os resultados das quatro medidas foram comparados à Media 0, dessa forma foi possível analisar os impactos causados no corpo hídrico, estimar as cargas de poluentes que deixariam de ir para o mesmo e analisar a possibilidade do efluente tratado ter como destino final as galerias de águas pluviais ou até mesmo as águas superficiais, dependendo dos critérios de qualidade estabelecidos por normas como a NBR 13.969.

ABSTRACT

The sanitary effluent system is used in toilets such as a sanitary basin, sink, shower, washing machine and others. When used, the water has its quality reduced and presents high loads of BOD, phosphorus, nitrogen. In order for this water to return to the environment, the effluent must be treated and meet the quality criteria established by standards. Wastewater that is not destined for effluent treatment plants may be destined for treatment in the batch (individual) or the nearest water body.

The present work presents the process of elaboration of the mathematical tool named TT SAN, developed using Excel, whose function is to quantify and estimate the BOD and nutrient loads such as nitrogen and phosphorus, as well as the thermo-tolerant coliforms of the domestic effluent applying four measurements (Measure 1, Measure 2, Measure 3 and Measure 4). Each of them have different destinations for raw sewage, such as effluent treatment, reuse of gray water inside the building itself, use of rainwater or a combination of them. The results obtained through the measurements will be compared to Measure 0, which does not present any type of treatment and the destination of the effluent would be the nearest water body.

In order to apply the TT SAN tool, the project has a case study. The results of the four measurements were compared to Media 0, so it was possible to analyze the impacts caused in the water body, to estimate the loads of pollutants that would not go to the same and to analyze the possibility of the treated effluent to have as final destination the water galleries rainwater or even surface water, depending on the quality criteria established by standards such as NBR 13.969.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO HIDROLÓGICO	17
FIGURA 2 – CICLO DO NITROGÊNIO.....	18
FIGURA 3 – CICLO DO FÓSFORO.....	20
FIGURA 4 – USOS DA ÁGUA (M ³) EM 2016.....	22
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE MÉDIO DE ATENDIMENTO URBANO POR REDE DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS EM 2016	24
FIGURA 6 – SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO SEPARADOR ABSOLUTO.....	25
FIGURA 7 –REPRESENTAÇÃO POR ESTADO DO ÍNDICE MÉDIO DE ATENDIMENTO URBANO POR REDE COLETORA DE ESGOTO	26
FIGURA 8 – SISTEMA COMBINADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	27
FIGURA 9 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA	68
FIGURA 10 –APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: PARAMETRIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DO ESGOTO BRUTO	69
FIGURA 11 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA ÁGUA CINZA E ÁGUAS PLUVIAIS	69
FIGURA 12 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CONCEPÇÃO DO SISTEMA.....	70
FIGURA 13 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CONCEPÇÃO DAS MEDIDAS 1 E 2.....	71
FIGURA 14 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CONCEPÇÃO DAS MEDIDAS 3 E 4.....	72
FIGURA 15 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: MEDIDA 0	73
FIGURA 16 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: RESULTADOS DA MEDIDA 0	74
FIGURA 17 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: RESULTADOS DA MEDIDA 1	78
FIGURA 18 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: RESULTADOS DA MEDIDA 2	75
FIGURA 19 – MUNICÍPIO DO VALE VERDE	78

FIGURA 20 – PLANTA TÉRREA DO BLOCO I.....	78
FIGURA 21 – PLANTA DO PRIMEIRO ANDAR DO BLOCO I.....	79
FIGURA 22 – PLANTA DO SEGUNDO ANDAR DO BLOCO I.....	79
FIGURA 23 – PLANTA DO TÉRREO DO BLOCO II.....	80
FIGURA 24 – PLANTA DO PRIMEIRO ANDAR DO BLOCO II.....	80
FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA MÉDIA DIÁRIA DE UTILIZAÇÃO POR APARELHO SANITÁRIO.....	56
FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DURAÇÃO MÉDIA DE USO POR APARELHO SANITÁRIO.....	57
FIGURA 27 – CONSUMO DE ÁGUA DA EDIFICAÇÃO EM ESTUDO	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ÍNDICE DE ATENDIMENTO COM REDE DE ÁGUA NO BRASIL POR REGIÃO.....	23
TABELA 2 – NÍVEIS DE ATENDIMENTO E TRATAMENTO DE ESGOTO POR REGIÃO	77
TABELA 3 – CONSUMOS MÉDIOS DIÁRIOS POR TIPO DE APARELHO PARA 7 RESIDÊNCIAS	29
TABELA 4 – DADOS DE ENTRADA: POPULAÇÃO.....	35
TABELA 5 – DADOS DE ENTRADA: INFORMAÇÕES SOBRE AS ÁREAS DA EDIFICAÇÃO	35
TABELA 6 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	81
TABELA 7 – QUESTIONÁRIO REFERENTE A UM DIA PARA CADA MORADOR	37
TABELA 8 – PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA POR APARELHO SANITÁRIO	37
TABELA 9 – CONSUMO DE ÁGUA DA MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS	38
TABELA 10 – FREQUÊNCIA DE USO DOS APARELHOS DE USO COMUM	38
TABELA 11 – TORNEIRA DE JARDIM.....	39
TABELA 12 – REFERÊNCIAS DOS VALORES ADOTADOS POR APARELHO SANITÁRIO	40
TABELA 13 – CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO.....	42
TABELA 14 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA.....	42
TABELA 15 – CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	42
TABELA 16 – VALORES ADOTADOS PARA CARACTERIZAR ÁGUAS PLUVIAIS	77
TABELA 17 – NÍVEIS DE TRATAMENTO E REMOÇÃO	82
TABELA 18 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO POR TIPO DE SISTEMA	83
TABELA 19 – CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	43
TABELA 20 – EFICIÊNCIAS ADOTADAS	44
TABELA 21 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 0	45
TABELA 22 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 1	46
TABELA 23 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 2	46

TABELA 24 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 3	47
TABELA 25 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 4	47
TABELA 26 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA GERADA	77
TABELA 27 – APARELHOS SANITÁRIOS INDIVIDUAIS COMO FONTE DE ÁGUA CINZA	49
TABELA 28 – COMBINAÇÃO DE APARELHOS SANITÁRIOS COMO FONTE DE ÁGUA CINZA	49
TABELA 29 – COMPLEMENTA A TABELA 27 PARA REUSO DA ÁGUA	49
TABELA 30 – EFICIÊNCIAS ADOTADAS PARA TRATAR A ÁGUA DE REUSO	50
TABELA 31 – TRATAMENTO REQUERIDO	776
TABELA 32 – CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES TRATADOS.....	776
TABELA 33 – RESULTADOS POR HABITANTE.....	50
TABELA 34 – RESULTADO POR EDIFICAÇÃO E PARA TODA ÁREA DE ESTUDO	51
TABELA 35 – RESULTADOS POR MEDIDA.....	51
TABELA 36 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO PARA M.1	55
TABELA 37 – VALORES MÉDIOS DE USO OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO.....	80
TABELA 38 – VALORES MÉDIOS DE DURAÇÃO POR USO OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO.....	81
TABELA 39 – PARAMETRIZAÇÃO COM OS VALORES OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO	57
TABELA 40 – RESULTADOS DA MEDIDA 0.....	58
TABELA 41 – CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO ESGOTO BRUTO	84
TABELA 42 – EFICIÊNCIAS ADOTADAS	81
TABELA 43 – RESULTADOS DA MEDIDA 1.....	58
TABELA 44 – RESULTADOS DA MEDIDA 2.....	59
TABELA 45 – REUSO NA MEDIDA 2.....	59
TABELA 46 – LIMITES ESTABELECIDOS PARA REUSO EM DESCARGA DE VASOS SANITÁRIOS	77
TABELA 47 – PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA CADA MEDIDA	60

TABELA 48 – PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO	77
TABELA 49 – RESULTADOS FINAIS POR HABITANTE	60
TABELA 50 – PARÂMETROS PARA DISPOSIÇÃO FINAL.....	86
TABELA 51 – RESULTADOS FINAIS PARA O MUNICÍPIO DO VALE VERDE	62

LISTA DE ABREVIATURAS

Ac – Água cinza
A_{DR} – Água drenada
A_{EG} – Água esgotada
A_{INF} – Água infiltrada
A_{PT} – Água potável
A_{PL} – Água pluvial
As – Aparelho sanitário
A_{SUB} – Água subterrânea
A_{SUP} – Água superficial
BS – Bacia sanitária
C – Coeficiente de escoamento superficial
CH - Chuveiro
CTT – Coliformes termotolerantes
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio
P - Fósforo
N - Nitrogênio
ETE – Estação de tratamento de esgoto
ETA – Estação de tratamento de água
SDU – Sistema de drenagem urbana
SPAQ – Sistema predial de água quente
SPAF – Sistema predial de água fria
SPES – Sistema predial de esgotamento sanitário
LV – Lavatório
TQ – Tanque
JD – Jardim
I – Precipitação
V_{ES} – Volume escoado superficialmente
V_{IN} – Volume infiltrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	ÁGUAS PRÉ-URBANAS	16
3.2	CICLOS BIOGEOQUÍMICOS	17
3.2.1	CICLO DO NITROGÊNIO.....	17
3.2.2	CICLO DO FÓSFORO.....	19
3.2.3	CICLOS BIOGEOQUÍMICOS NO MEIO URBANO.....	19
3.3	MEIO URBANO: CIDADES	20
3.4	USO ANTRÓPICO DA ÁGUA.....	21
3.5	INFRAESTRUTURA SANITÁRIA	22
3.5.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	23
3.5.2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DE DRENAGEM URBANA	24
3.6	EDIFICAÇÕES	28
3.6.1	CONSERVAÇÃO DA ÁGUA.....	29
4	METODOLOGIA	34
4.1	ELABORAÇÃO DA FERRAMENTA MATEMÁTICA PARA A ESTIMATIVA DE CARGAS	34
4.2	ESTUDO DE CASO.....	52
4.2.1	ÁREA DE ESTUDO	53
4.2.2	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO	55
6	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS.....	64

APÊNDICE I	68
APÊNDICE II	76
APÊNDICE III	78
APÊNDICE IV	81
ANEXO	83

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) afirma que existe água suficiente para todos na Terra. Entretanto, sabe-se que os recursos hídricos são distribuídos de forma desigual ao redor do globo, tendo países que enfrentam falta crônica de água, como Bahrain, Qatar, Kuwait e Arábia Saudita. (VERIK MAPLECROFT, 2011).

Além da má distribuição, existe também uma desigualdade quanto ao uso. Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2017 (UNESCO, 2017), aproximadamente 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada para irrigação.

No Brasil o cenário não é diferente uma vez que a porcentagem de água utilizada para irrigação chega a 75% da água disponível no país, seguido pelo uso para criação de animais com 9%, abastecimento humano urbano 8%, indústria 6% e abastecimento humano rural com 2%, de acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2015).

O consumo diário per capita varia de forma discrepante entre os países desenvolvidos, subdesenvolvidos e emergentes. Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano de 2006, estima-se que a média de consumo de água diário per capita nos Estados Unidos é de 575 litros e países como Angola e Haiti o consumo é de apenas 15 litros (PNUD, 2006).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos de 2015, relata que o Brasil possui consumo médio diário de 154 litros. Entretanto este valor pode variar de região para região, como é o caso entre Rio de Janeiro e Alagoas, com médias de 254,6 e 98,6 litros, respectivamente. Mesmo tendo consumo inferior, em relação a países desenvolvidos, a média diária brasileira está acima do recomendado pela ONU, segundo a qual cada pessoa necessita de cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene.

Apesar da água ser um recurso renovável, a mesma é finita. Com o objetivo de garantir a dignidade a vida e a dignidade humana, foi aprovado em assembleia geral pela ONU em 2010, o Direito à Água e Saneamento como parte dos direitos humanos. Contudo 783 milhões de pessoas ainda não tem acesso a água potável, 1,8 bilhões de pessoas em todo o mundo utilizam uma fonte de

água potável contaminada com coliformes termotolerantes, 2,4 bilhões de pessoas não possuem acesso a serviços básicos de saneamento, como sanitários ou latrinas e 1000 crianças morrem diariamente devido a doenças relacionadas à água e ao saneamento. (ONU, 2016).

De acordo com o SNIS (2015), em média 83,3% da população brasileira é atendida com rede de água e 50,3% com rede de esgoto. O número de domicílios sem tratamentos de efluentes é alarmante. Devido à falta de saneamento, o esgoto bruto pode ter dois destinos alternativos, sendo eles a fossa séptica ou o corpo hídrico mais próximo. As consequências para o destino incorreto do efluente doméstico são doenças como a diarreia, hepatite A, leptospirose e verminoses. As doenças ligadas a falta de saneamento foram a causa de 400 mil internações em 2013. (FUNDAÇÃO ABRIANQ, 2015).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, art. 2º discorre sobre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos. O primeiro objetivo diz respeito a assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Visando o cumprimento da lei citada anteriormente, do direito a água e ao saneamento, bem como a salubridade ambiental, este trabalho discutirá através dos resultados obtidos pela utilização das medidas da ferramenta elaborada, o impacto que seria causado pelas cargas de poluentes no corpo hídrico receptor.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho consiste na elaboração de uma ferramenta matemática que estime através das concentrações e vazões, no âmbito das edificações urbanas, as cargas de componentes químicos como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio e fósforo, presentes no esgoto sanitário e na água pluvial drenada. Com base neste objetivo geral, portanto, os objetivos específicos almejados são os seguintes:

- I. Elaborar a ferramenta TTSAN utilizando o Excel, de modo que os cálculos de concentração e cargas dos efluentes, para os poluentes determinados, sejam realizados de maneira dinâmica para cada uma das medidas após a inserção de dados sobre a população e sobre as áreas de drenagem e de infiltração do local de estudo.
- II. Aplicar a ferramenta matemática em uma edificação real, sob condições usuais de uso da água, no intuito de estimar as cargas de DBO, fósforo total e nitrogênio total presentes no esgoto sanitário e na água pluvial drenada;
- III. Aplicar a ferramenta matemática para o mesmo cenário descrito no item anterior, todavia sob a intervenção de medidas de conservação da água, como o reuso de água cinza e o aproveitamento de água da chuva;
- IV. A partir das estimativas obtidas nos itens anteriores, ampliar a aplicação em questão para um conjunto de edificações presentes em uma área urbana com o objetivo de avaliar as dimensões das cargas dos parâmetros sob estudo;
- V. Discutir a respeito dos impactos das medidas de conservação da água e de promoção de salubridade ambiental nas edificações sobre o ciclo da água no meio urbano.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUAS PRÉ-URBANAS

A qualidade da água é variável e determinada através das condições naturais assim como a ocupação do solo na bacia hidrográfica. A caracterização da água é feita através dos componentes físicos, químicos e biológicos. Entre as características físicas, Von Sperling (2014) destaca a cor, odor, turbidez e temperatura.

De acordo com Santos (2016) a caracterização química ocorre pelos parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a demanda química de oxigênio (DQO), o oxigênio dissolvido (OD), além dos nutrientes como o nitrogênio (N) e fósforo (P). Enquanto que os coliformes indicam a presença de organismos patogênicos.

- CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é composto pelas formas em que a água pode ser encontrada no meio ambiente e os processos que ela pode sofrer. A circulação da água ocorre através da precipitação, infiltração, escoamento superficial, evaporação e transpiração. Esses processos são influenciados pela energia solar, através da transferência de calor e pelo vento, pelo deslocamento das massas de ar. O ciclo completo está representado pelo esquema representado na FIGURA 1.

Apesar do ciclo da água ser um ciclo fechado, o aumento populacional e conseqüentemente a urbanização acarretou em desequilíbrios no ciclo e na qualidade da água. Para construir moradias e indústrias, o ser humano desmatou grandes áreas de florestas. A redução das áreas verdes disponíveis e a impermeabilização do solo, reduzem a infiltração da água no solo e a evapotranspiração, afetando a formação de vapor d'água, a precipitação e por consequência, o reabastecimento do lençol freático. (Montero; Alves e Guedes, 2016).

Medeiros (2016). Apesar da abundância de N_2 , apenas algumas bactérias como a do gênero *Rhizobium*, conseguem utilizá-lo dessa maneira.

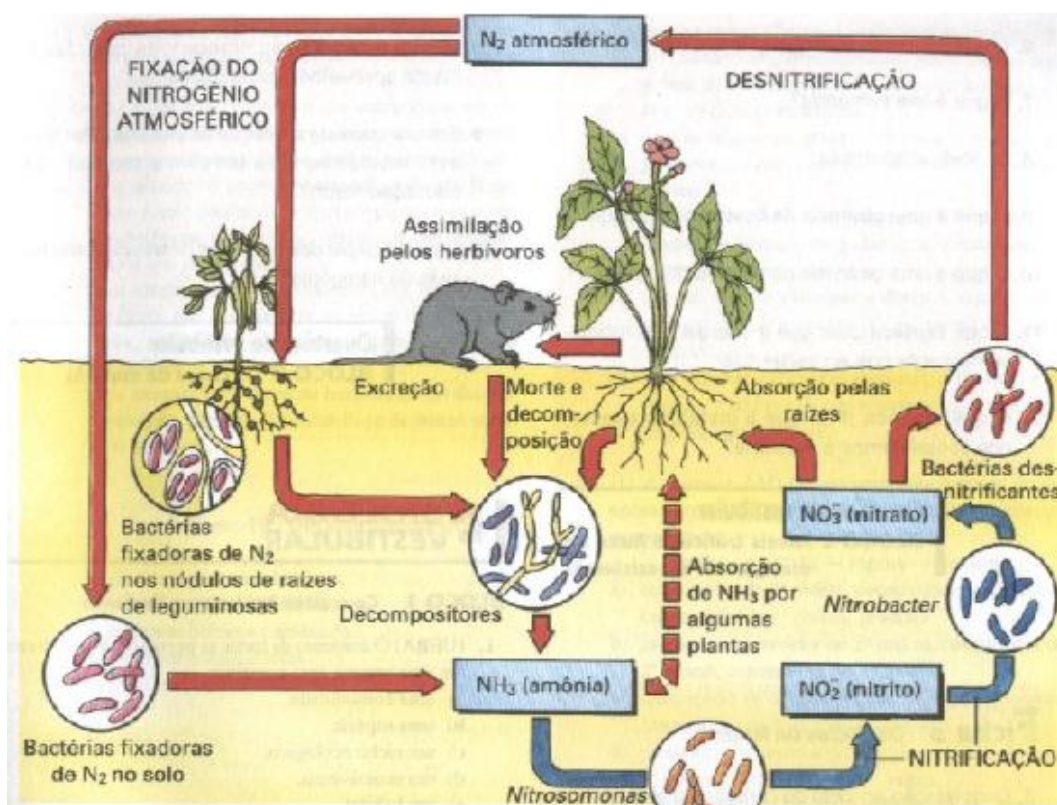
O processo de transformação do N_2 em NH_3 , utilizável pelos seres vivos, é conhecido como fixação. Esta ocorre por fenômenos físicos, como relâmpagos, através da fixação industrial por meio de fertilizantes e como já foi dito anteriormente, de maneira biológica. (JULIANO, 2010).

