



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
Área de Concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente**

**ALBINO MOURA GUTERRES**

**CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES  
EM UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO TECNOLÓGICO**

**Passo Fundo  
2012**

ALBINO MOURA GUTERRES

CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES EM  
UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO TECNOLÓGICO

Orientadora: Profa. Dra. Vera Maria Cartana Fernandes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Passo Fundo  
2012

ALBINO MOURA GUTERRES

CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES EM  
UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO TECNOLÓGICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Data de Aprovação: Passo Fundo, 11 de dezembro de 2012.

Os componentes da Banca Examinadora abaixo aprovaram a Dissertação.

Profa. Dra. Vera Maria Cartana Fernandes  
Orientadora

Profa. Dra. Rutinéia Tassi  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Profa. Dra. Evanisa Fátima Reginato Quevedo Melo  
Universidade de Passo Fundo – UPF

Prof. Dr. Vandrê Barbosa Brião  
Universidade de Passo Fundo – UPF

Passo Fundo  
2012

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais Astrogildo e Maria de Lourdes, por todo o amor e pelos ensinamentos diários, me mostrando a diferença entre o certo e o errado.

A professora Vera Fernandes pela orientação, dedicação, incentivo e amizade dispensada durante todo o curso.

A minha namorada Naira, pela paciência, pelo carinho, pela constante troca de conhecimentos, companheirismo, apoio e incansável estímulo.

Ao Instituto Federal Sul-Rio-Grandense pelo financiamento dos meus estudos, e em especial a direção do Campus Passo Fundo por permitir a realização da pesquisa no campus.

Agradeço aos professores membros da banca examinadora deste trabalho, por todas as contribuições efetuadas.

A Deus, pelas oportunidades que colocou em meu caminho.

## RESUMO

A água doce encontrada na natureza é essencial para a vida do nosso planeta. No entanto, esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso, principalmente devido ao desperdício e a contaminação dos mananciais gerados pelo lançamento de esgoto doméstico *in natura*. Muitas edificações residenciais, públicas e empresariais visando diminuir a utilização e contaminação das águas, buscam fontes não potáveis de água e tratamentos eficientes para seus efluentes. O presente estudo foi realizado no campus Passo Fundo, do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, onde analisou-se o uso de fontes de água não potável e a geração de efluentes. Teve como objetivos avaliar a quantidade e a qualidade dessas águas, determinar os tipos de efluentes gerados e analisar a qualidade desses antes e após o tratamento. A metodologia utilizada foi um estudo de caso. O estudo foi dividido em etapas: as primeiras compreendem o levantamento de dados a campo, o diagnóstico do uso da água de fontes não potáveis e dos sistemas de tratamentos de efluentes. As etapas intermediárias correspondem à verificação do potencial de economia de água potável em relação ao uso das águas não potáveis, e uma proposta de um sistema eficiente de tratamento de efluentes. E como última etapa, foi proposta uma avaliação do impacto ambiental gerado com o uso de água não potável e com o tratamento do efluente gerado dentro do Campus Passo Fundo. Após a pesquisa identificou-se uma única fonte de água não potável, que é a captação e armazenamento de água de chuva, sendo que essa água é utilizada nos banheiros para as descargas das bacias sanitárias e mictórios e corresponde a 34% do consumo total de água no campus. Todos os prédios possuem um sistema anaeróbio de tratamento de esgoto composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro. Nesses sistemas trata-se essencialmente esgoto doméstico, já que provem de instalações de banheiros e cozinhas. Quando se fez a análise dos sistemas de tratamento de esgoto, observou-se que o efluente não atende a maiorias dos padrões permissíveis para lançamento em corpos receptores, prescritos pelas Resoluções CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA 128/2011. Por isso baseando-se em pesquisas bibliográficas e nas características do esgoto gerado, foi proposto para o campus à substituição dos sistemas de tratamento de esgoto atual por uma única estação compacta de tratamento de esgoto, composta por reator UASB seguido por Filtro Aerado Submerso e um pós-tratamento de cloração para remoção de patógenos. Em relação à análise dos impactos, a captação e uso da água da chuva se mostraram relevantes, pois além da diminuição do consumo de água potável, busca contribuir para o futuro da sustentabilidade hídrica.

**Palavras-chave:** Fontes alternativas de água; Tratamento de efluentes; Qualidade de água e efluentes.

## ABSTRACT

Fresh water found in nature is essential for the life of our planet. However, this source has become scarce, mainly due to waste, and springs contamination generated by the launching of domestic sewage in natura. Many residential, public and business buildings search alternative sources of water and effective treatment for its effluents so as to decrease the use and the contamination of waters. This study was performed at the “Instituto Federal Sul-Rio-Grandense”, campus Passo Fundo, where the use of undrinkable water sources and the generation of effluents were analyzed. The study had as its aims to evaluate the quantity and quality of those waters, to determine the types of generated effluents, and to analyze their quality before and after the treatment. It was a case study, which was divided in steps: the first one included the raising of data in the field, the diagnostic of the use of undrinkable sources of water and of the effluents treatment systems. The intermediate steps correspond to the verification of the potential economy of fresh water related to the use of undrinkable waters, and a proposal of an effective system of effluents treatment. The last step was an evaluation of the environmental impact generated from the use of undrinkable water and the treatment of effluents which were generated inside Passo Fundo campus. After the research, a single source of undrinkable water was found, which is the collection and storage of rain water. This rain water is used in the restrooms for flushing the toilets and urinals. It corresponds to 34% of the total consumption of water in the campus. All the buildings have an anaerobic sewage treatment made of a septic tank, an anaerobic filter and a sewer. In these systems, domestic sewage is treated essentially, as it comes from restrooms and kitchens. When the analysis of the systems for sewage treatment was made, it was observed that the effluent does not attend most of the admissible standards for the launching in recipient bodies, prescribed by the resolutions CONAMA n. 430/2011 and CONSEMA 128/2011. Based in bibliographical research and in the characteristics of the generated sewage, the following was proposed for the campus: the replacement of the current system of sewage treatment for a single compact station of sewage treatment, made of a UASB reactor followed by a Submerged Aerial Filter and a post-treatment with chlorination to remove pathogenic. Related to the impact analysis, the collection and use of rain water is relevant, because besides decreasing the consumption of fresh water, it contributes to the future of hydric sustainability.