A ação dos decompositores na matéria orgânica nitrogenada, resulta na liberação de resíduos como a amônia para o meio ambiente. Combinada com a água presente no solo, a amônia sofre o processo de amonificação, gerando o íon amônio. (OLIVEIRA, 2015).

Ao serem oxidados, os íons produzem nitritos como resíduo nitrogenado que são liberados para o meio ambiente ou sofrem oxidação e se transformam em nitrato. Este processo é conhecido por nitrificação e ocorre pela ação de bactérias nitrificantes. (ROSA; MESSIAS; AMBROZINI, 2003).

A nitrificação é dividida em nitrosação e nitração. O primeiro processo é responsável em transformar o íon amônio (NH_4^+) em íon nitrito (NO_2^-) e o segundo, transforma o íon nitrito em íon nitrato (NO_3^-) (FIGURA 2).

FIGURA 2 – CICLO DO NITROGÊNIO



FONTE: Medeiros (2016).

O processo de desnitrificação permite que a amônia produzida na amonificação, possa retornar para a atmosfera na forma de N_2 livre ou ser aproveitada pelas bactérias nitrificantes. As bactérias responsáveis por esse processo são as desnitrificantes, como a *Pseudomonas*. (MEDEIROS, 2016).

3.2.2 CICLO DO FÓSFORO

O fósforo é um elemento de grande importância para os seres humanos, pois é essencial para a formação da estrutura óssea e dos nucleotídeos responsáveis por formar os polímeros, como o DNA e o RNA. Outrossim, é nutriente limitante para o crescimento das plantas. (VIEIRA, 2010).

De acordo com Vieira (2010), os depósitos de rochas ricas em fosfato estão estimados em 50 mil milhões de toneladas, sendo a maior fonte de fósforo. Este, é disponibilizado para o ecossistema através do intemperismo, que permite o transporte desse material e possibilita a absorção pelos vegetais até chegar ao ser humano, através da cadeia alimentar.

O ciclo é fechado por meio da ação de bactérias fosfolizantes, responsáveis pela decomposição de vegetais e animais mortos, que transformam o fósforo em um composto solúvel. Dessa forma, ele pode ser facilmente transportado para os corpos hídricos, onde se depositarão. Outro componente importante são os pássaros, que se alimentam de peixes e excretam no solo (FIGURA 3).

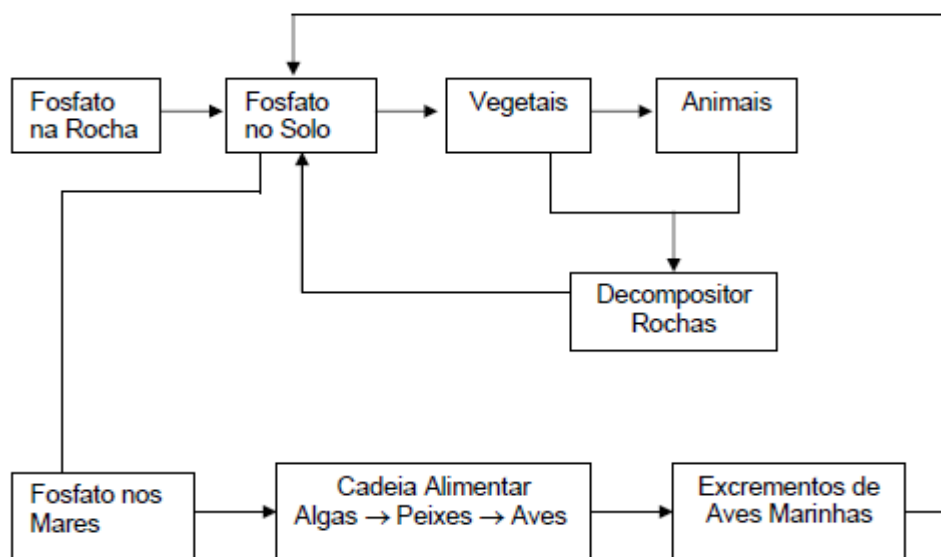
3.2.3 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS NO MEIO URBANO

Os principais usos que causam a redução da qualidade da água, segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (UNESCO, 2017) são referentes as águas residuárias industriais, esgoto doméstico e escoamento agrícola que não recebem o devido tratamento.

O desequilíbrio dos ciclos do nitrogênio e do fósforo, pode causar problemas como a proliferação excessiva de algas (eutrofização) no meio aquático, causando interferências relacionadas ao uso do corpo hídrico (THOMANN e MUELLER, citado por VON SPERLING; 2014). Outros problemas

abordados pelos autores, são as frequentes florações das águas, distúrbios com mosquitos e insetos; eventuais maus odores e eventuais mortandade dos peixes.

FIGURA 3- CICLO DO FÓSFORO



FONTE: Paz (2011).

Guimarães, Carvalho e Silva (2007) abordam outros problemas como “o nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes”, os processos bioquímicos que transformam a amônia em nitrato reduzem o oxigênio dissolvido na água, além disso, o nitrato pode ser convertido em nitrito e se essa água for utilizada para o abastecimento humano, pode causar doenças como a síndrome do bebê azul.

Essa síndrome também é conhecida como Tetralogia de Fallot e atinge os recém-nascidos, pois o nitrito oxida os íons ferrosos da hemoglobina que geram a meta-hemoglobina, cuja eficiência de absorção e transferência de oxigênio é reduzida, deixando os tecidos pouco oxigenados, causando a coloração arroxeada. (GOMES, 2013).

3.3 MEIO URBANO: CIDADES

As palavras cidade e urbano são do latim, derivadas de “*civitate*” e “*urbs*”, que também significa cidade. O conceito tem evoluído com o passar dos anos, como demonstrou Vasconcelos (2015) ao trazer as definições para diferentes períodos e questões, como o contexto histórico, espaço geográfico e temporal.

Para o devido trabalho usaremos uma caracterização do período atual, sendo desde as pequenas até as grandes cidades “um meio de habitat denso, caracterizado por uma sociedade diferenciada, uma diversidade funcional, uma capitalização e uma capacidade de inovação...” (PUMAIN; 2006 citado por VASCONCELOS, 2015).

A população brasileira cresceu em torno de dez vezes entre os séculos XX e XXI. Apesar disso, segundo o IBGE (2006) apenas na metade do século XX houve a expansão da população urbana devido à grande oferta de empregos na indústria. Atualmente existem 5.570 municípios comportando uma população de aproximadamente 208,8 milhões de pessoas (IBGE, 2018).

As cidades são moldadas para atender as necessidades humanas, sendo compostas por áreas residenciais, comerciais, públicas, industriais e para lazer. Essas áreas são ligadas por vias públicas ou privadas, possuem uma rede de comunicação e para funcionarem de maneira adequada, são abastecidas por água e energia, além de produzirem resíduos e efluentes.

3.4 USO ANTRÓPICO DA ÁGUA

A água pode ser retirada de fontes superficiais ou fontes subterrâneas para abastecimento das edificações localizadas no meio urbano. Esse recurso é usado para vários fins potáveis ou não potáveis, podendo ter padrões de qualidade diferentes. Dessa forma, após ser captada a água pode ou não ser tratada e depois destinada ao uso.

Os principais usos da água pelo ser humano são para a irrigação, abastecimento do meio urbano e pela indústria (FIGURA 4). De maneira geral, a água utilizada no meio urbano é para fins domésticos em residências, comércios, hospitais, edificações administrativas, de ensino, além de áreas públicas como parques e praças. (SANTOS, 2016).

Após ser utilizada, a água apresenta qualidade inferior à aquela de entrada e é descartada pelas edificações como esgoto. Este é levado para a estação de tratamento de efluentes (ETE), para posteriormente retornar aos corpos hídricos. Entretanto, no entendimento de Bazzarella (2005) a água que é devolvida à natureza apresenta sais, matéria orgânica e outros resíduos, dessa forma, raramente possui a mesma qualidade que a água extraída.

FIGURA 4 – USOS DA ÁGUA (M³) EM 2016

FONTE: Agência Nacional das Águas (2017).

A água em cada fase do ciclo possui uma especificação. Estas foram definidas por Guimarães, Carvalho e Silva (2007, p. 35) como:

- Água bruta: inicialmente, a água é retirada do rio, lago ou lençol subterrâneo, possuindo uma determinada qualidade;
- Água tratada: após a captação, a água sofre transformações durante o seu tratamento para se adequar aos usos previstos (ex.: abastecimento público ou industrial);
- Água usada (esgoto bruto): com a utilização da água, a mesma sofre novas transformações na sua qualidade, vindo a constituir-se em um despejo líquido;
- Esgoto tratado: visando remover os seus principais poluentes, os despejos sofrem um tratamento antes de serem lançados ao corpo receptor. O tratamento dos esgotos é responsável por uma nova alteração na qualidade do líquido; e
- Corpo receptor: o efluente do tratamento dos esgotos atinge o corpo receptor, onde, em virtude da diluição e mecanismos de autodepuração, a qualidade da água volta a sofrer novas modificações. (GUIMARÃES, CARVALHO E SILVA, 2007, p. 35).

3.5 INFRAESTRUTURA SANITÁRIA

O saneamento básico é composto pela infraestrutura sanitária, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos segundo a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007). Esses serviços são essenciais em promover a saúde pública e o controle da poluição.

A infraestrutura sanitária é composta pelo sistema de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, drenagem urbana e serão abordados em seguida.

3.5.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

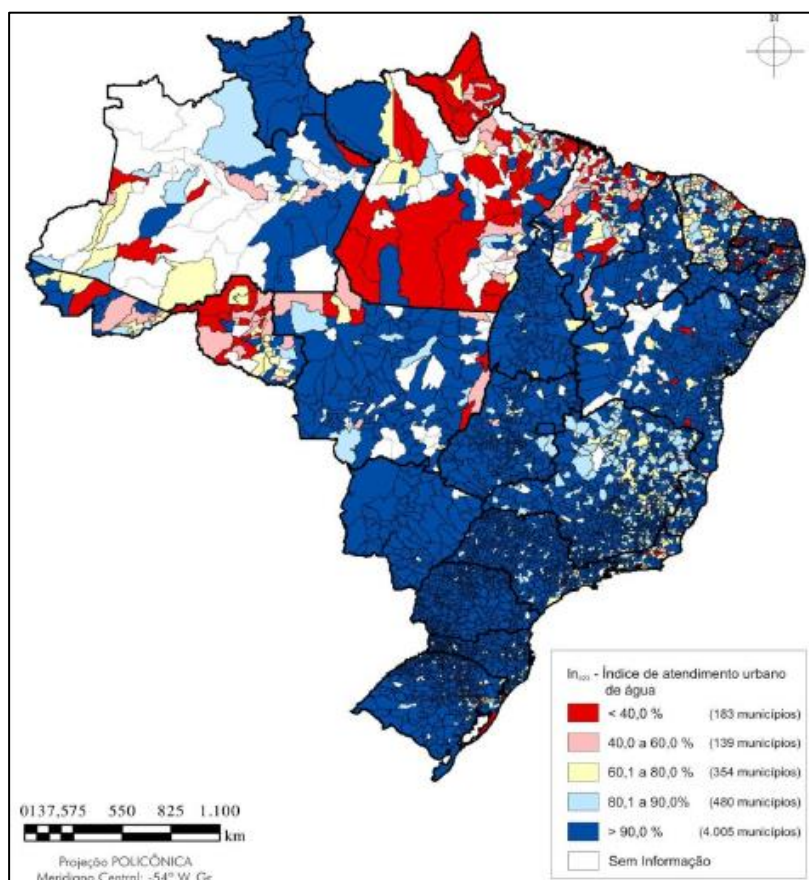
Os sistemas públicos de abastecimento de água são compostos pelas obras de captação, estação elevatória, estação de tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição. São responsáveis por levar água potável para os usuários em quantidade e qualidade apropriadas. (SANTOS, 2016).

Para construir um sistema de abastecimento de água, são realizados inúmeros estudos. Segundo a SABESP (2002) devem ser desenvolvidos os itens de caracterização da área onde será implantado o sistema, descrição e diagnóstico do sistema de abastecimento de água existente, levantamento dos estudos e planos existentes, estudo populacional e demandas, estudo de mananciais superficiais e subterrâneos. Após a realização dos estudos é possível desenvolver alternativas e assim fazer o pré-dimensionamento de cada obra e a alternativa escolhida será aquela que possui melhor viabilidade técnica, econômica, ambiental e institucional.

O SNIS (2016) possui informações para 5.161 municípios, sendo que, 4.005 municípios possuem índice de atendimento urbano de água superior a 90%, dentre eles 2.428 municípios possuem índice igual a 100%; 480 municípios com índice entre 80 e 90%; 354 municípios entre 60 e 80%; 139 municípios entre 40 e 60% e 183 municípios com índice de atendimento inferior a 40%. As áreas representadas pela cor branca indicam os municípios sem informações (FIGURA 5).

A região que possui o maior índice total de atendimento é a região Sudeste com 91,2%, seguida pela região Centro-Oeste. Os menores índices total e urbano pertencem a região Norte, 55,4% e 67,7% respectivamente, como pode ser visto na (TABELA 1).

FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE MÉDIO DE ATENDIMENTO URBANO POR REDE DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS EM 2016



FONTE: SNIS (2016).

TABELA 1 – ÍNDICE DE ATENDIMENTO COM REDE DE ÁGUA NO BRASIL POR REGIÃO

REGIÃO	ÍNDICE DE ATENDIMENTO COM REDE DE ÁGUA (%)	
	Total	Urbano
Norte	55,4	67,7
Nordeste	73,6	89,3
Sudeste	91,2	96,1
Sul	89,4	98,4
Centro-Oeste	89,7	97,7
Brasil	83,3	93,0

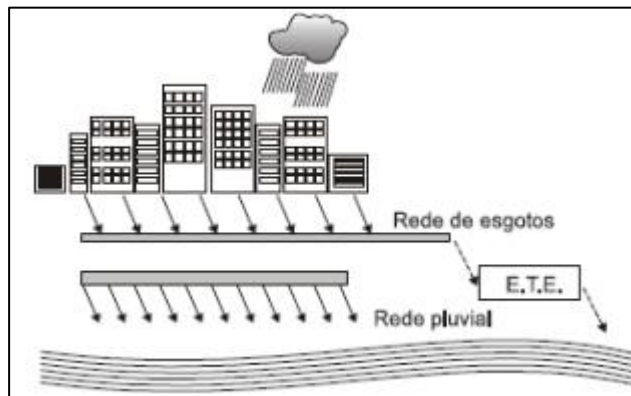
Fonte: Modificada de SNIS, 2016

3.5.2 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DE DRENAGEM URBANA

3.5.2.1 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO SEPARADOR ABSOLUTO

Segundo Noro (2012) o sistema separador absoluto possui redes de drenagem e esgoto sanitário distintas (FIGURA 6), não havendo mistura. Este tipo é recomendado pela norma brasileira devido a questões técnicas, de segurança e sanitária. (SANTOS, 2018).

FIGURA 6 – SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO SEPARADOR ABSOLUTO



FONTE: Von Sperling (1996).

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

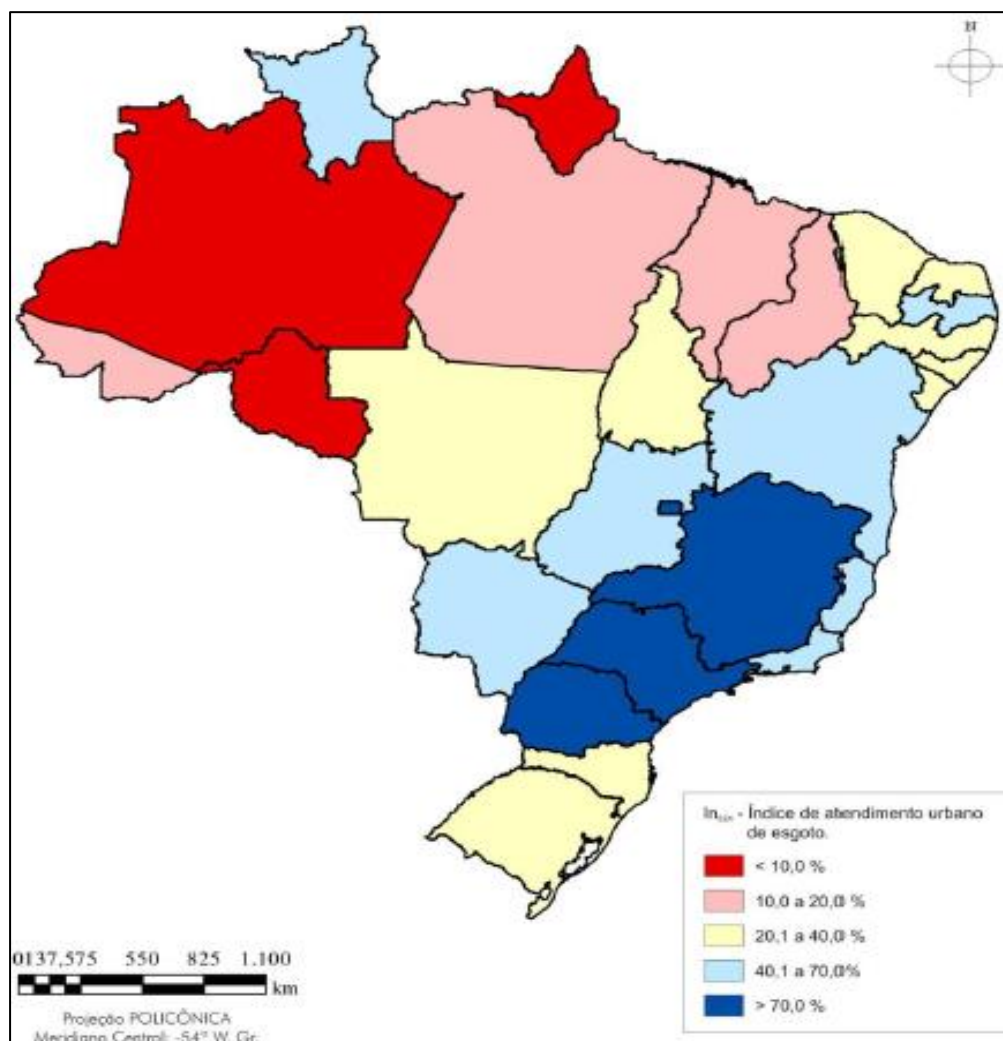
A Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) no art. 3º considera o esgotamento sanitário como parte da estrutura do saneamento básico, sendo “constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente”.