**Keywords:** Alternative sources of water; effluents treatment; water and effluents quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.....	15
Figura 2 - Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.....	16
Figura 3 - Distribuição populacional no Brasil.....	17
Figura 4 - Esquema de coleta de água de chuva.....	20
Figura 5 - Dispositivo para a remoção de materiais grosseiros.....	22
Figura 6 - Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros.....	22
Figura 7 - Dispositivo de descarte da primeira chuva.....	23
Figura 8 - Dosador de cloro.....	24
Figura 9 - Fluxograma para determinar o percentual de atendimento.....	29
Figura 10 - Esquema de instalação individual de tratamento de esgoto.....	40
Figura 11- Corte esquemático de um tanque séptico.....	41
Figura 12 - Corte esquemático de um filtro anaeróbico de fluxo ascendente.....	41
Figura 13 - Processo com reator UASB.....	46
Figura 14 - Desenho esquemático de um reator UASB.....	46
Figura 15 - Processo com reator UASB e lodos ativados.....	48
Figura 16 - Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados.....	48
Figura 17 - Partes componentes do filtro biológico percolado.....	50
Figura 18 - Processo com reator UASB e biofilme percolado.....	50
Figura 19 - Processo com reator UASB e biofiltro aerado submerso.....	52
Figura 20 - Possibilidade de processos e tratamentos.....	55
Figura 21 - Rede IFSul.....	58
Figura 22 - Estrutura metodológica para o desenvolvimento da pesquisa.....	60
Figura 23 - Esquema representativo da montagem do conjunto de medição.....	63
Figura 24 - Esquema representativo da aquisição dos dados armazenados no Data Logger.....	63
Figura 25 - Medidor Flodis 1".....	64
Figura 26 - Cyble pulsado K1.....	64
Figura 27 - LogBox.....	65
Figura 28 - Interface de comunicação ótica.....	65
Figura 29 - Software LogChart-II.....	66
Figura 30 - Chave de Fluxo.....	67
Figura 31 - Chave de contato.....	67
Figura 32 - Central de armazenamento de dados (CAD).....	67
Figura 33 - Módulos transmissores de eventos (MTE's).....	68
Figura 34 - Adaptador wirelles.....	68
Figura 35 - Tela para leitura dados no SISMO.....	69
Figura 36 - Distribuição dos prédios.....	75
Figura 37 - Gráfico da porcentagem de funcionários por sexo.....	76
Figura 38 - Gráfico da porcentagem de alunos por sexo.....	77
Figura 39 - Consumo de água potável para o período 08/2011 a 07/2012.....	79
Figura 40 - Prédio dos laboratórios de informática.....	80
Figura 41 - Prédio do setor administrativo.....	80
Figura 42 - Área de coleta do prédio do setor administrativo.....	81
Figura 43 - Reservatório de armazenamento do prédio do setor administrativo.....	81
Figura 44 - Reservatório superior do prédio do setor administrativo.....	81
Figura 45 - Área de coleta do prédio dos laboratórios de informática.....	82
Figura 46 - Reservatório de armazenamento do prédio dos laboratórios de informática.....	82
Figura 47 - Reservatórios superiores do prédio dos laboratórios de informática.....	82
Figura 48 - Fotos do Filtro anaeróbico do sistema de tratamento de esgoto do prédio dos laboratórios de informática.....	84
Figura 49 - Equipamentos instalados no prédio do setor administrativo.....	85
Figura 50 - Equipamentos instalados no prédio dos laboratórios de informática.....	85

Figura 51 - Volume de água consumido por dia no prédio do setor administrativo correspondente ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012.....	86
Figura 52 - Volume de água total consumido no prédio do setor administrativo no período correspondente a 01/05/2012 a 30/06/2012.....	86
Figura 53 - Média de consumo por dias da semana para o período de 01/05/2012 a 30/06/2012 no prédio do setor administrativo.....	87
Figura 54 - Consumo de água no dia 14/05/2012 (Segunda-Feira).....	88
Figura 55 - Consumo de água no dia 15/05/2012 (Terça-Feira).....	88
Figura 56 - Consumo de água no dia 16/05/2012 (Quarta-Feira).....	88
Figura 57 - Consumo de água no dia 17/05/2012 (Quinta-Feira).....	89
Figura 58 - Consumo de água no dia 18/05/2012 (Sexta-Feira).....	89
Figura 59 - Volume de água consumido por dia no prédio dos laboratórios de informática correspondente ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012.....	90
Figura 60 - Volume de água total consumido no prédio dos laboratórios de informática correspondente ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012.....	90
Figura 61 - Média de consumo por dias da semana para o período de 01/05/2012 a 30/06/2012 no prédio dos laboratórios de informática.....	91
Figura 62 - Consumo de água no dia 11/06/2012 (Segunda-Feira).....	92
Figura 63 - Consumo de água no dia 12/06/2012 (Terça-Feira).....	92
Figura 64 - Consumo de água no dia 13/06/2012 (Quarta-Feira).....	92
Figura 65 - Consumo de água no dia 14/06/2012 (Quinta-Feira).....	93
Figura 66 - Consumo de água no dia 15/06/2012 (Sexta-Feira).....	93
Figura 67 - Chaves de Fluxo instaladas nas bacias sanitárias dos ambientes sanitários do prédio de salas de aula.....	94
Figura 68 - Suporte de fixação da chave de contato.....	95
Figura 69 - Local de instalação das MTEs nos banheiros.....	95
Figura 70 - Banheiro masculino do prédio dos laboratórios de informática.....	96
Figura 71 - Banheiro feminino do prédio dos laboratórios de informática.....	96
Figura 72 - Número diário de acionamentos nas descargas nas bacias sanitárias e mictórios no período de 30/05/2012 a 29/06/2012.....	97
Figura 73 - Média do número de acionamentos nas descargas dos aparelhos sanitários do banheiro masculino por dias da semana no período de 30/05/2012 a 29/06/2012.....	97
Figura 74 - Média do número de acionamentos nas descargas das bacias sanitários do banheiro feminino por dias da semana no período de 30/05/2012 a 29/06/2012.....	98
Figura 75 - Distribuição do consumo de água nos aparelhos sanitários do prédio dos laboratórios de informática.....	99
Figura 76 - Percentual da população que se utiliza diariamente dos aparelhos sanitários do banheiro masculino no prédio dos laboratórios de informática.....	100
Figura 77 - Percentual da população que se utiliza diariamente dos aparelhos sanitários do banheiro feminino no prédio dos laboratórios de informática.....	100
Figura 78 - Planilha de cálculo para a realização do balanço de uso da água de chuva no Campus...	105
Figura 79 - Gráfico comparativo entre as precipitações mensais (período de agosto 2011 a julho 2012) e a média histórica dos últimos 10 anos para a cidade de Passo Fundo/RS.....	107
Figura 80 - Percentual de consumo de água potável e água de chuva no período de agosto de 2011 a julho de 2012.....	115
Figura 81 - Representação esquemática do sistema de tratamento de esgoto do prédio dos laboratórios de informática.....	116
Figura 82 - Representação esquemática do sistema de tratamento de esgoto do prédio do setor administrativo.....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Demanda interna e externa de água não potável em uma residência. ....	26
Tabela 2: Demanda interna e externa de água não potável em uma residência. ....	26
Tabela 3: Dados para cálculo da demanda de água não potável da UFES. ....	27
Tabela 4: Parâmetros adotados para cálculo da demanda por água em bacias sanitárias na UFSM. ....	27
Tabela 5: Parâmetros de qualidade de acordo com a Resolução CONAMA N° 274/00. ....	33
Tabela 6: Alguns parâmetros de qualidade da água de chuva estabelecidos pela NBR 15527/07. ....	34
Tabela 7: Alguns padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para águas de Classe I e II. ....	35
Tabela 8: Composição típica do esgoto bruto doméstico. ....	38
Tabela 9: Padrões de emissão de efluentes conforme Resolução CONSEMA N° 128/2006. ....	44
Tabela 10: Padrões de emissão para os parâmetros Fósforo e Coliformes Termotolerantes conforme Resolução CONSEMA N° 128/2006. ....	44
Tabela 11: Total de servidores do Campus Passo Fundo. ....	76
Tabela 12: Número de alunos por prédio. ....	77
Tabela 13: Equipamentos que apresentam consumo de água no Campus Passo Fundo. ....	78
Tabela 14: Cálculo do volume dos reservatórios para os prédios do setor administrativo e dos laboratórios de informática. ....	83
Tabela 15: Consumo diário de água por aparelho sanitário nos banheiros do prédio dos laboratórios de informática. ....	99
Tabela 16: Valores dos parâmetros para água coletada nas cisternas e os limites das legislações. ....	102
Tabela 17: Balanço hídrico para a água de chuva captada no prédio dos laboratórios de informática. ....	108
Tabela 18: Balanço hídrico para a água de chuva captada no prédio do setor administrativo. ....	109
Tabela 19: Balanço hídrico para a água de chuva captada no prédio da oficina de fabricação mecânica. ....	110
Tabela 20: Precipitação pluvial diária para o período de agosto de 2011 a julho de 2012. ....	113
Tabela 21: Comparação entre a demanda de água não potável no campus e a demanda atendida com água de chuva. ....	114
Tabela 22: Resultados das análises nas amostras de efluente do prédio dos laboratórios de informática. ....	117
Tabela 23: Resultados das análises nas amostras de efluente do prédio do setor administrativo. ....	118
Tabela 24: Comparação entre a qualidade do efluente final, do prédio do setor administrativo, com os padrões de lançamento. ....	119
Tabela 25: Comparação entre a qualidade do efluente final, do prédio dos laboratórios de informática, com os padrões de lançamento. ....	120
Tabela 26: População a ser atendida pelo sistema de tratamento de esgoto. ....	122
Tabela 27: Comparativo da área necessária para instalação. ....	123
Tabela 28: Comparativo de custos. ....	123
Tabela 29: Comparativo de potência. ....	123
Tabela 30: Comparativo do parâmetro de produção de lodo. ....	123
Tabela 31: Comparativo do parâmetro de eficiência. ....	124
Tabela 32: Avaliação dos impactos ambientais provocados com a captação de água de chuva. ....	125
Tabela 33: Avaliação dos impactos ambientais provocados com a disposição do efluente no solo. ...	126

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coeficiente de Runoff e características dos tipos de telhado. ....	21
Quadro 2: Tecnologias de tratamento relacionadas à eficiência. ....	56
Quadro 3: Características técnicas e econômicas das tecnologias de tratamento.....	57
Quadro 4: Matriz de interação de impactos.....	127

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Ciclo Hidrológico .....	15
2.2 Importância da água.....	16
2.3 Conservação dos recursos hídricos.....	17
2.4 Águas de chuva.....	18
2.4.1 Componentes de um sistema de aproveitamento de água da chuva.....	19
2.4.1.1 Área de captação .....	20
2.4.1.2 Calhas e condutores verticais .....	21
2.4.1.3 Grades e Filtros – Remoção de materiais grosseiros .....	21
2.4.1.4 Reservatório de Descarte - Dispositivo de descarte da primeira água .....	23
2.4.1.5 Tratamento da água da chuva.....	24
2.4.1.6 Reservatório de Armazenamento da água da chuva .....	25
2.5 Qualidade das Águas .....	30
2.5.1 Parâmetros de qualidade da água .....	30
2.5.2 Legislações específicas sobre a Qualidade da água .....	32
2.6 Esgoto doméstico.....	35
2.6.1 Sistema de tratamento de Esgoto .....	35
2.6.2 Parâmetros de qualidade para efluentes .....	36
2.6.3 Importância do tratamento de esgotos.....	38
2.6.4 Sistema individual de tratamento de esgotos .....	39
2.6.5 Eficiência do sistema.....	42
2.6.6 Padrão de lançamento de efluente de esgoto doméstico no corpo receptor .....	43
2.6.7 Outros processos aplicados para Tratamentos de Esgoto Doméstico .....	44
2.6.7.1 Processo com Reator UASB .....	45
2.6.7.2 Processo com Reator UASB e Lodos Ativados de fluxo contínuo.....	48
2.6.7.3 Processo com Reator UASB e biofilme percolado (FBP) .....	49
2.6.7.4 Processo com Reator UASB e Biofiltro Aerado Submerso (BAS) .....	52
2.6.7.4 Processos especiais para desinfecção do esgoto doméstico .....	53
2.6.8 Análise e seleção do processo de tratamento de esgotos.....	54
3 MÉTODOLOGIA DA PESQUISA .....	58
3.1 Caracterização do local da pesquisa .....	58
3.2 Descrição das etapas de pesquisa .....	59
3.2.1 Obtenção de dados a campo.....	61
3.2.2 Diagnóstico do uso da água não potável .....	62
3.2.2.1 Demanda de água não potável .....	62
3.2.2.2 Determinação da população de usuários de água não potável .....	
3.2.2.3 Perfil do consumo da água não potável .....	
3.2.2.4 Qualidade da água não potável .....	70
3.2.3 Avaliação do potencial de economia de água potável.....	71
3.2.4 Diagnóstico do processo de tratamento de efluentes existente .....	72
3.2.4.1 Análise da qualidade dos efluentes dos sistemas de tratamento .....	72
3.2.4.2 Avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto .....	72
3.2.5 Proposta de um sistema de tratamento de esgoto.....	73

3.2.6 Avaliação do impacto ambiental gerado com o uso de água não potável, bem como, o efluente gerado dentro do Campus Passo Fundo .....	73
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	75
4.1 Obtenção de dados a campo .....	75
4.2 Diagnóstico do uso da água não potável.....	84
4.2.1 Demanda de água não potável.....	84
4.2.1.1 Prédio do setor administrativo .....	85
4.2.1.2 Prédio dos laboratórios de informática .....	89
4.2.2 Determinação da frequência de uso da água não potável.....	94
4.2.3 Perfil do consumo da água não potável.....	98
4.2.4 Qualidade da água não potável .....	101
4.3 Avaliação do potencial de economia de água potável .....	104
4.4 Diagnóstico do processo de tratamento de efluentes existente.....	115
4.4.1 Análise da qualidade dos efluentes dos sistemas de tratamento .....	115
4.4.2 Avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto .....	118
4.5 Proposta de um sistema de tratamento de esgoto .....	121
4.6 Avaliação do impacto ambiental gerado com o uso de água não potável, bem como, o efluente gerado dentro do Campus Passo Fundo .....	125
5 CONCLUSÃO .....	129
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	132
REFERÊNCIAS .....	133

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados atualmente pela humanidade, em relação ao meio ambiente, é a escassez da água doce que é agravado pelo desperdício, pela poluição dos mananciais devido à atividade industrial, insumos agrícolas e despejo de efluentes dos esgotos domésticos.

O problema da diminuição das reservas de água tem gerado preocupação e incentivado ao racionamento e à busca de soluções alternativas para a escassez. O aproveitamento da água de chuva, utilização de águas residuais e a captação de água subterrânea são exemplos de fontes alternativas que visam diminuir a utilização da água doce superficial (HAGEMANN, 2009).

Segundo Oliveira (2008) os meios naturais de transformação da água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água superficial deve ser manipulada com racionalidade, preocupação e moderação, não devendo ser desperdiçada e/ou poluída. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento, para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis. Para tanto, a adoção da captação da água da chuva se mostra como uma ferramenta eficiente de gestão da água.