Apenas o Distrito Federal e os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná possuem índice médio de atendimento urbano com rede coletora de esgoto acima de 70% (FIGURA 7). Os estados com menor índice, inferior a 10%, estão localizados no norte do país e são os estados do Amazonas, Amapá e Rondônia. (SNIS, 2016).

A região que possui o maior índice total e urbano de atendimento por rede de coleta de esgoto é a região sudeste, sendo o único com índice superior à média do Brasil apresentada na TABELA 2. Apesar da região sudeste também possuir índice de tratamento de esgoto gerado superior à média brasileira (44,9%), a região centro-oeste lidera com 52,6%. Já a região que possui o maior índice de tratamento de esgotos coletados, é a região sul, seguida pela região

centro-oeste e a única região que está abaixo da média do Brasil, é a região sudeste.

FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO POR ESTADO DO ÍNDICE MÉDIO DE ATENDIMENTO URBANO POR REDE COLETORA DE ESGOTO



FONTE: SNIS (2016).

TABELA 2 – NÍVEIS DE ATENDIMENTO E TRATAMENTO DE ESGOTO POR REGIÃO

Região	Índice de atendimento com rede de coleta de esgoto (%)		Índice de tratamento dos esgotos (%)	
			Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano
Norte	10,5	13,4	18,3	81,0
Nordeste	26,8	34,7	36,2	79,7
Sudeste	78,6	83,2	48,8	69,0
Sul	42,5	49,0	43,9	92,9
Centro-Oeste	51,5	56,7	52,6	92,1
Brasil	51,9	59,7	44,9	74,9

FONTE: SNIS (2016).

SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem urbana faz parte da infraestrutura sanitária urbana, assim como o sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Como foi descrito por Santos (2016), a drenagem urbana tem como objetivo escoar as águas pluviais, afim de evitar inundações e enchentes em áreas urbanas.

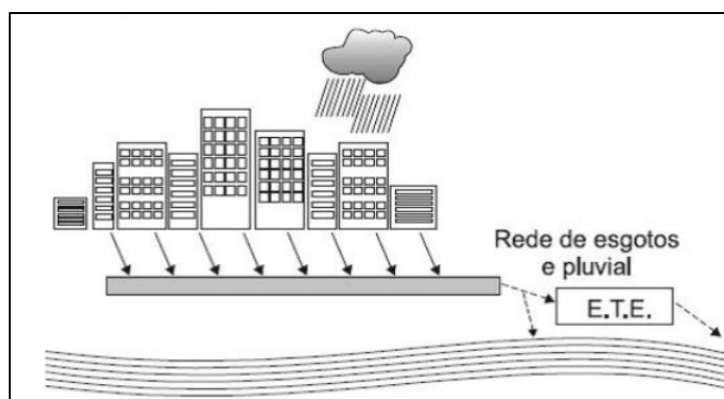
Com o aumento das áreas urbanas e consequentemente a impermeabilização do solo, o sistema de drenagem urbana se tornou essencial para a harmonia das cidades e proteção da população em dias de chuva.

Composto pelo sistema de micro e macro-drenagem, o sistema de drenagem tradicional, deve ser projetado e planejado de maneiras diferentes. Conforme a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) a micro-drenagem é composta por “bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões” enquanto que a composição da macro-drenagem seria de “canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões”. (FCTH, 1999).

3.5.2.2 SISTEMA COMBINADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

No sistema combinado, também chamado de sistema unitário, as águas pluviais e o esgoto sanitário são transportados em uma mesma tubulação, como pode ser visto na FIGURA 8. Para isso, são utilizadas tubulações com diâmetros elevados. (VON SPERLING, 2014).

FIGURA 8 – SISTEMA COMBINADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO



FONTE: Von Sperling (1996).

Além do elevado custo com as tubulações, ao utilizar o sistema combinado, existe o risco de refluxo do efluente para dentro das residências nas cheias, possível mau cheiro proveniente das bocas de lobo, as estações de tratamento de esgoto podem não ser dimensionadas para tratar toda a vazão que chega no período de chuvas, causando extravasamento para os corpos hídricos de efluente sem tratamento. (VON SPERLING, 2014).

3.6 EDIFICAÇÕES

Para que uma edificação atenda às atividades e as exigências do usuário, é necessário um conjunto de insumos e serviços. Como o objetivo deste trabalho é a análise do efluente, abordaremos apenas os sistemas prediais hidráulicos sanitários responsáveis por levar água potável até as residências e destinar corretamente seus efluentes.

Na acepção de Santos (2016) os sistemas prediais hidráulicos sanitários básicos estão dispostos em sistemas prediais de água fria (SPAF), água quente (SPAQ), águas pluviais e sistema de esgotamento sanitário. Os sistemas serão apresentados brevemente a seguir.

- SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA POTÁVEL

O dimensionamento dos sistemas prediais de água potável deve considerar um volume para combate e prevenção ao incêndio. Além disso, esse sistema deve ser capaz de atender as residências com vazão, pressão e qualidade suficientes, bem como, atender as residências com a demanda requerida de temperatura para o sistema predial de água quente. (SANTOS, 2016).

A concepção do sistema predial de água fria deve seguir a norma NBR 5.626 (ABNT, 1998) quanto as exigências mínimas definidas em relação a higiene, segurança, economia e conforto. Além disto, os sistemas prediais de água quente, necessitam otimizar o consumo de energia para o aquecimento da água.

O sistema predial de água fria, no entendimento de Santos (2018), é composto pela fonte de abastecimento de água, ramal predial, cavalete,

hidrômetro, alimentador predial, instalação elevatória, reservatórios, rede predial de distribuição, sub-ramais e pontos de consumo. Enquanto que o sistema predial de água quente possui componentes específicos, como o aquecedor, o misturador e o reservatório de água quente, além dos componentes do sistema predial de água fria.

- SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Os sistemas prediais de esgotamento sanitário (SPES) são responsáveis em conduzir o efluente gerado na edificação para uma rede de coleta ou para o sistema de tratamento individual. Deve ser construído separadamente, não havendo contato entre o sistema predial de águas pluviais.

A norma NBR 8.160 (ABNT, 1999) estabelece exigências relacionadas ao projeto, execução e manutenção para assegurar à segurança e conforto dos usuários. Para isso, o SPES é composto pelos aparelhos sanitários, desconectores, ramais de descarga e de esgoto, tubos de queda, subcoletores e coletor predial e outros dispositivos complementares.

- SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Esse sistema é responsável pela destinação correta das águas pluviais. O sistema deve atender as exigências e recomendações da norma NBR 10.844 (ABNT, 1999). É composto por calhas, canaletas, condutor vertical entre outros.

Para que seja possível o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, a edificação deve atender aos requisitos estabelecidos pela norma NBR 15.527. Deve-se exaltar que as tubulações utilizadas para o aproveitamento das águas pluviais devem ser diferenciadas das tubulações de água potável. (ABNT, 2007).

3.6.1 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Segundo a EPA (*Environmental Protection Agency*) ações que reduzem o uso, desperdício ou perdas de água, são consideradas medidas de

conservação. Estas ações geram economia de água nos mananciais, estações de tratamento de água e nas edificações. Uma das maneiras de reduzir o consumo de água dentro de uma edificação, é conhecendo o consumo por aparelho sanitário (AS).

- **PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA DIÁRIO DE ÁGUA**

Conhecer os consumos específicos por aparelho sanitário dentro de uma residência, são de grande valia quando se quer economizar ou implantar medidas de conservação do uso da água. A TABELA 3 representa a parametrização feita por Barreto (2008).

TABELA 3 - CONSUMOS MÉDIOS DIÁRIOS POR TIPO DE APARELHO PARA 7 RESIDÊNCIAS

Residência	Chuveiro	Torneira da cozinha	Lavatório	Tanque	Tanquinho	Máquina de lavar	Caixa acoplada	Máquina + tanque	Outros usos	Total
1	*	26%	11%	11%	*	*	*	*	51%	100%
2	14%	20%	3%	*	*	*	*	14%	49%	100%
3	26%	9%	5%	*	*	19%	*	*	41%	100%
4	27%	36%	8%	1%	*	9%	20%	*	*	100%
5	39%	37%	25%	*	*	V	*	*	*	100%
6	9%	17%	6%	16%	6%	*	*	*	46%	100%
7	29%	19%	4%	17%	*	*	*	*	31%	100%
média	24%	23%	9%	11%	6%	14%	20%	14%	42%	

* = ponto de utilização não monitorado

FONTE: Barreto (2008).

As residências utilizadas no estudo de Barreto (2008) estão localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo e foram escolhidas pelo consumo típico de água entre 15 a 20 m³/mês. A variação da renda familiar dessas famílias esteve entre R\$ 500,00 e R\$ 2.500,00 enquanto que a escolaridade variou do primeiro ao terceiro grau e o número médio de moradores por residência foi igual a três.

O critério de escolha das residências foi o estatístico e considerou o número de ligações, consumo médio mensal, idade e capacidade de hidrômetros, entre outros. Para realizar o monitoramento do consumo de água das residências, foi instalado um *data logger* além de hidrômetros em pontos internos de consumo e no cavalete.

O *data logger* é utilizado para monitorar e registrar variáveis analógicas como a temperatura, pressão, umidade, bem como variáveis digitais como pulsos de vazão ou sensor de abre/fecha. (NOVUS, 2018).

A metodologia realizada por Barreto (2008) consistiu na instalação dos equipamentos de monitoração, aplicação de um questionário para caracterização do imóvel e perfil socioeconômico dos residentes, monitoramento do consumo total e interno por sete dias consecutivos, assistência ao morador por meio de acompanhamento por telefone, retirada dos equipamentos, descarregamento dos dados coletados pelo *data logger* para o microcomputador, validação e análise da consistência dos dados coletados, conversão dos valores para unidades de volume e vazão e cálculo dos consumos dos aparelhos.

3.6.1.1 USO RACIONAL

Na acepção de Oliveira (1999), existem quatro etapas a serem seguidas, sendo elas: conhecer sobre o uso da água - auditoria; fazer o levantamento das informações sobre esse uso, um diagnóstico; planejar um conjunto de ações com o objetivo de redução de perdas e desperdícios nos sistemas prediais e a última etapa, seria a avaliação da redução e o monitoramento constante para que seja feita a manutenção.

A utilização de aparelhos economizadores, como é o caso do vaso sanitário dual flush (possui a opção de usar 3 ou 6 litros) e a conscientização do usuário são de extrema importância.

3.6.1.2 FONTES ALTERNATIVAS

O uso de fontes alternativas é uma forma de se conservar a água nas edificações e objetiva reduzir o consumo de água potável para fins que não necessitam de tal qualidade, além de reduzir o volume de efluente gerado. As principais fontes alternativas são a água da chuva e a água cinza.

Para que seja possível o reuso da água cinza dentro de uma edificação, é preciso conhecer suas classificações e separá-las. Segundo Ottherpohl (citado

por Bazzarella, 2005), o esgoto doméstico pode ser separado em água negra, efluente dos vasos sanitários (fezes, urina e papel higiênico), água amarela (somente urina), água marrom (somente fezes) e água cinza, composta pelas águas servidas com exceção do efluente das bacias sanitárias.

O reuso da água cinza pode ocorrer de maneira direta ou indireta, para fins potáveis ou não potáveis, de maneira planejada ou não. A Resolução nº 54 (Brasil, 2005) estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável. As modalidades são as seguintes:

- I - Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
 - II - Reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
 - III - Reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
 - IV - Reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,
 - V - Reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.
- (BRASIL, 2005)

A norma brasileira NBR 13.969 (ABNT, 1997) estabelece os limites dos parâmetros conforme as seguintes classificações:

- Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L. Nesse nível, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;
- Classe 2: Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L. Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
- Classe 3: Reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;
- Classe 4: Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita. (ABNT, 1997).

Para utilizar a água da chuva como fonte alternativa, a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) apresenta os requisitos para a concepção do sistema e frequência da manutenção. Segundo a norma, deve ser considerado o alcance do projeto, população que utilizara a água da chuva e determinada a demanda. O sistema de aproveitamento das águas pluviais deverá ser composto pelas calhas e condutores, reservatórios, além disso, as tubulações e demais componentes devem ser diferenciados dos sistemas de abastecimento de água potável.

A qualidade da água pluvial pode variar conforme a localização geográfica da residência, presença de vegetação, condições da superfície de captação entre outras. Para poder ser utilizada, a água deve passar por desinfecção, caso seja escolhido o uso de cloro, segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007) deve haver um residual livre entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

4 METODOLOGIA

4.1 ELABORAÇÃO DA FERRAMENTA MATEMÁTICA PARA A ESTIMATIVA DE CARGAS

A ferramenta TT SAN elaborada para este trabalho, foi desenvolvida utilizando o Excel e tem como finalidade estimar a contribuição de esgoto por habitante por dia e conhecer as características quali-quantitativas das águas residuárias, composta pelas águas pluviais e pelo esgoto doméstico.

Para estimar as cargas de DBO, P e N, é necessário conhecer as concentrações de saída por aparelho sanitário e as respectivas vazões. A fim de quantificar o consumo de água e conseqüentemente a geração de efluente por aparelho sanitário, e obter a parametrização do consumo diário por habitante, foi desenvolvido um questionário para ser aplicado nas residências. Já os valores das concentrações de DBO, P e N foram adotados da literatura.

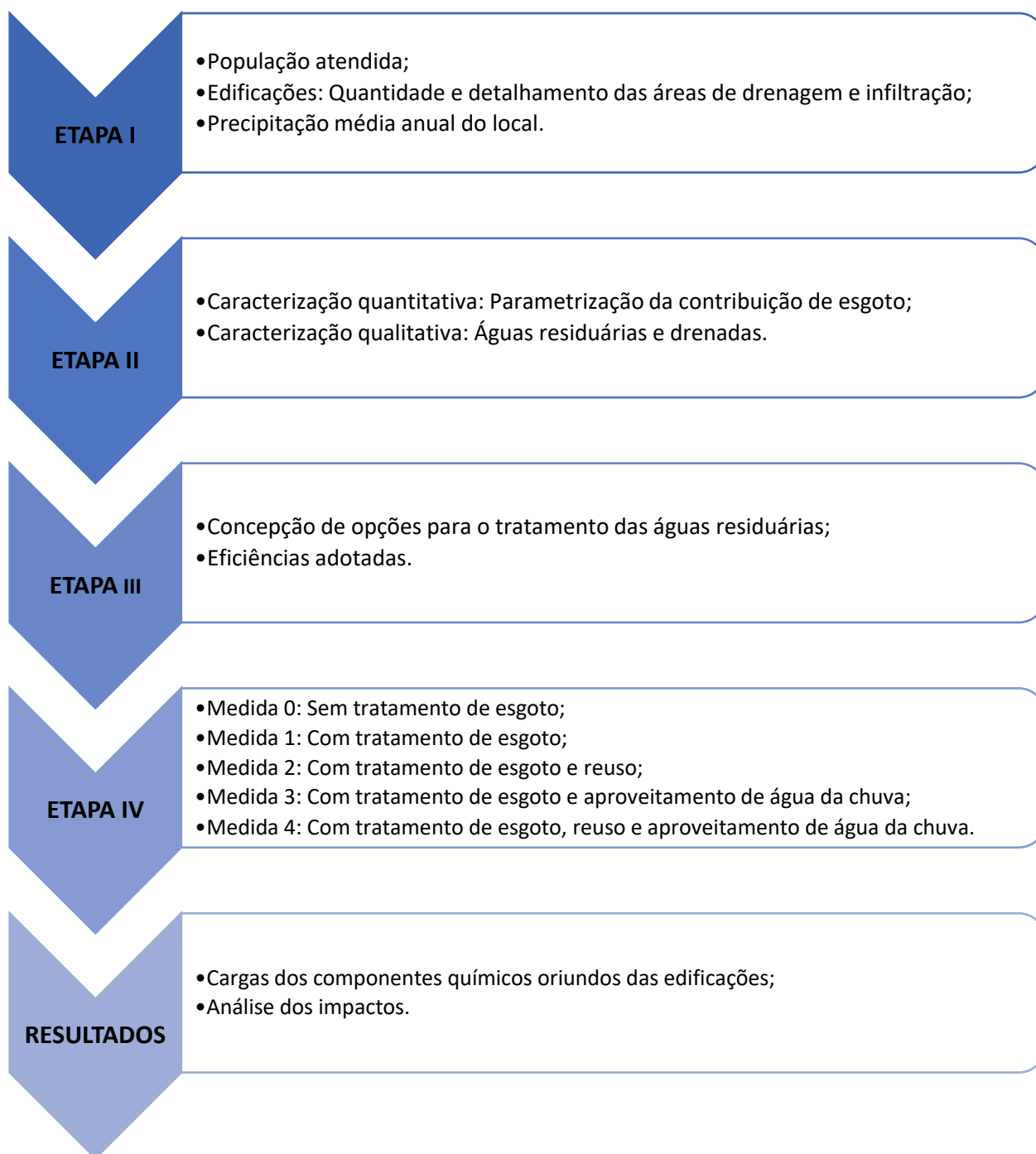
Inicialmente os cálculos para parametrização e caracterização do efluente, foram realizados para cada habitante e por dia, expandindo-se em seguida para toda a área de estudo, número total de habitantes por ano.

As medidas propostas permitem a simulação do tratamento do efluente, com diferentes combinações e eficiências, além de permitir o reuso da água cinza e o aproveitamento de água da chuva. Através dos resultados obtidos será possível analisar e comparar as cargas de poluentes que chegariam ao corpo receptor, medida 0.

De maneira mais abrangente, pode-se utilizar a ferramenta para o planejamento do tratamento de efluente da cidade, caso este seja descentralizado. Além de que, os resultados podem auxiliar na escolha de medidas de conservação da água na edificação.

O fluxograma traz as etapas e as especificações da ferramenta. As FIGURAS 9 A 18 disponíveis no APÊNDICE I, apresentam a ferramenta em Excel com os dados de uma das edificações do estudo de caso.

As etapas apresentadas no fluxograma serão descritas de maneira mais detalhada a seguir.