Segundo Campos (2004) o uso de água de chuva em atividades onde não haja necessidade de água potável, como por exemplo, para descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de carros, etc., aparece como uma solução para a redução do consumo de água potável.

Por outro lado, grande é o risco de contaminação das reservas de águas superficiais e subterrâneas devido ao esgoto doméstico. Esse esgoto geralmente tem como destinação final um corpo hídrico, esse lançamento sem tratamento adequado está provocando degradação das águas superficiais, podendo provocar alterações nos ecossistemas aquáticos causando a mortalidade de peixes, o florescimento de algas tóxicas, perda da biodiversidade, podendo com isso ocasionar impactos, sociais, econômicos e de saúde pública, bem como a redução da qualidade e quantidade dessas águas (PARESCHI, 2004).

A falta de tratamento dos esgotos sanitários é considerado um dos maiores problemas ambientais da população brasileira. Segundo o IBGE (2010), no Brasil, mais da metade da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos um sistema individual de tratamento. Esse problema é observado nas regiões rurais, nos centros e periferias das cidades.

Para evitar a contaminação dos corpos hídricos, a Resolução CONAMA 430/2011 estabelece que os efluentes das ETE's (Estação de Tratamento de Esgoto) devem, simultaneamente, atender às condições e padrões de lançamento de esgotos e não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência.

Aliado a esse contexto muitas Instituições Federais de ensino tecnológico optam por se instalarem em locais afastados dos centros urbanos, visando à expansão da sua estrutura física, acabam se deparando com a ausência de abastecimento de água potável por concessionárias bem como não sendo beneficiados por redes coletoras de esgoto.

Nos Institutos Federais a maioria dos campi apresenta abastecimento de água potável por concessionária, mas estão localizados em regiões onde não existe rede coletora de esgoto. Com objetivos de amenizar problemas sociais e ambientais possuem sistemas de tratamentos individuais de efluentes, e também por razões econômicas e ambientais, esses campi possuem sistemas de captação de água de chuva para usos em fins não potáveis.

O presente estudo foi realizado no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, e justifica-se pela importância de se utilizar fontes não potáveis de água, desde que tomados os devidos cuidados com relação a sua qualidade para assim definir sua aplicabilidade, visto que essa pesquisa além de ser relevante na questão ambiental, no que diz respeito à conservação das fontes de águas potáveis, busca uma contribuição social, no que se refere à saúde dos alunos e demais funcionários desses campi que venham a ter contato com essa água.

Com base ao que foi exposto, define-se como problema de pesquisa um estudo que envolve a qualidade e aplicabilidade da água de fontes não potáveis captadas em um Instituto Federal, bem como a eficiência e a minimização dos impactos ambientais em relação ao tratamento de efluentes de esgoto aplicado no mesmo.

Como questões centrais do estudo destacam-se:

- Em relação à qualidade apresentada pela água, a sua utilização está de acordo com o que é estabelecido pela Legislação Brasileira?

- Segundo a Legislação Brasileira o sistema atual de tratamento de efluentes está causando impactos ambientais?

O estudo tem como objetivo geral analisar e diagnosticar o uso de águas de fontes não potáveis e a geração de efluentes de um campus do Instituto Federal Sul-Riograndonense, através de uma avaliação da quantidade e da qualidade dessas águas e dos efluentes gerados, propondo os seus usos e tratamentos necessários para uma correta disposição.

Assim, os objetivos específicos são:

- a) identificar as principais fontes não potáveis de abastecimento de água do Instituto;
- b) avaliar a quantidade e a qualidade da água não potável e compará-las com a legislação brasileira;
- c) Avaliar o potencial de economia de água potável com a utilização de água não potável;
- d) caracterizar os tipos de efluentes gerados dentro do local em estudo;
- e) analisar a qualidade dos efluentes gerados antes e após o tratamento para avaliar a eficiência do tratamento atual;
- f) propor um sistema de tratamento adequado as características dos efluentes;
- g) avaliar o impacto ambiental gerado com o uso de água não potável, bem como, o efluente gerado dentro do Campus.

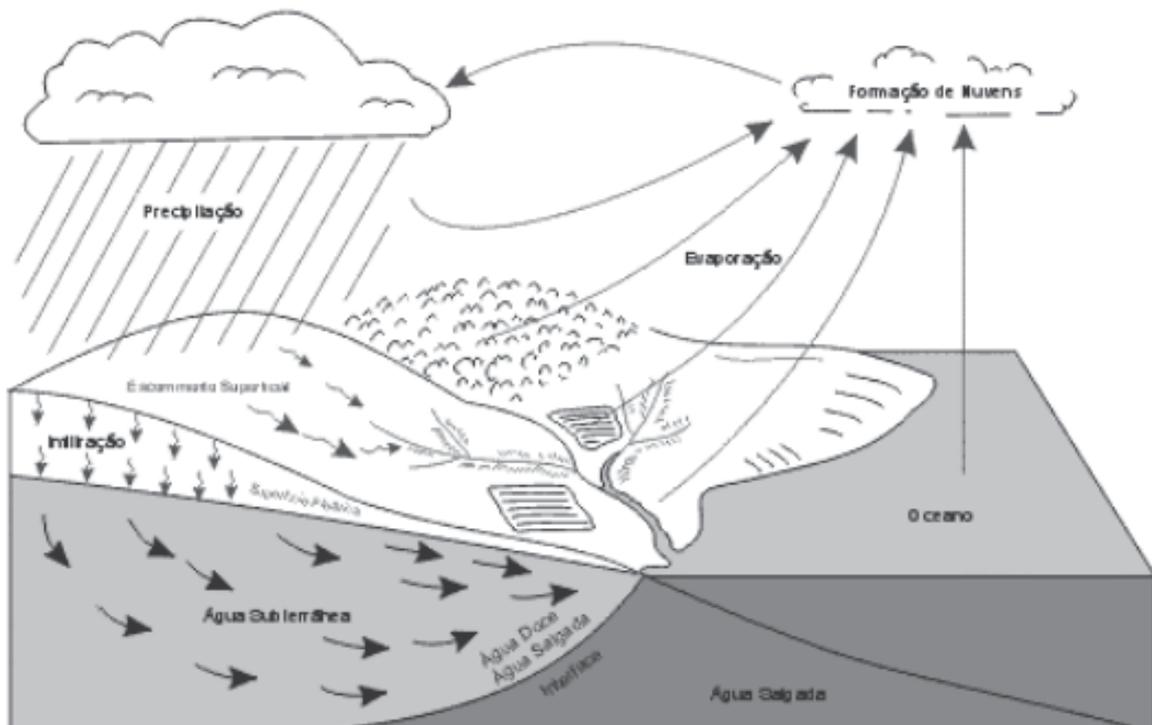
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo da água ou o ciclo hidrológico é o responsável pela renovação da água em todo o planeta. Este ciclo inicia-se com a energia solar, incidente no planeta que é responsável pela evaporação das águas dos rios, reservatórios e mares, bem como pela transpiração das plantas. A água da evapotranspiração (vapor de água obtido da transpiração e da evaporação) atinge um determinado nível da atmosfera em que ele se condensa, formando as nuvens. Nas nuvens, o vapor de água condensa-se formando gotículas, que permanecem em suspensão na atmosfera. Estas gotículas, sob certas condições, agregam-se formando gotas maiores que precipitam-se, ou seja, chove. Quando uma chuva cai, uma parte da água se infiltra no solo através dos espaços que encontra no solo e nas rochas alimentando os lençóis subterrâneos. A água da chuva que não se infiltra, escorre sobre a superfície em direção às áreas mais baixas, indo alimentar diretamente os riachos, rios, lagos ou oceanos, onde o ciclo continua (BOS, 2008).

A Figura 1 demonstra uma representação do movimento da água no ciclo hidrológico.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.



Fonte: CETESB (2011).

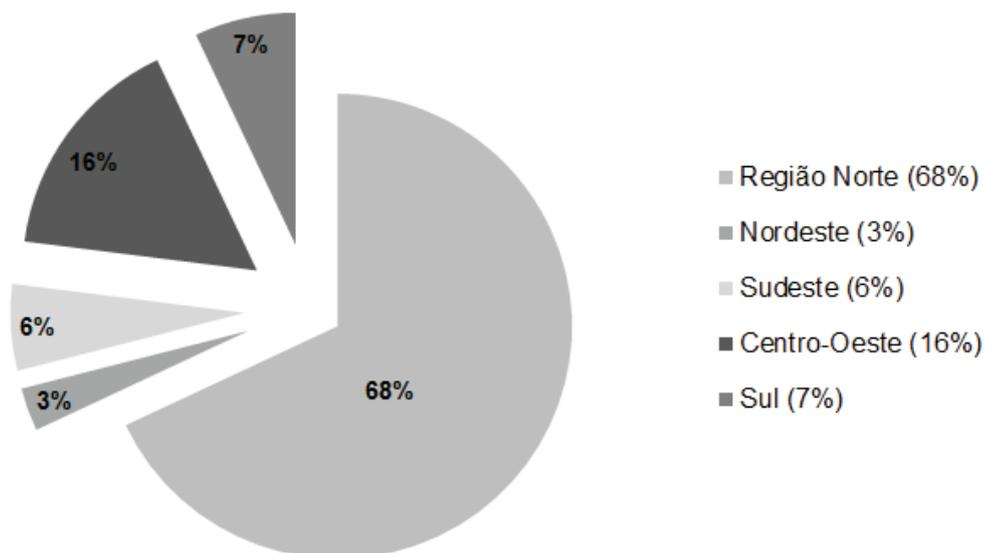
## 2.2 Importância da água

A água doce, indispensável à vida, ao contrário do que a maioria pensa, é um recurso relativamente escasso, sendo que o aumento na demanda (decorrente do crescimento populacional), o desperdício e poluição dos mananciais, podem esgotar e/ou degradar esse recurso (HAGEMANN, 2009).

A água da terra encontra-se distribuída em diferentes reservatórios, sendo que 97,5% dessa água, referem-se aos oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. A maior parcela dessa água doce, 68,9% forma as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da terra. Dos percentuais restantes, 29,9% constituem as águas subterrâneas doces, cerca de 0,9% representam as águas do pântano e apenas 0,3% compõem as águas dos rios e lagos, parcela mais facilmente aproveitada para atender as demandas e necessidades sociais e econômicas da humanidade nos diferentes usos (Gil, 2010).

Segundo, Agência Nacional da Água - ANA (2009), o Brasil possui 12% das águas doces do planeta, mas sua distribuição natural é irregular nas diferentes regiões do País, conforme se observa na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.

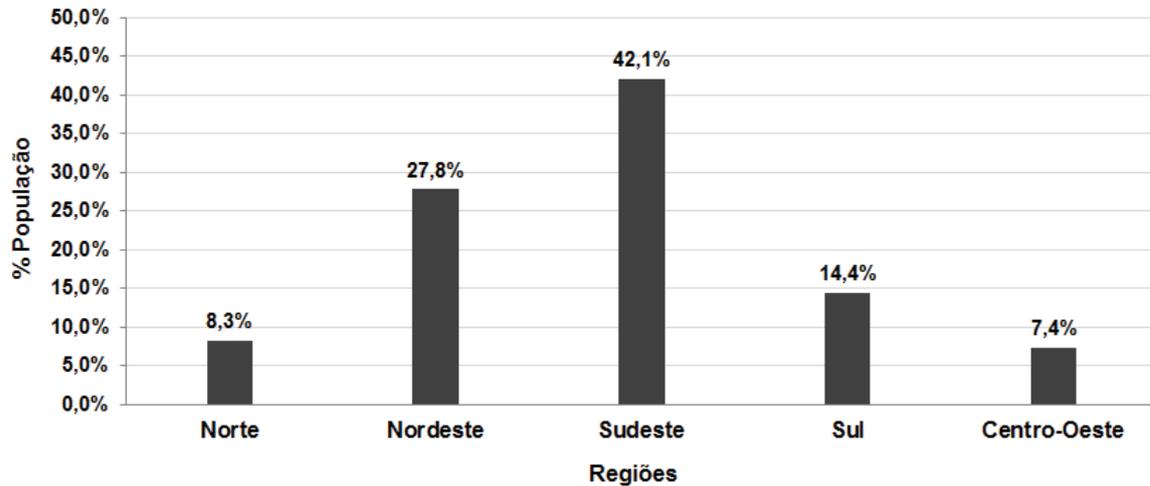


Fonte: Adaptado ANA (2009).

O Brasil possui muita água, mas a mesma está mal distribuída, pois, onde existe abundância de água, existe pouca população e onde existe muita população existe pouca água.

Na Figura 3, observa-se uma representação da distribuição populacional no Brasil, segundo senso IBGE 2010.

Figura 3 - Distribuição populacional no Brasil.



Fonte: adaptado IBGE (2010).

Nota-se que a região Sudeste contém a maior parte da população brasileira e, no entanto, dispõem das menores reservas de água doce do país. Esses dados são preocupantes, visto que na região Sudeste, além da pouca existência de fontes, o problema da escassez é agravado pela poluição dos rios devido à atividade industrial, insumos agrícolas e despejo de efluentes dos esgotos domésticos.

### 2.3 Conservação dos recursos hídricos

Para atenuar o problema da escassez hídrica, muitos países, incluindo o Brasil, além de incentivarem programas de combate ao desperdício buscam a utilização de fontes alternativas de água, como o reuso das águas servidas e o aproveitamento da água de chuva. Esta última tem se destacado por ter um custo baixo e pela possibilidade de constituir fonte para usos potáveis, desde que seja realizado tratamento adequado (HAGEMANN, 2009).

A captação de água da chuva é uma ação importante para diminuir o problema da escassez das águas superficiais e subterrâneas, a utilização dessa fonte de água deve ser encarada sempre como uma alternativa sustentável importante à redução da utilização das águas superficiais e subterrâneas.

Além de buscar meios para diminuir a utilização das águas superficiais, é importante cuidar da qualidade dessas águas, evitando a poluição das mesmas. Os efluentes de esgoto domésticos são uma fonte de contaminação de águas.