• ETAPA I - DADOS DE ENTRADA

Para que a ferramenta execute os cálculos programados de maneira dinâmica, faz-se necessária a inserção de dados pelo usuário sobre a população total, número de moradores por edificações (TABELA 4) e informações sobre a área onde as mesmas estão localizadas (TABELA 5). Outro dado que deve ser inserido é a contribuição diária per capita de água, para fins de comparação com

a parametrização realizada. O consumo é calculado através do consumo mensal, disponível na conta de água, dividido pelo número de moradores.

A partir dos dados informados, a ferramenta de maneira dinâmica calculará o número de edificações.

A TABELA 5 deverá ser preenchida com as informações específicas à área em que as edificações se encontram, como a precipitação média anual e o coeficiente de escoamento superficial, que representa a relação entre o volume de água que escoar sobre a superfície do terreno e o volume precipitado. Conforme a TABELA 6 disponível no ANEXO, o coeficiente varia de 0,05 a 0,95 dependendo da ocupação do solo. O usuário deverá preencher também as áreas equivalentes a drenagem, áreas do telhado e calçadas, além da área de infiltração, que corresponde ao jardim.

TABELA 4 – DADOS DE ENTRADA: POPULAÇÃO

POPULAÇÃO	
Número total de pessoas atendidas	
Número de pessoas na residência	
Número de edificações	
Contribuição per capita de água [L/dia]	

TABELA 5 – DADOS DE ENTRADA: INFORMAÇÕES SOBRE AS ÁREAS DA EDIFICAÇÃO

CONDIÇÕES DA ÁREA		
Área [m²]	Drenagem	Infiltração
Coeficiente de escoamento superficial		
Precipitação [mm/ano]		

- ETAPA II - CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA

Para que a caracterização quantitativa seja realizada, é preciso saber como o consumo de água acontece dentro da edificação, ou seja, quais são os aparelhos sanitários utilizados, as vazões específicas ou por uso, frequência e duração da utilização, no caso de torneiras e chuveiro por exemplo.

Entende-se como aparelho sanitário os componentes que utilizam água ou recebem dejetos na forma líquida ou sólida. Para esta definição, estão inclusas as bacias sanitárias, lavatórios, pias, máquinas de lavar roupas, banheiras e etc. (NBR 5.626, 1998).

Neste trabalho foram adotados os seguintes aparelhos sanitários para realizar a parametrização: bacia sanitária com caixa acoplada, lavatório, chuveiro, pia da cozinha, tanque, máquina de lavar roupas e torneira de jardim.

Para obter os dados de frequência e de duração do uso por aparelho sanitário, foi criado um questionário (TABELA 7). Com o propósito de obter uma média, caso a frequência de uso varie durante a semana, o questionário foi aplicado durante 5 dias e estabelecido que seriam 3 dias úteis e dois dias do final de semana.

PARAMETRIZAÇÃO DO ESGOTO GERADO DIARIAMENTE

A parametrização tem como objetivo quantificar o consumo de água por aparelho sanitário. Para isso, a tabela conta com as colunas de vazão específica, volume por uso, frequência de uso e duração do uso para cada aparelho sanitário (TABELA 8).

As vazões específicas apresentadas na TABELA 8 para a máquina de lavar roupa (INMETRO, 2011), para o chuveiro (INMETRO, 2016) e o volume por uso da bacia sanitária com caixa acoplada (CELITE, 2016) foram escolhidas conforme o modelo utilizado na edificação do estudo de caso. Para a torneira do lavatório, tanque e pia da cozinha, foram utilizadas as médias dos dados encontrados por Barreto e Medeiros (2008).

TABELA 7 – QUESTIONÁRIO REFERENTE A UM DIA PARA CADA MORADOR

QUANTIFICAÇÃO POR APARELHO SANITÁRIO	
Bacia Sanitária	Nº de usos: ____vezes
Lavatório	Nº de usos: ____vezes
	Duração média: ____seg
Chuveiro	Nº de usos: ____vezes
	Duração média: Mín:____min Máx:____min
Pia da Cozinha	Nº de usos: ____vezes
	Duração média: Mín:____min Máx:____min
Tanque	Nº de usos: ____vezes
	Duração média: Mín:____min Máx:____min
Máquina de Lavar Roupas	Nº de usos: ____vezes
	Nível*: EB____B____ M____A____
Torneira de Jardim	Nº de usos: ____vezes
	Duração média: Mín:____min Máx:____min

*EB=extra baixo, B=baixo, M=médio, A=alto

TABELA 8 – PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA POR APARELHO SANITÁRIO

PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA						
Aparelhos	Vazão específica [L/s]	Volume [L/uso]	Frequência [uso/dia]	Duração do uso [min]	Vazão [L/dia]	%
Bacia Sanitária	0	6				
Lavatório	0,02	-				
Tanque	0,04	-				
Máquina de Lavar Roupa	0	24,26				
Pia da cozinha	0,02	-				
Chuveiro	0,08	-				
Jardim	0,20	-				

Para calcular o volume médio semanal da máquina de lavar roupa, foi criada a TABELA 9. Esta medida foi necessária pois, a máquina de lavar roupas possui diferentes níveis de água, tendo assim, diferentes volumes consumidos por ciclo.

TABELA 9 – CONSUMO DE ÁGUA DA MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS

MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS		
NÍVEL	Volume [L]	Nº de usos semanais
Extra Baixo	25	
Baixo	62	
Médio	99	
Alto	136	
Volume médio diário=		

A quarta coluna da tabela de parametrização, é referente a frequência de uso e é dada em dia. Pelo fato de alguns aparelhos não serem usados diariamente, como é o caso da máquina de lavar roupas, tanque e torneira de jardim, além de serem de uso coletivo, criou-se uma tabela de apoio.

A TABELA 10 foi construída, para que a contribuição de água desses aparelhos, seja contabilizada para cada morador da residência. Se o aparelho sanitário for de uso semanal, terá seu valor dividido por sete, equivalente ao número de dias na semana.

TABELA 10 – FREQUÊNCIA DE USO DOS APARELHOS DE USO COMUM

DADOS ESPECÍFICOS DE ENTRADA - FREQUÊNCIA					
Aparelhos de uso semanal	Máquina de Lavar Roupas	Jardim	Tanque	Aparelhos de uso diário	Pia da cozinha
Nº de usos				Nº de usos	
Frequência de uso por pessoa				Frequência de uso por pessoa	

As vazões para os aparelhos sanitários que possuem vazão específica, são calculadas através da fórmula [1]:

$$q = q_{\text{especifica}} \cdot f \cdot (60 \cdot t) \quad (1)$$

onde:

q: vazão [L/dia];

$q_{\text{específica}}$: vazão específica por aparelho sanitário [L/s];

f: frequência diária de uso por aparelho sanitário [dia⁻¹];

t: duração do consumo de água por aparelho sanitário [min]. O valor 60 que acompanha o t na equação [1], é um fator de conversão de minutos para segundo.

Neste trabalho será adotado que a torneira de jardim terá a sua vazão dividida entre dois destinos, sendo eles o escoamento superficial e a infiltração (TABELA 11). O principal uso da torneira para escoamento superficial será para a lavagem de carros, enquanto que para a infiltração é para regar as plantas do jardim.

TABELA 11 – TORNEIRA DE JARDIM

TORNEIRA DE JARDIM			
Destino previsto	Uso	%	Vazão
Drenagem/ Escoamento superficial	Lavagem de carro		
Infiltração	Regar as plantas		

As vazões para os aparelhos sanitários que possuem um volume fixo por uso, são calculadas através da fórmula:

$$q = V \cdot f \quad (2)$$

onde:

q: vazão [L/dia];

V: volume por uso do aparelho sanitário [L]

f: frequência diária de uso por aparelho sanitário [dia⁻¹];

A última coluna da tabela de parametrização representa quanto de água cada aparelho sanitário consome referente ao volume total, em forma de porcentagem.

CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA

O estudo qualitativo do efluente neste trabalho, levará em conta as concentrações de DBO, Fósforo Total (P_T), Nitrogênio Total (N_T) e Coliformes Termotolerantes (CTT). Para isto, foram adotados valores da literatura para cada aparelho sanitário. Os valores utilizados e as respectivas referências, estão dispostas na TABELA 12.

TABELA 12 – REFERÊNCIAS DOS VALORES ADOTADOS POR APARELHO SANITÁRIO

Referência	Aparelho Sanitário	Parâmetros [mg/L]			
		DBO ₅	P_T	N_T	NTK
Bazzarella (2005)	Lavatório	265	0,6		5,6
	Chuveiro	165	0,2		3,4
	Tanque	570	17,7		10,3
	Máq. Lavar	184	14,4		3,6
	Cozinha	633	9,1		13,7
Arnold (2018)	Bacia Sanitária	1667,57	33,97	141,23	
Adaptado de Etchepare (2012)	Torneira de jardim (lavagem de carro)	104	0,84		7,4

O trabalho realizado pela Bazzarella (2005) para caracterização qualitativa do efluente do lavatório, chuveiro, tanque, máquina de lavar roupas e pia da cozinha, ocorreu no Parque Experimental de Saneamento Básico da Universidade Federal do Espírito Santo, no Campus Universitário de Goiabeiras em Vitória. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas, sendo elas a caracterização qualitativa da água cinza agregada, caracterização quantitativa da produção e da demanda de água cinza de uma edificação de ensino e por último, o desempenho da estação de tratamento de água cinza para reuso em uma edificação de ensino.

Para caracterização do efluente dos aparelhos sanitários citados anteriormente, foram coletadas amostras semanalmente no período da manhã enquanto que as análises foram feitas no período da tarde. Realizou-se um total de nove coletas. As amostras do chuveiro, tanque e máquina de lavar roupas, possuíam um volume de 15 litros e foram coletadas com o auxílio de uma banheira plástica, bacias e baldes, respectivamente. Já para o lavatório, foi

utilizado uma bombona com capacidade volumétrica de 50 litros que coletava o efluente das 8 horas da manhã até as 14 horas da tarde.

As amostras da pia da cozinha foram retiradas da caixa de gordura da cantina/restaurante da área estudada em dois horários diferentes, sendo por volta das 11:30 horas, horário de preparo dos alimentos e as 13:30 horas, horário em que era lavado um grande volume de louça.

As análises físico-químicas foram realizadas utilizando os procedimentos recomendados pelo *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19ªed. (BAZZARELLA, 2005). Enquanto que para determinar a densidade de *E. Coli*, utilizou-se o número mais provável, meio cromofluorogênico (LMX), com quantificação por meio de cartelas.

Os valores utilizados na tabela 12, são os valores médios obtidos por Bazzarella (2005), através das análises estatísticas.

Este trabalho considerou que a torneira de jardim teria como uso principal a lavagem de carros. Os valores dos parâmetros foram obtidos através de um estudo realizado por Etchepare (2012) em um lava rápido comercial. Já Arnold (2018) estimou os valores para a bacia sanitária considerando variação linear e através do balanço de massa, afim de atingir uma demanda química de oxigênio de 500mg/L e fósforo de 10 mg/L.

ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Após realizar a parametrização do consumo de água, os valores encontrados para a vazão serão utilizados na TABELA 13. A mesma apresenta os aparelhos sanitários e suas respectivas concentrações de DBO, fósforo (P_T) e nitrogênio (N_T) total, além da concentração de coliformes termotolerantes (CTT) adotados.

A água cinza pode ser composta pelas águas do chuveiro, torneira do lavatório, tanque e máquina de lavar roupas. Para caracteriza-la, a TABELA 14 apresenta os aparelhos sanitários citados anteriormente e a concentração dos parâmetros a serem estudados. Como a água cinza ainda não recebeu o tratamento para poder ser utilizada, possui os mesmos parâmetros apresentados na tabela 13.

TABELA 13 – CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO

CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO BRUTO - PARÂMETROS ESPECÍFICOS						
PARÂMETROS [mg/L]	Bacia Sanitária	Lavatório	Tanque e Máquina de Lavar Roupa	Pia da cozinha	Chuveiro	Jardim
Vazão [L/dia]						
DBO _{EB}	1667,67	265	184	633	165	104
Fósforo (P _{EB})	33,97	0,6	14,4	9,1	0,2	0,84
Nitrogênio (N _{EB}) NTK	141,23	5,6	3,6	13,7	3,4	7,4
CTT						

TABELA 14 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA BRUTA			
PARÂMETROS	Chuveiro	Lavatório	Tanque e Máquina de Lavar Roupa
Vazão			
DBO _{EB}	165	265	184
Fósforo (P _{EB})	0,2	0,6	14,4
Nitrogênio (N _{EB})	3,4	5,6	3,6
CTT	-	-	-

ÁGUA DRENADA

De maneira similar as tabelas de caracterização de esgoto e água cinza, a TABELA 15 apresenta as concentrações dos parâmetros analisados para as águas pluviais. Os valores adotados e suas referências estão dispostos na TABELA 16 (APÊNDICE II)

TABELA 15 – CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS	
Precipitação	
DBO _{EB}	9,3 mg/L
Fósforo (P _{EB})	0,201 mg/L
Nitrogênio (N _{EB})	1,80 mg/L
CTT	

- ETAPA III - CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A fim de promover a salubridade ambiental, as Medidas de 1 a 4, apresentam tratamento do esgoto doméstico. Para tal, será considerado que o tratamento acontecerá no lote de cada residência e será composto por um tratamento primário, secundário e terciário.

Cada nível do tratamento possui maior eficiência na remoção de um poluente, como por exemplo o tratamento primário é responsável pela remoção de sólidos sedimentáveis. A TABELA 17 (ANEXO) apresenta os três níveis de tratamento e o que cada um deles remove.

Existem diferentes tipos de tratamento primário, secundário e terciário. Além disso, cada um possui uma faixa de eficiência de remoção poluentes variados. A TABELA 18 disposta no ANEXO, apresenta de maneira detalhada a eficiência do tratamento e até mesmo combinações de sistemas.

Os tratamentos assim como as suas eficiências, foram apresentados para que o usuário compreenda a importância de cada uma delas e possa opinar sobre a escolha do tratamento que será empregado em sua residência. Para exemplificar um sistema, a TABELA 19 está preenchida com duas supostas escolhas.

TABELA 19 – CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

CONCEPÇÃO DO SISTEMA			
	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
Opção 1	Tanque Séptico	Filtro Anaeróbio	Filtro de Areia
Opção 2	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação
Opção 3	UASB	Lagoa Aerada de Mistura Completa	Lagoa de Decantação

Como já foi dito anteriormente, existem as águas de escoamento superficial e as águas de infiltração. As águas do escoamento superficial são compostas pelo esgoto doméstico e águas de drenagem, enquanto a água que infiltra é uma parcela da água da chuva.

A TABELA 20 apresenta os valores de eficiência que serão adotados para o tratamento do esgoto doméstico, água infiltrada proveniente da água potável utilizada no jardim, água drenada e infiltrada cuja fonte são as águas pluviais.

TABELA 20 – EFICIÊNCIAS ADOTADAS

DEFINIÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO ADOTADAS			
$A_{PT} \rightarrow A_{EG}$	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
DBO			
P			
N			
CTT			
$A_{PT} \rightarrow A_{INF}$	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
DBO			
P			
N			
CTT			
$A_{PL} \rightarrow A_{DR}$	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
DBO			
P			
N			
CTT			
$A_{PL} \rightarrow A_{INF}$	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
DBO			
P			
N			
CTT			

- ETAPA IV – CONCEPÇÃO DAS MEDIDAS

As quatro medidas propostas para o presente trabalho, foram vinculadas aos dados iniciais, resultando em tabelas dinâmicas que trabalham com base nesses valores.

Com as estruturas compostas por: Configuração da água consumida; Características da água gerada; Tratamento requerido; Características do efluente/drenado e tabela final com volumes, concentrações e cargas, as medidas possuem propostas diferentes e serão detalhadas a seguir.

DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS

Denominada de Medida 0, representa a condição das águas residuárias não tratadas, ou seja, são destinadas diretamente ao corpo hídrico. Já a Medida 1 apresenta o tratamento desse efluente, definido através da TABELA 19 com as eficiências adotadas pela TABELA 20.

De modo a reduzir o consumo de água potável e conservá-la na edificação, a Medida 2 propõe além do tratamento do esgoto o reuso da água cinza. Para que a água possa ser reutilizada, a mesma deve passar por um tratamento e a sua qualidade deve estar dentro dos padrões exigidos pela norma da NBR 13.969 (ABNT, 1997).

A Medida 3 prevê o aproveitamento da água da chuva para irrigação de jardim, substituindo a água potável e o tratamento das águas residuárias. Já a Medida 4 complementa a medida 3 e prevê o reuso da água na edificação.

ELABORAÇÃO DAS MEDIDAS

A configuração de cada medida está dividida entre água potável e água da chuva separados entre o que é esgotado e o que é drenado. A TABELA 21 apresenta a configuração da Medida 0 e a TABELA 22, de maneira similar, apresenta a Medida 1. Os valores da parametrização estão vinculados a essas tabelas assim como os dados preenchidos na Etapa I.

TABELA 21 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 0

MEDIDA 0		Configuração da água consumida			
APT → AEG APL → ADR	Fonte	Usos	Parâmetros		Geração
			qe/AS	%	
APT → AEG	ASUP + ASUB	BS			AEG
		LV			
		TQ			
		PIA			
		CH			
APT → ADR	ASUP + ASUB	JD			ADR
APL → ADR	APL	C	I (mm/ano)	ADR [m ²]	APL
		C	I (mm/ano)	AINF [m ²]	

TABELA 22 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 1

MEDIDA 1	Configuração da água consumida				
	Fonte	Usos	Parâmetros		Geração
			qe/AS	%	
APT → AEG	ASUP + ASUB	BS			AEG
		LV			
		TQ			
		PIA			
		CH			
APT → ADR	ASUP + ASUB	JD			ADR
APL → ADR	APL	C	I (mm/ano)	ADR [m ²]	APL
		C	I (mm/ano)	AINF [m ²]	

As TABELAS 23, 24 e 25 apresentam as configurações das Medidas 2, 3 e 4. Essas são diferenciadas pois preveem o reuso e o aproveitamento de água da chuva, especificada em cada medida.

TABELA 23 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 2

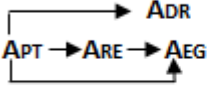
MEDIDA 2	Características da água consumida				
	Fonte	Usos	Parâmetros		Geração
			qe/AS	%	
APT → AEG	ASUP + ASUB	LV			AEG
		TQ			
		PIA			
		CH			
APT → ARE → AEG	ARE	BS (reuso)			
APT → ADR	ASUP + ASUB	JD			ADR
APL → ADR	APL	C	I (mm/ano)	ADR [m ²]	ADR
		C	I (mm/ano)	ADR [m ²]	

TABELA 24 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 3

MEDIDA 3	Configuração da água consumida				
APT → AEG ACH → AACH ↓ ADR	Fonte	Usos	Parâmetros		Geração
			qe/AS	%	
APT → AEG	ASUP + ASUB	BS			AEG
		LV			
		TQ			
		PIA			
		CH			
APT → ADR	ASUP + ASUB	JD			ADR
APL → AACH ↓ AINF	APL	JD			AINF
APL → ADR	APL	C	I (mm/ano)	ADR [m ²]	ADR

TABELA 25 – APRESENTAÇÃO DA MEDIDA 4

MEDIDA 4	Características da água consumida				
APT → ADR APT → ARE → AEG ↑	Fonte	Usos	Parâmetros		Geração
			qe/AS	%	
APT → AEG	ASUP + ASUB	LV			AEG
		TQ			
		PIA			
		CH			
APT → ARE → AEG	ARE	BS (reuso)			
APT → ADR	ASUP + ASUB	JD			ADR
APL → AACH → AINF	APL	JD			AINF
APL → ADR	APL	C	I (mm/ano)	ADR [m ²]	ADR

Determinadas as configurações de consumo de cada medida, podemos caracterizar a água gerada. Como pode ser visto nas TABELAS 21 A 25, as águas potável e da chuva podem se dividir em esgoto, água drenada e infiltrada.

O esgoto bruto e a água drenada possuem como destino final, o escoamento superficial.

A TABELA 26 de caracterização da água gerada, APÊNDICE II, possui a mesma estrutura para as 4 medidas. A vazão q_c representa o somatório das vazões da bacia sanitária, lavatório, chuveiro, pia da cozinha, tanque e máquina de lavar roupa. As vazões das águas pluviais para a área drenada e infiltrada, foram estimadas através das seguintes fórmulas respectivamente:

$$q_{DR} = \frac{C.I.A_{DR}}{365} \qquad q_{INF} = \frac{C.I.A_{INF}}{365}$$

Para realizarmos os cálculos de concentração e carga de mistura para cada poluente das Medidas 0 e 1, utilizaremos os dados adotados na TABELA 13 da Etapa II. O cálculo da concentração de DBO de mistura para a Medida 0, referente a q_c , foram realizados da seguinte forma:

$$DBO_M = (((K5 \cdot D28) + ('Caracterização \text{ dos efluentes'!C40} * 'Caracterização \text{ dos efluentes'!C39})) / 'Caracterização \text{ dos efluentes'!D39}) + ('Caracterização \text{ dos efluentes'!D40} * 'Caracterização \text{ dos efluentes'!D39}) + ('Caracterização \text{ dos efluentes'!E40} * 'Caracterização \text{ dos efluentes'!E39}) + ('Caracterização \text{ dos efluentes'!F40} * 'Caracterização \text{ dos efluentes'!F39}) + ('Caracterização \text{ dos efluentes'!G40} * 'Medida 0'!D27)) / 'Medida 0'!J24:J27$$

Isso equivale a:

$$Concentração_{DBO_M} = \frac{\sum Concentração_{DBO_{AS}} \cdot q_{AS}}{\sum q_c} \quad \left[\frac{mg}{L} \right]$$

De maneira similar, foram calculadas as concentrações de mistura para o F_T , N_T e CTT. Já para as cargas de mistura, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Carga_{DBO} = Concentração_{DBO} \cdot q_c \quad \left[\frac{mg}{dia} \right]$$

Os cálculos para as concentrações e cargas de mistura estão aplicados na TABELA 26 de maneira dinâmica e foram repetidos para o jardim e água da chuva.

Para caracterizar a água gerada das Medidas 2 e 4 foram criadas as TABELAS 27, 28 e 29, que apresentam as possíveis fontes de água cinza sendo elas, por aparelho sanitário individual (TABELA 27) ou uma combinação deles (TABELA 28 e 29). As tabelas também possibilitam determinar quanto de água será reaproveitado e os novos valores resultaram em uma nova parametrização.

As TABELAS 27 e 28 apresentam as fontes de água cinza e suas características. Para poder ser utilizada, a água deve passar por tratamento e atender aos parâmetros estabelecidos na norma NBR 13969 (ABNT, 1997) para os tipos de reuso não potável. As eficiências do tratamento a serem adotadas estão na TABELA 30 e as características do efluente tratado estão nas TABELAS 27 e 29

TABELA 27 – APARELHOS SANITÁRIOS INDIVIDUAIS COMO FONTE DE ÁGUA CINZA

MEDIDA 2	ACGERADA					Características ACBRUTA				Características ACTRATADA			
AS INDIVIDUAL	AS	qe/AS	% usado qe/AS	qc/AS	qRE/AS	DBO [mg/L]	P [mg/L]	N [mg/L]	CTT [mg/L]	DBO [mg/L]	P [mg/L]	N [mg/L]	CTT [mg/L]
	LV												
	TQ/MLR												
	CH												

TABELA 28 – COMBINAÇÃO DE APARELHOS SANITÁRIOS COMO FONTE DE ÁGUA CINZA

COMBINAÇÃO DE AS	ACGERADA					Características ACBRUTA			
	AC para Reuso	$\Sigma qe/AS$	% usado qe/AS	qc/AS	qRE/AS	DBO [mg/L]	P [mg/L]	N [mg/L]	CTT [mg/L]
	LV +	LV							
	TQ/MLR	TQ/MLR							
	LV + CH	LV							
		CH							
	TQ/MLR	TQ/MLR							
	+ CH	CH							
	LV +	LV							
	TQ/MLR	TQ/MLR							
	+ CH	CH							

TABELA 29 – COMPLEMENTA A TABELA 27 PARA REUSO DE ÁGUA

COMBINAÇÃO DE AS	Características da ACGERADA					Características ACTRATADA			
	AC para Reuso	DBOm	Pm	Nm	CTTm	DBO	P	N	CTT
	LV + TQ/MLR								
	LV + CH								
	TQ/MLR + CH								
	LV + TQ/MLR + CH								

TABELA 30– EFICIÊNCIAS ADOTAS PARA TRATAR A ÁGUA DE REUSO

Eficiência do Tratamento	
DBO	
P	
N	
CTT	

Os valores de q_c para as Medidas 2 e 4 terão o valor que foi reutilizado subtraído do valor total. A água de reuso, apesar de tratada, apresenta concentrações de poluentes. Essa concentração será levada em conta, para calcular as concentrações de mistura e as cargas do efluente gerado (TABELA 26).

A Medida 3 considera o aproveitamento de parte do volume de água da chuva que iria para a rede de drenagem, para regar o jardim. Reduzindo assim, o uso de água potável.

A tabela de tratamento requerido (TABELA 31, APÊNDICE II) está presente nas quatro medidas. Nesta tabela serão aplicadas as eficiências adotadas para cada parâmetro em cada tratamento (TABELA 20).

A TABELA 32 (APÊNDICE II) apresenta as características do efluente tratado (concentrações e cargas) por pessoa. Esses valores estão separados entre água potável e água da chuva. Cada uma delas pode ser escoada superficialmente (drenagem + águas residuárias) ou infiltrada.

Inicialmente foram utilizados os valores das concentrações para calcularmos as cargas de poluentes por habitante dia expandindo em seguida para habitante ano (TABELA 33) e posteriormente, por edificação e para toda a área de estudo

TABELA 33 – RESULTADOS POR HABITANTE

Σ Volume [L]		Concentrações [mg/L]		Carga [kg/dia]	Carga [kg/ano]
ΣV_{ES}		DBO			
		P			
		N			
		CTT			
ΣV_{IN}		DBO			
		P			
		N			
		CTT			

TABELA 34 – RESULTADO POR EDIFICAÇÃO E PARA TODA ÁREA DE ESTUDO

Volume Total Anual [m³]		Carga por edificação [kg/ano]		Carga total [kg/ano]
$\sum V_{ES}$		DBO		
		P		
		N		
		CTT		
$\sum V_{IN}$		DBO		
		P		
		N		
		CTT		

O volume total anual calculado na TABELA 34, refere-se ao consumo de todas as edificações, assim como a carga total.

- RESULTADOS

Os resultados obtidos para cada medida estão compilados na TABELA 35. As vazões apresentadas referem-se as contribuições de águas residuárias, água de jardim e água da chuva que escoam superficialmente. Para os parâmetros, serão utilizados os valores em kg por dia.

TABELA 35 – RESULTADOS POR MEDIDA

RESULTADOS					
PARÂMETROS	MEDIDA 0	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	MEDIDA 4
Vazão [L/dia]					
DBO [kg/dia]					
P [kg/dia]					
N [kg/dia]					
CTT [kg/dia]					

4.2 ESTUDO DE CASO

Para possibilitar o uso da ferramenta desenvolvida e gerar resultados, foi escolhida uma área de estudo hipotética.

4.2.1 ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo do presente trabalho é a área urbana do município hipotético do Vale Verde, que possui precipitação média anual de 1483,4 mm e está situado a 125 metros acima do nível do mar. A economia do município é composta por atividades primárias e secundárias relacionadas ao agronegócio.

A FIGURA 19 (APÊNDICE II) representa o município de estudo que abriga atualmente 1.500 habitantes na área urbana. O mesmo tem o abastecimento de água realizado por poços artesianos que atendem a pequenas redes de distribuição. Já o tratamento de esgoto é realizado por sistemas domiciliares, compostos por tanques sépticos seguidos por sumidouros. Apesar de possuir tratamento de esgoto, o mesmo não é eficiente e consideráveis volumes acabam indo para a rede de drenagem, consequentemente chegam ao rio.

Para aplicar o questionário, foi escolhida uma edificação real que representaria o padrão de consumo da área de estudo no centro da cidade. A edificação é uma pensão universitária, moradia de 21 pessoas com rotinas diferentes. A pensão é dividida em dois blocos, que serão chamados de Bloco I e Bloco II.

O Bloco I conta com treze quartos, sendo duas suítes no térreo como pode ser visto na FIGURA 20, APÊNDICE III, seis suítes, cinco quartos e um banheiro compartilhado no primeiro andar representado na FIGURA 21, APÊNDICE III. Existem também cozinha, lavanderia e solário de área comum no segundo andar, FIGURA 22, APÊNDICE III.

Já o Bloco II é composto por dois quartos, cozinha, um lavabo, sala de tv, lavanderia e área externa no térreo como pode ser visto na FIGURA 23, APÊNDICE III, além de seis quartos e dois banheiros no primeiro andar, FIGURA 24, APÊNDICE III. Diferente das demais casas, pensionatos e repúblicas, o pensionato em estudo não possui fogão nas cozinhas.

Com o objetivo de facilitar o entendimento e a visualização da área de estudo, foi utilizado o aplicativo VISIO para elaboração das plantas da casa, confeccionadas em escala similar.

4.2.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

O questionário foi aplicado para obter valores médios de frequências e duração do uso, para serem aplicados a ferramenta.

A fim de quantificar o consumo de água no pensionato, foi entregue a cada moradora um questionário como o apresentado na TABELA 7, contendo cinco dias, sendo três dias da semana e um final de semana. Após um mês, os mesmos foram recolhidos.

QUANTIFICAÇÃO VOLUMÉTRICA

As vazões específicas dos aparelhos sanitários variam conforme o modelo e marca. Para obter uma quantificação volumétrica mais precisa, foram adotadas as vazões específicas do chuveiro, máquina de lavar roupas e bacia sanitária conforme modelos utilizados na pensão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados em duas partes. Primeiramente serão apresentados os resultados do questionário e em seguida os resultados obtidos pela ferramenta.

Este trabalho utilizará as Medidas 0, 1 e 2 para estimar as cargas de DBO, fósforo e nitrogênio total.

5.1 DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO

As moradoras aceitaram participar da pesquisa e responder ao questionário. Para preservar as suas identidades, elas foram nomeadas como morador 1 (M.1), morador 2 (M.2) e assim sucessivamente.

Para a edificação avaliada não houve utilização da torneira de jardim pelas moradoras e por isso, ela foi desconsiderada. Como o diferencial das medidas 3 e 4, é o aproveitamento de água da chuva para substituir o uso da água potável para regar o jardim, essas medidas não serão avaliadas para este estudo.

- MÉDIA DE USO POR APARELHO SANITÁRIO

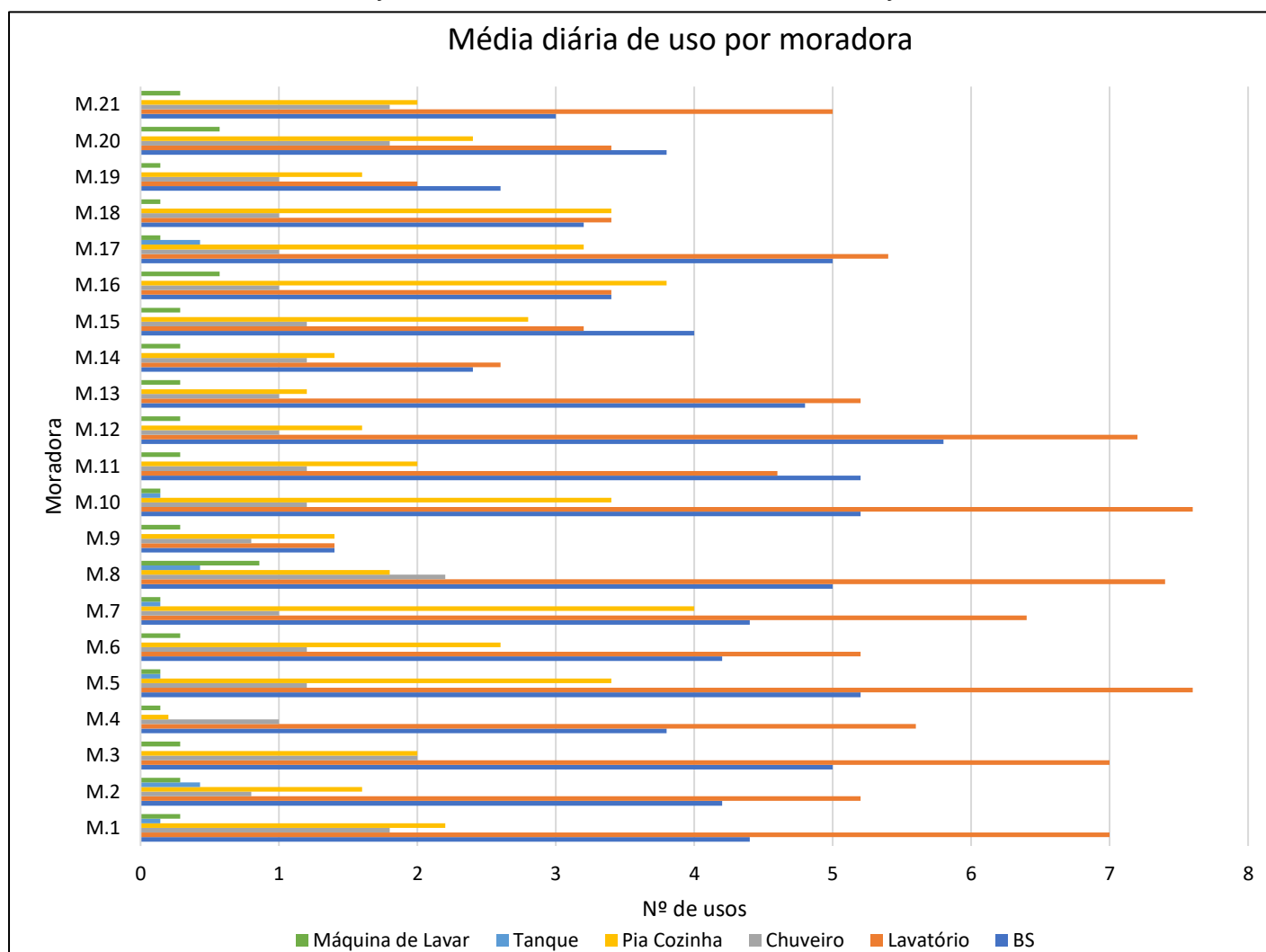
Todos os dados obtidos foram compilados em planilhas no Excel e para cada moradora, foi criado uma tabela com os valores totais, média de uso diário e duração por tipo de aparelho sanitário. A M.1 está representada pela TABELA 36.

A TABELA 37 (APÊNDICE IV) apresenta as médias de uso de todas as moradoras e os resultados obtidos estão representados, através de um gráfico, na FIGURA 25.

TABELA 36 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO PARA M.1

M.1			
Aparelho Sanitário	Número total de usos	Média de usos (/dia)	Duração total média (min)
Bacia Sanitária	22	4,4	0
Lavatório	35	7	0,149
Chuveiro	9	1,8	15,333
Pia da cozinha	11	2,2	0,534
Tanque	1	0,143	2,750
Máquina de lavar roupas	2	0,286	EB=1, M=1

FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA MÉDIA DIÁRIA DE UTILIZAÇÃO POR APARELHO SANITÁRIO

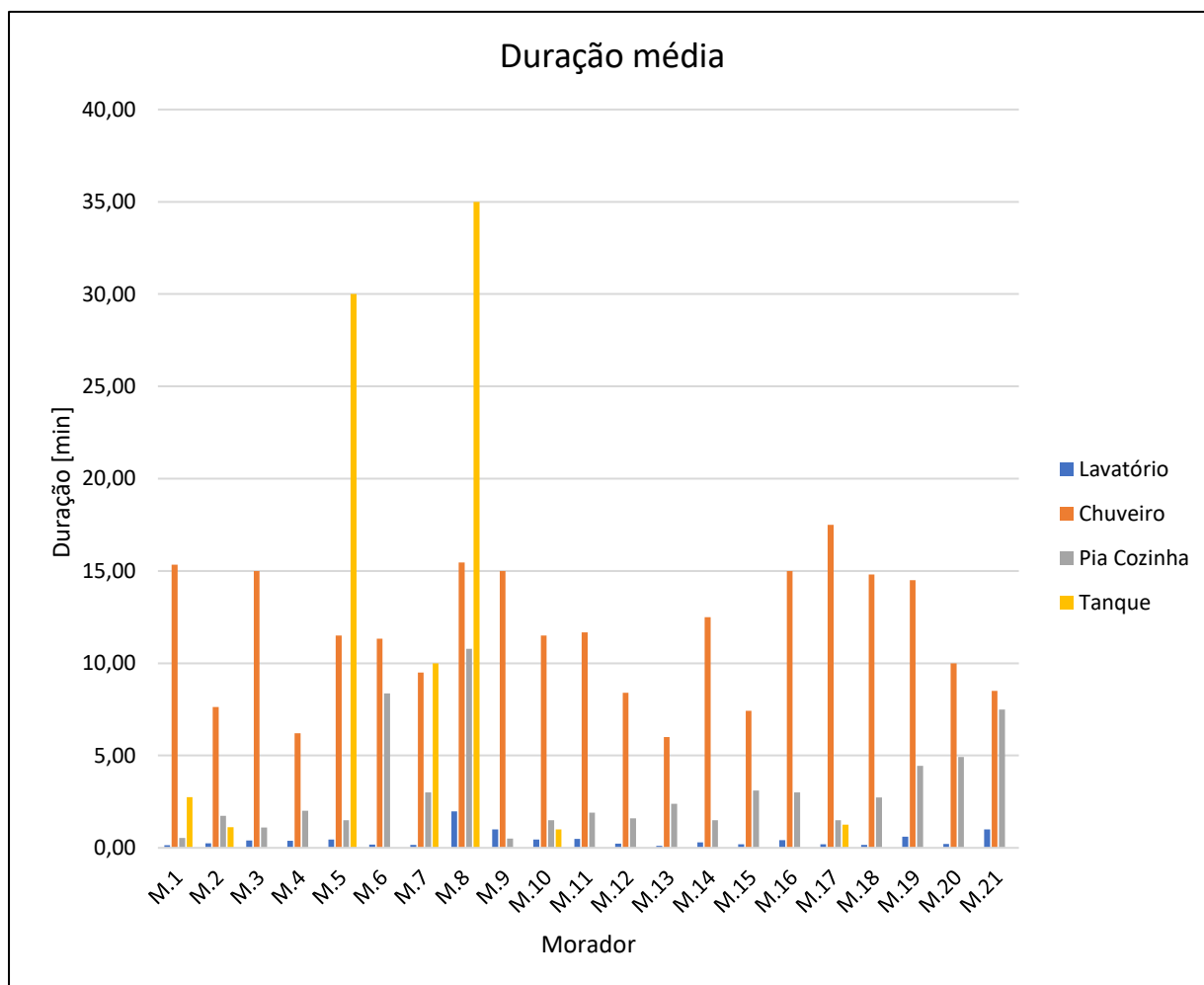


O aparelho com a maior média de uso, é o lavatório e o segundo maior é a bacia sanitária. As médias gerais por aparelho sanitário, última linha da TABELA 37, serão usados na tabela de parametrização e representam a frequência de uso.