Quando os efluentes do esgoto doméstico são lançados sem tratamentos adequados nos recursos hídricos resulta na contaminação dessas águas, agravando o problema de escassez de água de boa qualidade, causando sérios desequilíbrios ecológicos e podendo ocasionar doenças na população devido à presença de microorganismos patogênicos. Por isso a necessidade de realizar o tratamento dos efluentes, reduzindo o seu grau de contaminação para que possa ser lançado no meio ambiente sem causar prejuízo a este (PIMENTA *et al.*, 2002).

## 2.4 Águas de chuva

A água da chuva pode ser utilizada em diversos processos, é uma ótima fonte de água e de tecnologia relativamente simples e econômica. A captação da água de chuva é um processo antigo e muito utilizado em regiões áridas e semi-áridas como é o caso do Nordeste Brasileiro onde, às vezes, a captação ainda é feita de maneira artesanal e cuja finalidade pode, inclusive, ser o consumo humano devido à falta de água tratada (GROUP RAINDROPS, 2002).

De um modo geral as águas de chuva apresentam boa qualidade, devido ao seu processo de destilação natural, ligado ao ciclo hidrológico, e aos processos de evaporação e condensação. Entretanto, em regiões próximas a grandes centros urbanos ou industriais a chuva pode apresentar poluentes que inviabilizem a sua utilização, devido à presença de altas concentrações de óxido de enxofre e nitrogênio (CAMPOS, 2004).

A qualidade da água da chuva frequentemente supera as das águas superficiais e subterrâneas, já que ela não entra em contato com solos e rochas, os quais dissolvem sais minerais, e não está sujeita a tantos poluentes como as águas superficiais, os quais podem contaminar as águas subterrâneas. Entretanto a qualidade da água da chuva pode ser influenciada pela qualidade do ar do local, dependendo do grau industrialização do local (GONÇALVES, 2006).

Conforme o Manual Conservação e Reuso de Água para a Indústria (FIESP; CIESP, 2005), a qualidade da água de chuva é influenciada por:

- Localização, regime de chuvas, condições climáticas da região, zona urbana ou rural;
- Características da bacia, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, área recoberta por vegetação e seu tipo;

- Tipo e intensidade de tráfego;
- Superfície drenada e tipo de material constituinte: concreto, asfalto, grama, etc;
- Lavagem da superfície drenada, frequência e qualidade da água de lavagem;

Para o aproveitamento de águas de chuva é necessário um projeto específico para dimensionamento dos reservatórios, bem como dos demais componentes do sistema, considerando a demanda a ser atendida por esta fonte de água e as características pluviométricas locais. De acordo com o manual da ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005), a metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou uma norma específica para o aproveitamento de água da chuva, a NBR 15527/07, Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, que determina as condições gerais para a concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva, os padrões de qualidade de acordo com a utilização prevista e os procedimentos de manutenção a serem realizados em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva.

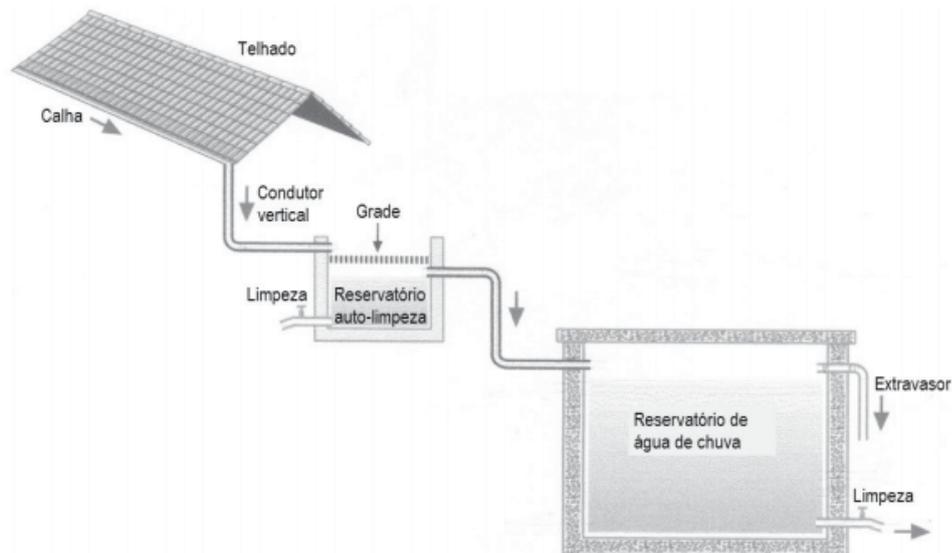
#### **2.4.1 Componentes de um sistema de aproveitamento de água da chuva**

Conforme Gonçalves (2006), entre as possibilidades de coleta da água da chuva, as técnicas mais comuns e utilizadas são através da superfície dos telhados ou das superfícies do solo. O sistema de coleta através dos telhados é mais simples e quase sempre produz uma água de melhor qualidade.

A NBR 15527/07 permite apenas a utilização de água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.

A Figura 4 demonstra um esquema básico de coleta da água de chuva em telhados, onde são necessários calhas, condutores, dispositivos para descarte da água de lavagem do telhado, filtros ou grades para remover materiais grosseiros e a cisterna para a sua reservação, e na sequência será exposto um breve comentário sobre características, normas de projeto, funcionamento, operação e manutenção de cada um desses elementos.

Figura 4 - Esquema de coleta de água de chuva.



Fonte: May (2004).

#### 2.4.1.1 Área de captação

As áreas de captação mais comuns nas edificações são os telhados, que podem ser de diferentes matérias, como de telhas cerâmicas, cimento e amianto, de aço galvanizado, etc. (HAGEMANN, 2009).

Segundo Gonçalves (2006), o tipo de revestimento interfere no sistema de aproveitamento de água de chuva, devendo-se dar preferência para os revestimentos que apresentarem menor absorção de água, ou seja, telhas que tenham um coeficiente de escoamento maior, para minimizar as perdas, uma vez que nem toda a água precipitada é coletada. O coeficiente de escoamento, também conhecido como “coeficiente de Runoff”, é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada.

Conforme Campus (2004) além de interferir na capacidade de captar a água, o tipo de revestimento pode contribuir para a qualidade da água captada, essas características encontram-se reproduzidas no Quadro 1.

Quadro 1: Coeficiente de Runoff e características dos tipos de telhado.

Tipos	Coeficiente de Runoff	Qualidade da Água
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade excelente da água. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Folhas novas podem dar boa qualidade à água. Não existe nenhuma evidências que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas.
Orgânicos (Sapê)	0,20	Qualidade fraca (> 200 CF/100 ml). Alta turbidez devido a matérias orgânicas dissolvidas que não decantam.

Fonte: Adaptado Campos (2004).

#### 2.4.1.2 Calhas e condutores verticais

As calhas e condutores verticais são responsáveis por levar a água da superfície de captação até o dispositivo de descarte da primeira chuva, quando este existir, ou direto ao reservatório de armazenamento. As calhas e coletores de águas pluviais podem ser de polímero de vinila (PVC) ou metálicos (GONÇALVES, 2006).

Pode-se utilizar como referência para o dimensionamento desses componentes a NBR 10844, Instalações prediais de águas pluviais da ABNT. Conforme essa Norma para o dimensionamento das calhas devem ser observados o período de retorno escolhido para a precipitação, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, entre outros requisitos.

Segundo NBR 15527/07, as calhas e condutos verticais devem ser inspecionados e cuidadosamente limpos para evitar a contaminação da água a ser coletada. A norma recomenda que a limpeza desses dispositivos seja realizada semestralmente.

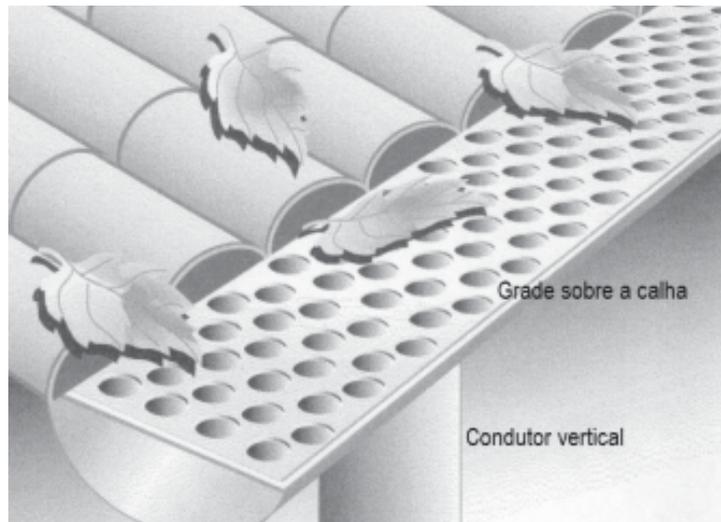
#### 2.4.1.3 Grades e Filtros – Remoção de materiais grosseiros

O sistema de coleta de água da chuva deve conter um sistema de peneiras para evitar entupimentos nos condutores, e também evitar a entrada de folhas, galhos e outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento final, uma vez que esses poderão se decompor prejudicando a qualidade da água armazenada. A instalação de telas ou grades nas

calhas na entrada dos reservatórios é uma maneira simples para a remoção desse tipo de material (GONÇALVES, 2006).

A Figura 5 é mostra a utilização de uma grade que percorre toda a calha para a retirada de folhas e galhos.

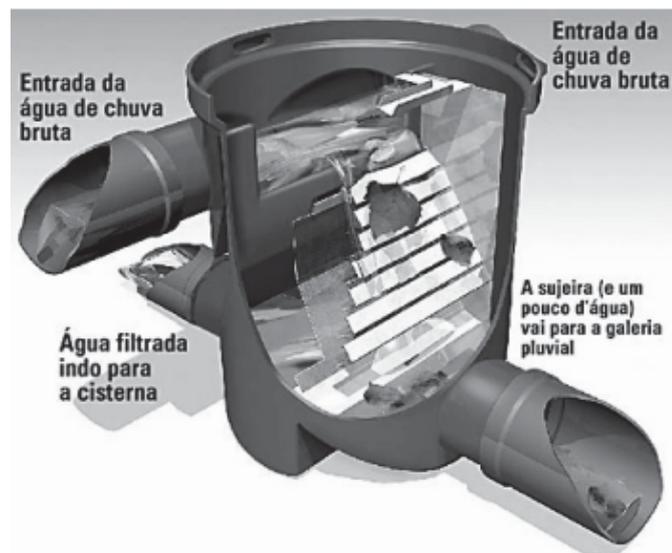
Figura 5 - Dispositivo para a remoção de materiais grosseiros.



Fonte: Adaptado Waterfall (2002).

Segundo Hagemann (2009) também é comum o uso de filtros instalados antes da entrada dos reservatórios para a retenção e descarte de materiais grosseiros. A Figura 6 apresenta um exemplo de filtro comercial para essa finalidade.

Figura 6 - Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros.



Fonte: Bella Calha (2011).

#### 2.4.1.4 Reservatório de Descarte - Dispositivo de descarte da primeira água

Uma ação importante para garantir a qualidade da água de chuva é o descarte da primeira quantidade de água de chuva após a primeira chuva.

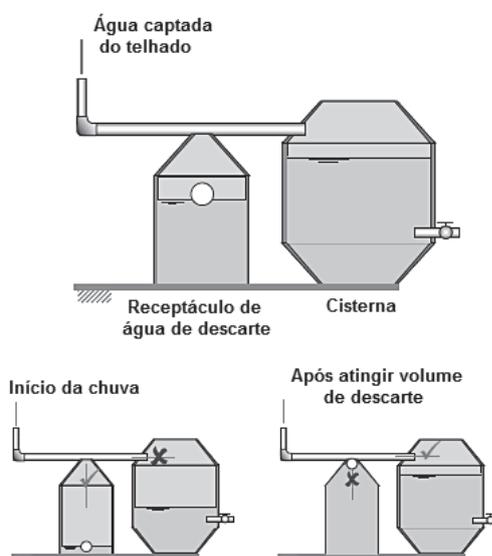
A primeira chuva ou chuva inicial é a mais poluída, por lavar a atmosfera e a superfície de captação. Durante os períodos secos, as áreas de captação da água de chuva interceptam e acumulam resíduos, como folhas, poeira, pequenos animais mortos, fezes de animais, poluentes do tráfego e industriais, entre outros. A primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carregando consigo os poluentes presentes nestes dois ambientes (HAGEMANN, 2009).

Segundo o Manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), o reservatório de descarte é um dispositivo que se destina à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. O seu objetivo é evitar que a primeira parcela da chuva interfira na qualidade da água coletada posteriormente. E o volume da primeira água descartada é determinado em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem.

Conforme a NBR 15527/07 na falta de dados deve-se descartar os primeiros 2 L/m<sup>2</sup>, ou seja, para cada m<sup>2</sup> é eliminado o primeiro 2 mm de chuva, e que a limpeza do dispositivo de eliminação da primeira chuva deve ser realizada mensalmente.

Existem várias tipos de dispositivos de descarte da primeira chuva. A Figura 7 mostra um dispositivo automático de descarte de primeiras chuvas.

Figura 7 - Dispositivo de descarte da primeira chuva.



Fonte: FINEP (2011).

Esse reservatório é um exemplo de uma alternativa automática de dispositivo de descarte. Este consiste num tanque munido de uma boia, que interrompe a entrada de água quando esta atinge um nível pré-estabelecido, correspondente ao volume que será descartado. Assim a água é desviada para a tubulação que vai ao reservatório de armazenamento, enquanto o primeiro volume coletado fica armazenado e é eliminado manualmente após o término da precipitação.

#### 2.4.1.5 Tratamento da água da chuva

Mesmo com o descarte da primeira chuva algumas substâncias ainda permanecem na água e faz-se necessário a utilização de dispositivos para eliminá-las e consequentemente aumentar a qualidade da água armazenada na cisterna.

De acordo Manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), considerando os usos não potáveis mais comuns em edificações, são empregados sistemas de tratamentos compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com radiação ultravioleta. Logicamente, a utilização desses equipamentos está vinculada à finalidade da água armazenada. A Figura 8 apresenta um dispositivo para tratamento simples de desinfecção da água pela adição de cloro.

Figura 8 - Dosador de cloro.



Fonte: Hidraulic LTDA (2011).

No dispositivo são colocadas pastilhas de cloro, e seu funcionamento consiste na retirada do cloro, em dosagem correta, pela própria água que passa no interior do dispositivo.