- DURAÇÃO MÉDIA POR USO

Esses valores foram reunidos na TABELA 38 (APÊNDICE IV) e representados na FIGURA 26.

FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DURAÇÃO MÉDIA DE USO POR APARELHO SANITÁRIO



Nota-se que o tanque utilizado para lavar roupas, é o aparelho que possui o maior tempo médio de uso. Todavia não é utilizado por todas. O chuveiro possui a segunda maior média.

Apesar do lavatório possuir a maior frequência, o tempo médio por uso, representado em azul na FIGURA 26, é baixo e comparado aos outros aparelhos é o que possui menor variação entre as médias.

- DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA FERRAMENTA

Ao adotar um morador por residência e utilizar os dados obtidos através do questionário, foi possível parametrizar o consumo per capita diário. A TABELA 39 apresenta o resultado.

Através da tabela de parametrização, foi estimado que o consumo médio diário é de 111,57 L/pessoa. A fim de comparar os dados de consumo calculado pela ferramenta e o consumo real, foi utilizada uma conta de água da edificação (FIGURA 27, ANEXO).

TABELA 39 – PARAMETRIZAÇÃO COM OS VALORES OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO

PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA						
Aparelhos	Vazão específica [L/s]	Volume por uso [L/uso]	Frequência de uso [uso/dia]	Duração do uso [min]	Vazão [L/dia]	%
Bacia Sanitária (caixa)	-	6	4,09	-	24,57	22,02
Lavatório	0,02	-	5,04	0,44	3,16	2,83
Tanque	0,04	-	0,09	3,86	0,80	0,71
Máquina de Lavar Roupa	-	24,26	0,30	-	7,10	6,36
Pia da cozinha	0,02	-	2,29	3,12	8,26	7,41
Chuveiro	0,08	-	1,26	11,65	67,68	60,66
Jardim	0,20	-	0	0,10	0,00	0,00
					$\Sigma q = 111,57$	

O consumo no mês de maio foi de 76 m³, o equivalente a um consumo de 120,63 L/pessoa. Porém, se for utilizada a média de consumo dos últimos 3 meses, a média diária cai para 117,46 litros, valor muito próximo do encontrado pela ferramenta.

Adotando as concentrações da TABELA 13 e utilizando os valores obtidos na parametrização, teremos o seguinte resultado para a Medida 0 (TABELA 40):

TABELA 40 – RESULTADOS DA MEDIDA 0

Σ Volume [L]		Concentrações [mg/L]		Carga [kg/dia]	Carga [kg/ano]
ΣV_{ES}	112,31	DBO	531,31	0,06	21,78
		P	9,25	0,001	0,38
		N	34,38	0,004	1,41
ΣV_{IN}	0,012	DBO	9,3	0	0,00004
		P	0,2	0	0
		N	1,8	0	0

As concentrações encontradas para o esgoto bruto, conforme a TABELA 41 (ANEXO), caracterizam um esgoto forte. Normalmente, o esgoto doméstico possui DBO=250 mg/L, P_T =10mg/L e N_T =40mg/L.

Para as Medidas 1 e 2 adotaremos o tratamento da Opção 1, composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia (TABELA 19) e as eficiências adotadas por tratamento estão na TABELA 42 (APÊNDICE IV). Para a água potável infiltrada, que será utilizada no jardim, adotaremos as eficiências do escoamento superficial. Já para as águas pluviais não é previsto tratamento.

As TABELAS 43 e 44 apresentam os resultados obtidos para as Medidas 1 e 2 respectivamente.

TABELA 43 – RESULTADOS DA MEDIDA 1

Σ Volume [L]		Concentrações [mg/L]		Carga [kg/dia]	Carga [kg/ano]
ΣV_{ES}	112,31	DBO	26,36	0,003	1,08
		P	1,63	0,0002	0,07
		N	6,66	0,0007	0,27
ΣV_{IN}	0,012	DBO	1,16	0	0
		P	0,02	0	0
		N	0,12	0	0

TABELA 44 – RESULTADOS DA MEDIDA 2

Σ Volume [L]		Concentrações [mg/L]		Carga [kg/dia]	Carga [kg/ano]
ΣV_{ES}	87,74	DBO	9,28	0,0008	0,3
		P	0,45	0,00004	0,01
		N	1	0,00009	0,03
ΣV_{IN}	0,012	DBO	1,16	0	0
		P	0,02	0	0
		N	0,12	0	0

O volume total escoado superficialmente é o mesmo para as Medidas 0 e 1. Isso ocorre pois, são medidas que não objetivam a conservação da água na edificação, diferentemente da Medida 2. Nesta configuração, o reuso ocorreu na bacia sanitária e a única fonte foi o chuveiro (TABELA 45).

TABELA 45 – REUSO NA MEDIDA 2

MEDIDA 2	ACGERADA					Características ACBRUTA			Características ACTRATADA		
	AS	<u>qe/AS</u>	% usado <u>qe/AS</u>	<u>qc/AS</u>	<u>qre/AS</u>	DBO [mg/L]	P [mg/L]	N [mg/L]	DBO [mg/L]	P [mg/L]	N [mg/L]
AS INDIVIDUAL	LV	3,1594	-	3,1594	-	265	0,6	5,6	39,75	0,24	2,8
	TQ/MLR	7,8935	-	7,8935	-	184	14,4	3,6	27,6	5,76	1,8
	CH	67,6852	36,3025	43,1138	24,5714	165	0,2	3,4	24,75	0,08	1,7

Como já foi dito anteriormente, para a água cinza ser utilizada como água de reuso, é necessário que haja tratamento. Apenas o volume que será utilizado na bacia sanitária, será tratado. As eficiências de remoção adotadas foram: DBO=85%, P=60% e N=50%.

Os limites para reuso em bacias sanitárias estão dispostos na TABELA 46 (ANEXO I). Em vista disso, a eficiência adota para a remoção de DBO não foi suficiente. Para atender aos limites, a eficiência deve ser de no mínimo 94%. Assim, as eficiências adotadas foram: DBO=94%, P=60% e N=50%.

A TABELA 47 apresenta a parametrização do consumo de água para cada medida. A Medida 2 é a única entre as avaliadas, que conta com reuso de água. Como a água de reuso é proveniente do chuveiro e é utilizada na bacia sanitária, sendo os dois aparelhos do mesmo setor da residência, houve uma diminuição do consumo de água potável e consequentemente a uma redução da porcentagem que representa o banheiro.

A TABELA 48 localizada no ANEXO apresenta valores da literatura para a parametrização.

As medidas foram aplicadas para quantificar as cargas que chegariam ao rio do município Vale Verde. Os valores apresentados na TABELA 49 foram calculados para um habitante. Para os 1500 habitantes do município e para a mesma vazão diária, se não houvesse tratamento de efluente (Medida 0), o rio receberia uma carga de DBO=89,51 kg/dia, P=1,56 kg/dia e N=5,79kg/dia. Ao empregar o tratamento (Medida 1), as cargas caem para DBO=4,44 kg/dia, P=0,27 kg/dia e N=1,12 kg/dia.

TABELA 47 – PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA CADA MEDIDA

Sector da residência	Medida 0	Medida 1	Medida 2
Banheiro	85,51%	85,51%	81,43%
Bacia Sanitária	22,02%	22,02%	28,24%
Lavatório	2,83%	2,83%	3,63%
Chuveiro	60,66%	60,66%	49,55%
Cozinha	7,41%	7,41%	18,57%
Pia	7,41%	7,41%	9,50%
Área de Serviço	7,07%	7,07%	9,07%
Tanque	0,71%	0,71%	0,92%
Máq. De lavar roupa	6,36%	6,36%	8,16%

TABELA 49 – RESULTADOS FINAIS POR HABITANTE

RESULTADOS			
PARÂMETROS	MEDIDA 0	MEDIDA 1	MEDIDA 2
Vazão[L/dia]	112,31	112,31	87,74
DBO [kg/dia]	0,06	0,003	0,0008
P [kg/dia]	0,001	0,0002	0,00004
N [kg/dia]	0,004	0,0007	0,00009

Os resultados das medidas 1 e 2 são satisfatórios. Ao empregarmos a Medida 1, 85,07 kg de oxigênio não seriam necessários para decompor a matéria orgânica, além de que o corpo hídrico deixaria de receber 1,29 kg de fósforo por dia e 4,67 kg de nitrogênio.

A TABELA 50 (ANEXO) apresenta outros possíveis destinos finais. O efluente da medida 2 poderia ser disposto, por exemplo, na galeria de águas pluviais caracterizando um sistema combinado.

6 CONCLUSÕES

A TABELA 51 apresenta os resultados por medida para o município do Vale Verde. Ao compararmos a Medida 0 e a Medida 1, cerca de 85,07 kg de oxigênio não seriam consumidos para decompor a matéria orgânica, 1,29 kg de fósforo e 4,64 kg de nitrogênio deixariam de ir para o corpo hídrico por dia.

A mesma comparação foi realizada para a Medida 2. Deve-se lembrar que esta medida possui reuso de água na bacia sanitária e por causa desta medida de conservação da água, 36,85 m³ de água seriam economizados no município por dia. Este volume de água seria suficiente para abastecer outras 328 pessoas com o mesmo perfil de consumo apresentado neste trabalho.

Ao empregarmos a Medida 2, 88,29 kg de DBO, 1,5 kg de P e 5,63 kg de N deixariam de ser lançados no corpo hídrico. Nota-se que a medida 2 apresentou os melhores resultados, pois através do reuso, economizou um volume considerável de água e obteve as menores cargas de poluentes.

TABELA 51 – RESULTADOS FINAIS PARA O MUNICÍPIO DO VALE VERDE

RESULTADOS			
PARÂMETROS	MEDIDA 0	MEDIDA 1	MEDIDA 2
Vazão[m ³ /dia]	168,46	168,46	131,61
DBO [kg/dia]	89,51	4,44	1,21
P [kg/dia]	1,56	0,27	0,06
N [kg/dia]	5,76	1,12	0,13

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5626 – Instalações prediais de água fria**; 1998.

ABNT. **NBR 7198 – Instalações prediais de água quente**; 1982.

ABNT. **NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário**; 1999.

ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais**; 1999.

ABNT. **NBR 13969 – Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**; 1997.

ABNT. **NBR 15527 – Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**; 2007.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. **Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems An Introduction to Management Tools and Information for Implementing EPA's Management Guidelines**; 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**; Informe 2016, pp 33. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos o Brasil 2017**. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.caf2236b.pdf>

ARNOLD, Beatriz. **Avaliação da potencialidade de medidas de saneamento ecológico (ECOSAN) em áreas urbanas**; 2018.

BARRETO, Douglas; MEDEIROS, Orlanda. **Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários**; 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5358>>

BARRETO, Douglas. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**; 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5358/3280>>

BAZZARELA, Bianca. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**; 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>

BREMBATTI, Katia. **Alguns bairros de Curitiba gastam três vezes mais água que outros**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e>>

cidadania/alguns-bairros-de-curitiba-gastam-tres-vezes-mais-agua-que-outros-eh0o54jg7f7ivu35nlp19yvym>

CELITE. **Qual bacia sanitária economiza mais água**; 2016. Disponível em: <<https://www.celite.com.br/blog/qual-bacia-sanitaria-economiza-mais-agua/>>

Engenharia onde jah civil. **O ciclo da água**. Disponível em: <<http://engenhariaondejahcivil.blogspot.com/2011/03/o-ciclo-da-agua.html>>

ETCHEPARE, Ramiro. **Integração de processos no tratamento de efluentes de lavagem de veículos para reciclagem de água**; 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/60673/000863145.pdf?sequence=1>>

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DE HIDRÁULICA. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana na cidade de São Paulo**; 1999. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf>

FUNDAÇÃO ABRIANQ. **Acesso à água potável e esgotamento sanitário é crítico no Brasil**; 2015. Disponível em: <<https://www.fadc.org.br/index.php/noticias/181:acesso-a-agua-potavel-e-egotamento-sanitario-ainda-critico-no-brasil>>

GOMES, Edgar M.; **Síndrome do bebê azul “Síndrome também é conhecida como tetralogia de Fallot”**; 2013. Disponível em: <<http://cms-edgarmagalhaesgomes.blogspot.com/2013/01/sindrome-do-bebe-azul-sindrome-tambem-e.html>>

GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA. **Saneamento e meio ambiente**; 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%201.pdf>>

IBGE. **População atual**; 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>

IBGE. **Estatísticas do Século XX**; 2006. Disponível em: <<https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/seculoxx.pdf>>

INMETRO. **Eficiência energética – lavadoras de roupa automática com abertura superior (top load)**; 2011. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/lavadorasTopLoad.pdf>>

INMETRO. **Tabela de consumo de energia elétrica – chuveiros elétricos**; 2016. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>>

JULIANO, Marcos. **Ciclos Biogeoquímicos**; 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABCnoAE/ciclos-biogeoquimicos>>

LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos.**

LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. **Diretrizes nacionais para o saneamento básico.**

LEI Nº 13.308, DE 6 DE JULHO DE 2016. **Diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial.**

MEDEIROS, Camila M. **Os ciclos biogeoquímicos**; 2016. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/12844382-Os-ciclos-biogeoquimicos-estagio-docencia-camila-macedo-medeiros.html>>

MONTERO, Tatiana V.; ALVES, Michael C.; Guedes, Valdir L. **Ciclo hidrológico em áreas urbanas**; 2016. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=2330>>

NORO, Etan A. **Sistema combinado de esgotamento sanitário: Alternativa viabilizadora de sistemas de esgotos**; 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63204/000861997.pdf?sequence=1>>

NOVUS. **Data Loggers.** Disponível em: <<https://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=803220&SubsecaoID=0&Idioma=55>>. Acessado em julho de 2018.

OLIVEIRA, Lucia. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**; 1993. Disponível em: <http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_%C3%81gua-BT_Oliveira.pdf>

OLIVEIRA, Luiz E. M.; **Temas em fisiologia vegetal – O Ciclo do Nitrogênio**; 2015. Disponível em: <<http://www.ledson.ufla.br/assimilacao-e-transporte-de-nitrogenio-2/assimilacao-e-transporte-de-nitrogenio-em-plantas/>>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Clean water and sanitation: Why it matters.** 2016. Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/6_Why-it-Matters_Sanitation_2p.pdf>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Direito humano à Água e Saneamento.** Disponível em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>

PAZ, Ademir. **Ciclos Biogeoquímicos**; 2011. Disponível em: <<http://ciclosbiogeoquimico.blogspot.com/2011/11/ciclo-do-fosforo-o-fosforo-e-um.html>>

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano, 2006**. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/idh/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-20006.html>>

RELATÓRIO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS 2017. **Águas residuais: o recurso inexplorado**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>>

ROSA, Rogério; MESSIAS, Rossine; AMBROZINI, Beatriz. **Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável**; 2003. Disponível em: <<http://www.iqsc.usp.br/iqsc/servidores/docentes/pessoal/mrezende/arquivos/EDUC-AMB-Ciclos-Biogeoquimicos.pdf>>

SABESP. Norma técnica NTS 061 – **Estudo de concepção de sistema de abastecimento de água**; 2002.

SANTOS, Daniel. **Caderno de saneamento ambiental**; 2018. Disponível em: <<http://blueelephant.net.br/resources/Caderno%20de%20Saneamento%20Ambienta%202018%20Mar%C3%A7o.pdf>>

SANTOS, Daniel. **Saneamento para gestão integrada das águas urbanas**. 1ª ed. Elsevier, 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2016**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>

UNITED NATION. **Water**. Disponível em: <<http://www.un.org/en/sections/issues-depth/water/index.html>>

VASCONCELOS, Pedro. **As metamorfoses do conceito de cidade**; 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14nspe/1984-2201-mercator-14-04-spe-0017.pdf>>

VERISK MAPLECROFT. **Risk calculators and dashboards; Key emerging economies and oil nations export water issues to ensure food security through African ‘land grab’**. Disponível em: <https://maplecroft.com/about/news/water_stress_index.html>

VIEIRA, Marcia. **Bioquímica do Fósforo**; 2010. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/fosforo_marcia.pdf>

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª ed. Belo Horizonte: editora UFMG, 2014.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte: editora UFMG, 1996.

APÊNDICE I

FIGURA 9 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA

A

B

C

D

E

F

G

H

I

DADOS GERAIS DE ENTRADA			CONDIÇÕES DA ÁREA		
Número total de pessoas atendidas	1500		Área [m²]	Drenagem	Infiltração
Número de pessoas na residência	5			280	30
Número de edificações	300		Coefficiente de escoamento superficial	1	1
Contribuição per capita de água [L/dia]	111,5749147		Precipitação [mm/ano]	1483,4	

DADOS ESPECÍFICOS DE ENTRADA - FREQUÊNCIA					
Aparelhos de uso semanal	Máquina de Lavar Roupas	Jardim	Tanque	Aparelhos de uso diário	Pia da cozinha
Nº de usos	0,29252	0	0,08844	Nº de usos	2,28571
Frequência de uso por pessoa	0,29252	0	0,08844	Frequência de uso por pessoa	2,28571

MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS		
NÍVEL	Volume [L]	Nº de usos semanais
Extra Baixo	25	0
Baixo	62	0
Médio	99	1
Alto	136	1
Volume médio*		24,26

TORNEIRA DE JARDIM				
Destino previsto	Uso	%	q	
Drenagem/ Escoamento superficial	Lavagem de carro	0	0	
Infiltração	Águas as plantas	0	0	

PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA

Caracterização dos efluentes

Tabelas de apoio

Concepção dos tratamentos

Medidas

Medida 0

FIGURA 10 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: PARAMETRIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DO ESGOTO BRUTO

PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA									
Aparelhos	Opção	Vazão específica [L/s]	Volume por uso [Litro]	Frequência de uso [uso/dia]	Duração do uso [min]	Vazão [l/dia]	%		
Bacia Sanitária (válvula)	0	0	0	4,09524	0,00000	24,57143	22,02236		
Bacia Sanitária (caixa)	1	0	6		0,00000				
Lavatório		0,0238	-	5,03810	0,43314	3,15937	2,83161		
Tanque		0,0389	-	0,08844	3,86296	0,79735	0,71463		
Máquina de Lavar Roupas*	0		24,26	0,29252	-	7,09618	6,36002		
Pia da cozinha		0,0193	-	2,28571	3,12272	8,26539	7,40793		
Chuveiro**		0,077	-	1,25714	11,85379	67,68520	60,66346		
Jardim		0,2	-	0	0,10000	0,00000	0,00000		
$\sum q =$							111,57491		
							100		

CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS

CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO BRUTO - PARÂMETROS ESPECÍFICOS									
PARÂMETROS [mg/L]	Bacia Sanitária	Lavatório	Tanque e Máquina de Lavar Roupas	Pia da cozinha	Chuveiro	Jardim	$\sum q_e$		
Vazão [l/dia]	24,57142857	3,15936603	7,89353	8,265388971	67,6852	0	111,57491		
DBO _{es}	1667,674044	265	184	633	165	69			
Fósforo (P _{es})	33,97137262	0,6	14,4	9,1	0,2	2,8			
Nitrogênio (N _{es}) NTK	141,2312716	5,6	3,6	13,7	3,4	0,304			

Caracterização dos efluentes

Tabelas de apoio

Concepção dos tratamentos

Medidas

Medida 0

FIGURA 11 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA ÁGUA CINZA E ÁGUAS PLUVIAIS

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA BRUTA				
PARÂMETROS	Chuveiro	Lavatório	Tanque e Máquina de Lavar Roupas	$\sum q_{RE}$
Vazão	67,6852	3,15936603	7,89353	78,73809712
DBO _{es}	165	265	184	
Fósforo (P _{es})	0,2	0,6	14,4	
Nitrogênio (N _{es})	3,4	5,6	3,6	

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS	
Precipitação	1483,4
DBO _{es}	9,3
Fósforo (P _{es})	0,201
Nitrogênio (N _{es})	1,8

FIGURA 12 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CONCEPÇÃO DO SISTEMA

	A	B	C	D
1	Definição de configurações/Concepção do sistema			
2		Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
3	Opção 1	Tanque Séptico	Filtro Anaeróbio	Filtro de Areia
4	Opção 2	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação
5	Opção 3			
6				
7				
8	Definição das eficiências de remoção adotadas			
9	APT → AEG	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
10	DBO	45	70	70
11	P	15	50	60
12	N	20	20	70
13	APT → AINF	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
14	DBO	-	-	90
15	P	-	-	65
16	N	-	-	45
17	APL → ADR	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
18	DBO	-	-	-
19	P	-	-	-
20	N	-	-	-
21	APL → AINF	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
22	DBO	-	-	-
23	P	-	-	-
24	N	-	-	-
	◀ ▶ ...	Concepção dos tratamentos	Medidas	Medida 0 Medid

FIGURA 13 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CONCEPÇÃO DAS MEDIDAS 1 E 2

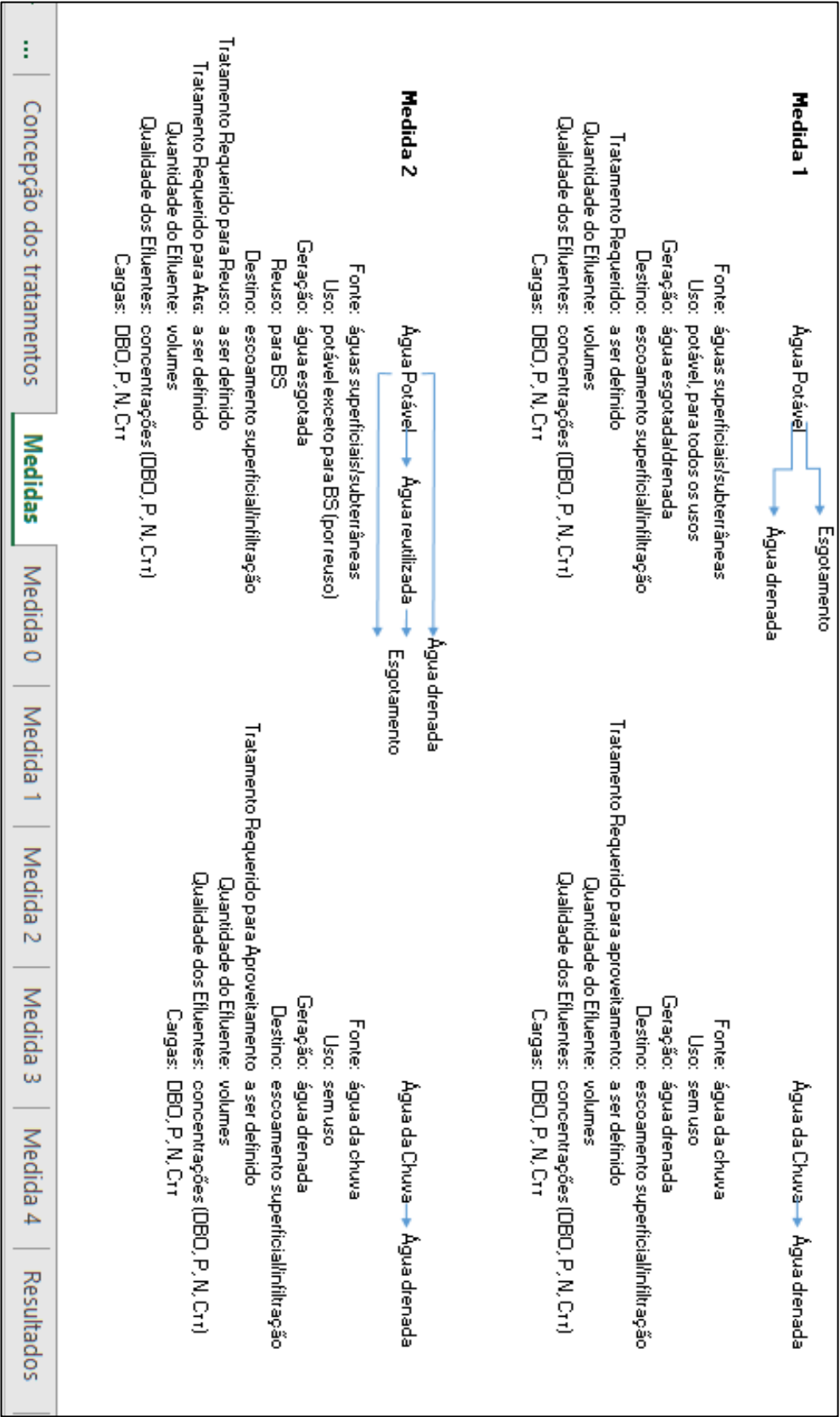


FIGURA 14 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: CONCEPÇÃO DAS MEDIDAS 3 E 4

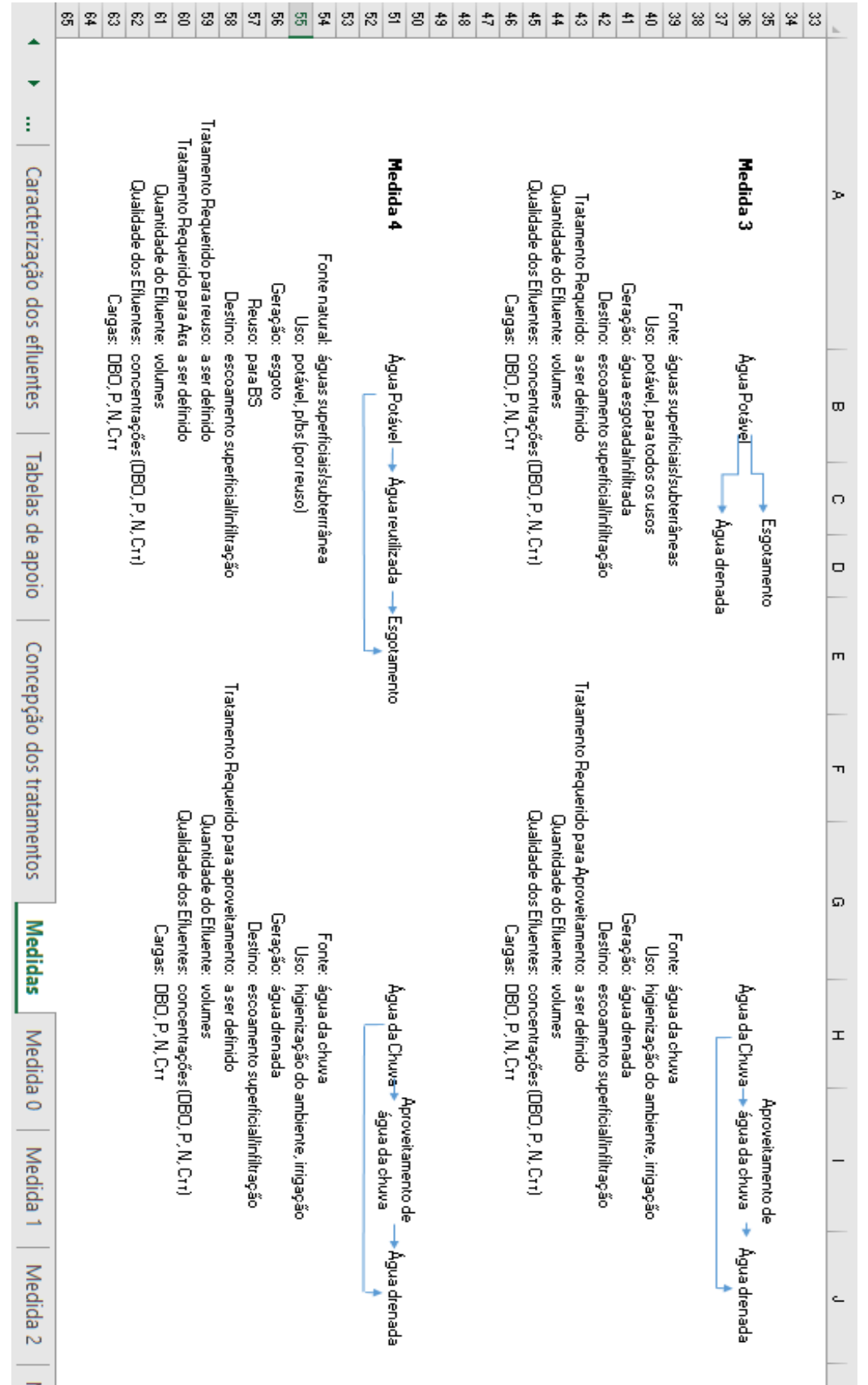


FIGURA 15 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: MEDIDA 0

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	Configuração da água consumida						Características da água gerada (qc)								Tratamento Requerido (% ER)						
2	Fonte	Usos	Parâmetros		Geração		Σq	Concentração da mistura	Carga da mistura	Destino Previsto		APT → AEG		APT → ADR	Parâmetros	Primário	Secundário	Terciário			
3			qe/AS	%																	
4		BS	24,571	22,022				DBOM	534,76917	59666,82458		Escoamento Superficial		DBO	-	-	-				
5	ASUP +	LV	3,159	2,832			qc	PM	9,31248	1039,03970		Escoamento Superficial		P	-	-	-				
6		TQ	7,894	7,075	AEG			NM	34,59316	389,72877		Escoamento Superficial		N	-	-	-				
7	ASUB	PIA	8,265	7,408				CTTM	0,00000	0,00000		Escoamento Superficial		CTT	-	-	-				
8		CH	67,685	60,663				DBOM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		DBO	-	-	-				
9	ASUP +	JD	0,000	0,000	ADR			PM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		P	-	-	-				
10								NM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		N	-	-	-				
11	ASUB							CTTM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		CTT	-	-	-				
12		C	I (mm/ano)	ADR [m³]				DBOM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		DBO	-	-	-				
13		1	1483,4	280				PM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		P	-	-	-				
14	APL	C	I (mm/ano)	AMF [m³]	APL			NM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		N	-	-	-				
15		1	1483,4	30				CTTM	#DIV/0!	#DIV/0!		Escoamento Superficial		CTT	-	-	-				
16								DBOM	9,30000	10,58294		Escoamento Superficial		DBO	-	-	-				
17								PM	0,20100	0,22873		Escoamento Superficial		P	-	-	-				
18								NM	1,80000	2,04831		Escoamento Superficial		N	-	-	-				
19								CTTM	0,00000	0,00000		Escoamento Superficial		CTT	-	-	-				
20								DBOM	9,30000	1,13389		Escoamento Superficial		DBO	-	-	-				
21								PM	0,20100	0,02451		Escoamento Superficial		P	-	-	-				
22								NM	1,80000	0,21946		Escoamento Superficial		N	-	-	-				
23								CTTM	0,00000	0,00000		Escoamento Superficial		CTT	-	-	-				
24															-	-	-				

FIGURA 17 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: RESULTADOS DA MEDIDA 1

C	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
	Σ Volume [L]		Concentrações [mg/L]		Carga [kg/dia]	Carga [kg/ano]	Carga por edificação [kg/ano]	Carga total [kg/ano]
ΣV_{ES}	112,71287	DBO	26,29771	0,00296	1,08189	5,40947	1622,83969	
		P	1,66103	0,00019	0,06834	0,34168	102,50278	
		N	6,66872	0,00075	0,27435	1,37176	411,52885	
		CTT	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	
ΣV_{IN}	0,12192	DBO	9,30000	0,00000	0,00041	0,00207	0,62080	
		P	0,20100	0,00000	0,00001	0,00004	0,01342	
		N	1,80000	0,00000	0,00008	0,00040	0,12016	
		CTT	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Volume Total Anual [m³]		Carga total [kg/ano]						
ΣV_{ES}	61710,29378	DBO	1622,83969					
		P	102,50278					
		N	411,52885					
		CTT	#REF!					
ΣV_{IN}	0,044502	DBO	0,62080					
		P	0,01342					
		N	0,12016					
		CTT	0,00000					

FIGURA 18 – APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA: RESULTADOS DA MEDIDA 2

O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Σ Volume		Concentrações [mg/L]		Carga [kg/dia]	Carga [kg/ano]	Carga por edificação [kg/ano]	Carga total [kg/ano]	
Σ v_{ES}	88,14144	DBO	9,28139	0,00082	0,29860	1,49299	447,89629	
		P	0,45290	0,00004	0,01457	0,07285	21,85560	
		N	0,99878	0,00009	0,03213	0,16066	48,19872	
		CTT	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	
Σ v_{IN}	0,24385	DBO	4,65000	0,00000	0,00041	0,00207	0,62080	
		P	0,10050	0,00000	0,00001	0,00004	0,01342	
		N	0,90000	0,00000	0,00008	0,00040	0,12016	
		CTT	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Volume Total Anual [m³]		Carga total [kg/ano]						
Σ v_{ES}	48257,437	DBO	447,89629					
		P	21,85560					
		N	48,19872					
		CTT	#REF!					
Σ v_{IN}	0,089004	DBO	0,62080					
		P	0,01342					
		N	0,12016					
		CTT	#DIV/0!					
tabelas de apoio		Concepção dos tratamentos		Medidas	Medida 0	Medida 1	Medida 2	Medida 3

APÊNDICE II

TABELA 16 – VALORES ADOTADOS PARA CARACTERIZAR ÁGUAS PLUVIAIS

Parâmetro	Concentração [mg/L]
DBO	9,3
PT	0,201
NT	1,80

FONTE: Tucci (2001).

TABELA 26 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA GERADA

Características da água gerada (qc)						
Σq			Concentração da mistura		Carga da mistura	Destino Previsto
Água Potável	q_c		DBOM			Escoamento Superficial
			PM			
			NM			
			CTTM			
	$q_{jd_{DR}}$		DBOM			Escoamento Superficial
			PM			
			NM			
			CTTM			
	$q_{jd_{INF}}$		DBOM			Infiltração
			PM			
			NM			
			CTTM			
Água da Chuva	q_{DR}		DBOM			Escoamento Superficial
			PM			
			NM			
			CTTM			
	q_{INF}		DBOM			Infiltração
			PM			
			NM			
			CTTM			

TABELA 31 – TRATAMENTO REQUERIDO

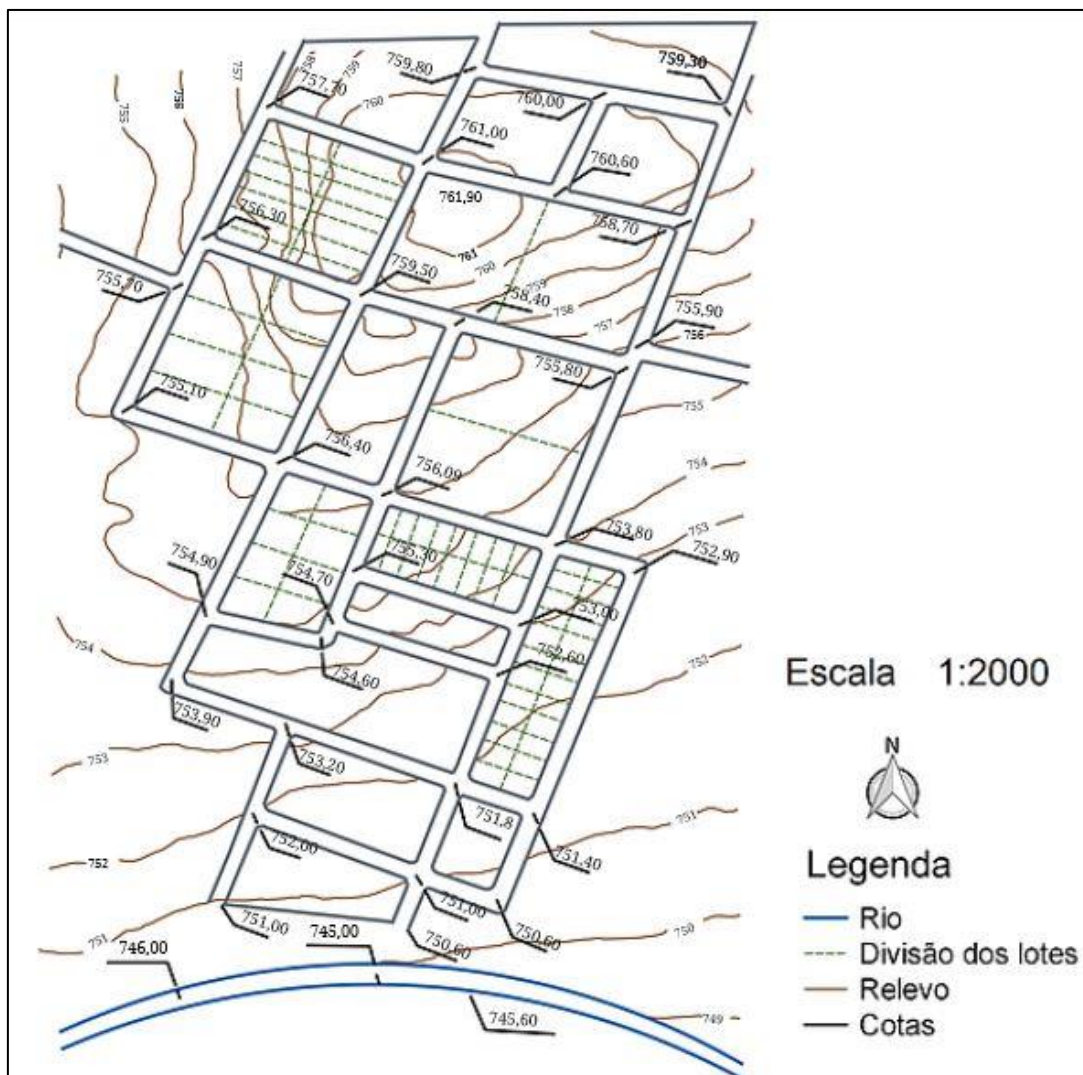
Tratamento Requerido (% ER)					
MEDIDAS		Parâmetros	Primário	Secundário	Terciário
APT → AEG	q_c	DBO			
		P			
		N			
		CTT			
APT → ADR	$q_{jd_{ES}}$	DBO			
		P			
		N			
		CTT			
	$q_{jd_{INF}}$	DBO			
		P			
		N			
		CTT			
APL → ADR	q_{DR}	DBO			
		P			
		N			
		CTT			
	q_{INF}	DBO			
		P			
		N			
		CTT			

TABELA 32 – CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES TRATADOS

Características do efluente/drenado				
Σ Volume		Concentrações [mg/L]		Cargas (por pessoa/dia) [mg/dia]
q_c		DBO		
		P		
		N		
		CTT		
$q_{jd_{DR}}$		DBO		
		P		
		N		
		CTT		
$q_{jd_{INF}}$		DBO		
		P		
		N		
		CTT		
q_{DR}		DBO		
		P		
		N		
		CTT		
q_{INF}		DBO		
		P		
		N		
		CTT		

APÊNDICE III

FIGURA 19 – MUNICÍPIO DO VALE VERDE



FONTE: Arnold (2017).

FIGURA 20 – PLANTA TÉRREA DO BLOCO I



FIGURA 21– PLANTA DO PRIMEIRO ANDAR DO BLOCO I

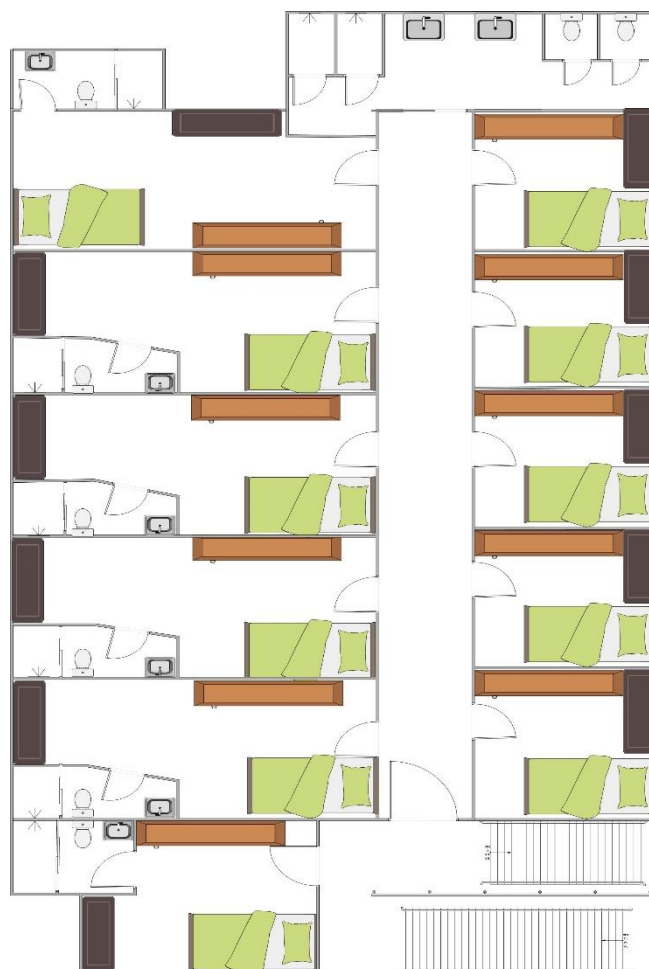


FIGURA 22 – PLANTA DO SEGUNDO ANDAR DO BLOCO I



FIGURA 23 – PLANTA DO TÉRREO DO BLOCO II



FIGURA 24 – PLANTA DO PRIMEIRO ANDAR DO BLOCO II



APÊNDICE IV

TABELA 37 – VALORES MÉDIOS DE USO OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO

Média de uso	Bacia Sanitária	Lavatório	Chuveiro	Pia da cozinha	Tanque	Máquina de Lavar Roupas
M.1	4,40	7,00	1,80	2,20	0,14	0,29
M.2	4,20	5,20	0,80	1,60	0,43	0,29
M.3	5,00	7,00	2,00	2,00	0,00	0,29
M.4	3,80	5,60	1,00	0,20	0,00	0,14
M.5	5,20	7,60	1,20	3,40	0,14	0,14
M.6	4,20	5,20	1,20	2,60	0,00	0,29
M.7	4,40	6,40	1,00	4,00	0,14	0,14
M.8	5,00	7,40	2,20	1,80	0,43	0,86
M.9	1,40	1,40	0,80	1,40	0,00	0,29
M.10	5,20	7,60	1,20	3,40	0,14	0,14
M.11	5,20	4,60	1,20	2,00	0,00	0,29
M.12	5,80	7,20	1,00	1,60	0,00	0,29
M.13	4,80	5,20	1,00	1,20	0,00	0,29
M.14	2,40	2,60	1,20	1,40	0,00	0,29
M.15	4,00	3,20	1,20	2,80	0,00	0,29
M.16	3,40	3,40	1,00	3,80	0,00	0,57
M.17	5,00	5,40	1,00	3,20	0,43	0,14
M.18	3,20	3,40	1,00	3,40	0,00	0,14
M.19	2,60	2,00	1,00	1,60	0,00	0,14
M.20	3,80	3,40	1,80	2,40	0,00	0,57
M.21	3,00	5,00	1,80	2,00	0,00	0,29
MÉDIA GERAL	4,095238	5,038095	1,257143	2,285714	0,088435	0,292517

TABELA 38--VALORES MÉDIOS DE DURAÇÃO POR USO OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO

DURAÇÃO [min]	Lavatório	Chuveiro	Pia da cozinha	Tanque
M.1	0,15	15,33	0,53	2,75
M.2	0,24	7,63	1,74	1,12
M.3	0,39	15,00	1,10	0,00
M.4	0,37	6,20	2,00	0,00
M.5	0,46	11,50	1,49	30,00
M.6	0,18	11,33	8,37	0,00
M.7	0,16	9,50	3,00	10,00
M.8	1,97	15,45	10,78	35,00
M.9	1,00	15,00	0,50	0,00
M.10	0,46	11,50	1,49	1,00
M.11	0,48	11,67	1,90	0,00
M.12	0,23	8,40	1,59	0,00
M.13	0,11	6,00	2,39	0,00
M.14	0,29	12,50	1,50	0,00
M.15	0,19	7,42	3,11	0,00
M.16	0,42	15,00	3,00	0,00
M.17	0,18	17,50	1,50	1,25
M.18	0,15	14,80	2,74	0,00
M.19	0,60	14,50	4,44	0,00
M.20	0,20	10,00	4,92	0,00
M.21	1,00	8,50	7,50	0,00
MÉDIA GERAL	0,4391424	11,6537879	3,1227182	3,8629630

TABELA 42 – EFICIÊNCIAS ADOTADAS

DEFINIÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO ADOTADAS			
$A_{PT} \rightarrow A_{EG}$	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
DBO	45	70	70
P	15	50	60
N	20	20	70
$A_{PT} \rightarrow A_{INF}$	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário
DBO	-	-	90
P	-	-	65
N	-	-	45

ANEXO

TABELA 6 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

ZONAS	C
<i>Edificação muito densa:</i>	
Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 - 0,95
<i>Edificação não muito densa:</i>	
Partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 - 0,70
<i>Edificações com poucas superfícies livres:</i>	
Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 - 0,60
<i>Edificações com muitas superfícies livres:</i>	
Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 - 0,50
<i>Subúrbios com alguma edificação:</i>	
Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção.	0,10 - 0,25
<i>Matas, parques e campos de esporte:</i>	
Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 - 0,20

FONTE: P. S. Wilken (Citado por Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1978).

TABELA 17 – NÍVEIS DE TRATAMENTO E REMOÇÃO

Nível	Remoção
Primário	Sólidos em suspensão sedimentáveis DBO em suspensão (associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis)
Secundário	DBO em suspensão (caso não haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão, presente no esgoto bruto. DBO em suspensão finamente particulada (caso haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário) DBO solúvel (associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes, tanto nos esgotos brutos, quanto no efluente do eventual tratamento primário, uma vez que sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação)
Terciário	Nutrientes; Organismos patogênicos Compostos não biodegradáveis; Sólidos em suspensão remanescentes Metais pesados Sólidos inorgânicos dissolvidos

FONTE: Von Sperling (2014).

TABELA 18 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO POR TIPO DE SISTEMA

SISTEMA	EFICIÊNCIA MÉDIA DE REMOÇÃO			
	DBO ₅ (%)	N _T (%)	P _T (%)	CTT (unid. Log)
Tratamento Primário (tanques sépticos)	30-35	<30	<35	<1
Tratamento Primário Convencional	30-35	<30	<35	<1
Tratamento Primário Avançado	45-80	<30	75-90	≈1
Lagoa Facultativa	75-85	<60	<35	1-2
Lagoa Anaeróbia - Lagoa Facultativa	75-85	<60	<35	1-2
Lagoa Aerada Facultativa	75-85	<30	<35	1-2
Lagoa Aerada de Mistura Completa - Lagoa de Sedimentação	75-85	<30	<35	1-2
Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	80-85	50-65	>50	3-5
Infiltração Lenta	90-99	>75	>85	3-5
Infiltração Rápida	85-98	>65	>50	4-5
Escoamento Superficial	80-90	<65	<35	2-3
Wetlands	80-90	<60	<35	3-4
Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	80-85	<60	<35	1-2
Tanque Séptico + Infiltração	90-98	>65	>50	4-5
Reator UASB	60-75	<60	<35	≈1
UASB + Lodos Ativados	83-93	<60	<35	1-2
UASB + Biofiltro Aerado Submerso	83-93	<60	<35	1-2
UASB + Filtro Anaeróbio	75-87	<60	<35	1-2
UASB + Filtro Biológico Percolador de Alta Carga	80-93	<60	<35	1-2
UASB + Lagoa Aerada Facultativa	75-85	<30	<35	1-2
UASB + Lagoa Aerada de Mistura Completa + Lagoa de Decantação	75-85	<30	<35	1-2
UASB + Escoamento Superficial	77-90	<65	<35	2-3
Lodos Ativados Convencional	85-93	<60	<35	1-2
Lodos Ativados - Aeração Prolongada	90-97	<60	<35	1-2
Lodos Ativados - Batelada (Aeração Prolongada)	90-97	<60	<35	1-2
Lodos Ativados Convencional com Remoção Biológica de N	85-93	>75	<35	1-2
Lodos Ativados Convencional com Remoção Biológica de N/P	85-93	>75	75-88	1-2
Lodos Ativados Convencional + Filtração Terciária	93-98	<60	50-60	3-5
Filtro Biológico Percolador de Baixa Carga	85-93	<60	<35	1-2
Filtro Biológico Percolador de Alta Carga	80-90	<60	<35	1-2

FONTE: Von Sperling (2014).

FIGURA 27 - CONSUMO DE ÁGUA DA EDIFICAÇÃO EM ESTUDO

SANEPAR
Companhia de Saneamento do Paraná

Endereço: Rua Engenheiros Rebouças nº 1370
CEP 80215-900 Curitiba - PR
CNPJ/MF 76.484.013/0001-48
Inscrição Estadual 191.80080-04
www.sanepar.com.br

2ª VIA

2ª VIA DA CONTA/FATURA DE FORNECIMENTO DE
ÁGUA, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E SERVIÇOS
CÓDIGO DE CONTROLE 0120186115936582820

NOME DO CLIENTE _____ MATRÍCULA _____

ENDEREÇO _____ NÚMERO _____ Nº LADO - Nº FRENTE _____

CEP _____ LOCAL _____

ROTEIRO DE LEITURA 001-56-31-221-84840 HIDRÔMETRO 2-13S463600-4-1 CAT - RES - COM - IND - UTP - POP 011 006 002 000 000 000

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS LANÇADOS

CM CONTA VENCID	01/01	0,56
MULTA CTA VCD	01/01	12,18

TRIBUTOS FEDERAIS - LEI 12.741 - VALOR APROXIMADO R\$ 59,16

HISTÓRICO DE CONSUMO (m³)											
06/17	07/17	08/17	09/17	10/17	11/17	12/17	01/18	02/18	03/18	04/18	
A	44	62	73	74	68	54	15	47	65	81	

DATA LEITURA	LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	CONSUMO (m³)	REFERÊNCIA
22/05/2018	2039	2115	76	05/2018

MOTIVO DA AUSÊNCIA DE LEITURA: ---

MÉDIA DE CONSUMO (m³) ÚLTIMOS 5 MESES: 52

VENCIMENTO: 07/06/2018

ÁGUA	ESGOTO	SERVIÇOS	TOTAL
359,86	305,89	12,74	678,49

EVITE CORTE NO ABASTECIMENTO E MULTA
PAGUE EM DIA SUA CONTA.

AUTENTICAÇÃO NO VERSO Onde pagar sua conta: informações no site www.sanepar.com.br COMPROVANTE CLIENTE

87820000008 2 78460100001 4 80807008818 8 87050018000 7

TABELA 41 - CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO ESGOTO BRUTO

Parâmetro [mg/L]	Esgoto Forte	Esgoto Médio	Esgoto Fraco
DBO ₅	400	200	100
N _T	85	40	20
N-orgânico	35	20	10
P _T	20	10	5
P-orgânico	7	4	2

TABELA 46 - LIMITES ESTABELECIDOS PARA REÚSO EM DESCARGA DE VASOS SANITÁRIOS

Parâmetros	Manual de "Consevação e reúso de água em edificações " Classe 1 (FIESP, 2005)	NBR 13.969/97 item 5.6.4 Classe 3
pH	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Óleos e Graxas (mg/L)	≤ 1	-
DBO (mg/L)	≤ 10	-
Coliformes Fecal (NMP/100mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	≤ 10	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1	-
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	-
SST (mg/L)	≤ 5	-
SDT (mg/L)	≤ 500	-

FONTE: Bazzarella (2005)

TABELA 48 – PARAMETRIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO

Setor da residência	Simulação Deca *	Prédio USP*	PNCDA (BRASIL, 1998)	Austrália (NSWhealth, 2000)	Dinamarca (Jensen,1991)**	EUA (EPA, 1992)
Banheiro	72%	63%	68%	70%	50%	74%
Bacia sanitária	14%	29%	5%	32%	20%	41%
Pia	12%	6%	8%	5%	10%	-
Chuveiro	47%	28%	55%	33%	20%	33%
Banheira	-	-	-	-	-	-
Cozinha	15%	22%	18%	7%	25%	5%
Pia de cozinha	15%	17%	18%	7%	5%	5%
Máq de lavar louça	-	5%	-	-	20%	-
Área de serviço	13%	15%	14%	23%	15%	21%
Máq de lavar roupa	8%	9%	11%	23%	15%	21%
Tanque	-	6%	3%	-	-	-
Tomeira de uso geral	5%	-	-	-	-	-
Limpeza	-	-	-	-	-	-
Outros	0%	0%	0%	0%	10%	0%
Outros	-	-	-	-	-	-
Lavagem de carro	-	-	-	-	10%	-
Vazamentos	-	-	-	-	-	-

FONTE: Bazzarella (2005).

TABELA 50 – PARÂMETROS PARA DISPOSIÇÃO FINAL

CRITÉRIOS PARA DISPOSIÇÃO FINAL						
	Galeria de águas pluviais	Lançamento direto	Águas superficiais conforme classes de lançamento			
	NBR 13969	Resolução N° 430	NBR 13969			
			Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
DBO [mg/L]	<60	<120	< 20	<30	<50	<60
P _T [mg/L]	-	-	-	-	-	-
Fosfato [mg/L]			<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
N _T [mg/L]	-	20	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal [mg/L]			<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Nitrato [mg/L]			<20	<20	<20	<20
CTT [NMP/100 mL]	<1000		<1000	<1000	<500	<1000