#### 2.4.1.6 Reservatório de Armazenamento da água da chuva

Os reservatórios de armazenamento destinam-se à retenção das águas de chuvas coletadas, podem ser construídos de diferentes materiais, como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno entre outros. Em relação ao local de instalação os reservatórios podem ser apoiados no solo, enterrados, semienterrados ou elevados, a escolha do local de instalação irá depender da disponibilidade de área, do uso que será destinado para a água ou da disponibilidade ou não de bombeamento para aproveitamento dessa água (GONÇALVES, 2004).

Segundo o Manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), deve-se ter alguns cuidados em relação ao reservatório de armazenamento, visando à segurança do abastecimento e a qualidade da água coletada, conforme segue:

- As paredes e a cobertura do reservatório devem ser impermeáveis;
- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;
- O reservatório deve ser dotado de uma abertura, também chamada de visita, para inspeção e limpeza;
- A água deve entrar no reservatório de maneira a não provocar turbulência, evitando a suspensão dos sólidos depositados no fundo do mesmo;
- Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os sedimentos.
- Para dimensionar o volume do reservatório de armazenamento, devem-se considerar os seguintes parâmetros: precipitação local, área de captação, coeficiente de runoff do telhado e a demanda da água pluvial.

Segundo Anecchini (2005) um fator de grande influência no sistema de aproveitamento de água de chuva é a demanda que se deseja atender com este tipo de água. Portanto, mensurá-la de forma precisa também é fundamental para garantir a economia do sistema, visto que, a demanda influencia diretamente no volume do reservatório.

A Tabela 1 Tomaz (2003) mostra os dados sobre o consumo de água em uma residência, os quais poderiam ser atendidos com água da chuva.

Tabela 1: Demanda interna e externa de água não potável em uma residência.

<b>DEMANDA INTERNA</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR USUAL</b>
Bacia Sanitária - Volume	L/descarga	6
Bacia Sanitária - Frequência	Descarga/hab/dia	4
Máquina de Lavar Roupa - Volume	L/ciclo	150
Máquina de Lavar Roupa - Frequência	Carga/hab/dia	0,3
<b>DEMANDA EXTERNA</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR USUAL</b>
Gramado ou Jardim - Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	2
Gramado ou Jardim - Frequência	Lavagens/mês	10
Lavagem de Carro - Volume	L/lavagem/m <sup>2</sup>	150
Lavagem de Carro - Frequência	Lavagens/mês	2

Fonte: Adaptado de (TOMAZ, 2000).

Já na Tabela 2 Tomaz (2003) mostra os dados sobre o consumo de água, que poderia ser atendido com água da chuva, em um empreendimento comercial.

Tabela 2: Demanda interna e externa de água não potável em uma residência.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR USUAL</b>
Bacia Sanitária - Volume	L/descarga	6
Bacia Sanitária - Frequência	Descarga/hab/dia	4
Calçadas - Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	2
Calçadas - Frequência	Lavagem/mês	4
Limpeza de pisos - Volume	L/limpeza/m <sup>2</sup>	1,5
Limpeza de pisos - Frequência	Limpeza/mês	26

Fonte: Adaptado de (TOMAZ, 2003).

Anecchini (2005) adotou para quantificação teórica da demanda por água não potável em um Prédio do Núcleo Água da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), os dados descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Dados para cálculo da demanda de água não potável da UFES.

PARÂMETROS	VALORES UTILIZADOS
Bacia Sanitária (Volume de descarga)	6L/descarga
Bacia Sanitária (Frequência de uso)	3 descargas/hab/dia
Mictório (Volume de descarga)	2 L/descargas
Mictório (Frequência de uso)	3 descargas/hab/dia

Fonte: Adaptado de (ANNECCHINI, 2005).

Sobre a vazão nas descargas dos mictórios cerâmicos com válvula de descarga, a NBR 5626 - Instalação Predial de Água Fria - recomenda uma vazão de projeto de 0,15 L/s. Com a vazão recomendada é possível quantificar de forma mais precisa o volume por descarga nesses aparelhos.

Em estudo realizado por Hagemann (2009) para determinar a demanda de água não potável, para descargas em bacias sanitárias, em um prédio da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a autora adotou frequências de uso dos sanitários diferenciadas para professores e funcionários em relação aos alunos, visto que a maioria destes permanecia em média um turno diário no prédio em estudo. A Tabela 4 mostra as demandas de água não potável para descargas em bacias sanitárias.

Tabela 4: Parâmetros adotados para cálculo da demanda por água em bacias sanitárias na UFSM.

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR
Bacia Sanitária - Volume	L/descarga	6
Frequência de uso - Professores	Descarga/hab/dia	3
Frequência de uso - Funcionários	Descarga/hab/dia	3
Frequência de uso - Alunos	Descarga/hab/dia	1

Fonte: Adaptado de (HAGEMANN, 2009).

A eficiência e a confiabilidade dos sistemas de aproveitamento de água de chuva estão ligadas diretamente ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, necessitando de um ponto ótimo na combinação do volume de reservação e da demanda a ser atendida, que resulte na maior eficiência, com o menor gasto possível (ANNECCHINI, 2005).

Segundo Anecchini (2005) um estudo criterioso do volume ideal de armazenamento é importante para tornar esse tipo de sistema viável economicamente, pois é justamente o reservatório que encarece o sistema de aproveitamento de água de chuva. O autor salienta que

o custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Em muitos casos, o reservatório de água de chuva é superdimensionado na tentativa de se atender a 100% da demanda de água não potável com água de chuva. O ideal é trabalhar com uma margem de segurança que nem super-dimensione e nem sub-dimensione o sistema, essa margem é também chamada de confiabilidade do sistema, e deve ser definida em função do valor que se deseja investir no sistema e com base em estudos de dimensionamento de reservatórios de acumulação de água de chuva (ANNECCHINI, 2005).

A NBR 15527/07 orienta que para o cálculo do dimensionamento do reservatório de água de chuva, pode-se usar os seguintes métodos: Método de Rippl; Método da simulação; Método Azevedo Neto; Método prático alemão; Método prático inglês; Método prático australiano.

O método mais utilizado para dimensionamento da cisterna é o método de Rippl. Sendo um método de diagrama de massa, este regulariza a vazão no reservatório permitindo, desta forma, o abastecimento constante de água em qualquer período, úmido ou seco (TOMAZ, 2003).

Segundo a NBR 15527/07 o Método Azevedo Neto, também conhecido como Método Prático Brasileiro, leva em conta apenas a área de telhado como variável. Para achar o volume ideal do reservatório para este método, usa-se a Equação 2.1.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad [\text{Eq. 2.1}]$$

Onde: V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>);

T = Número de meses de pouca chuva ou seca.

Conforme a NBR 15527/07 o método prático Inglês leva em conta a área de telhado utilizada para coleta e a precipitação média anual. Para achar o volume ideal do reservatório para este método, usa-se a Equação 2.2.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad [\text{Eq. 2.2}]$$

Onde: V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros);

$P$  = Precipitação média anual (mm);

$A$  = Área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>).

Visando determinar o potencial de economia de água potável através do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser potável, o Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina desenvolveu um programa Computacional chamado Netuno.

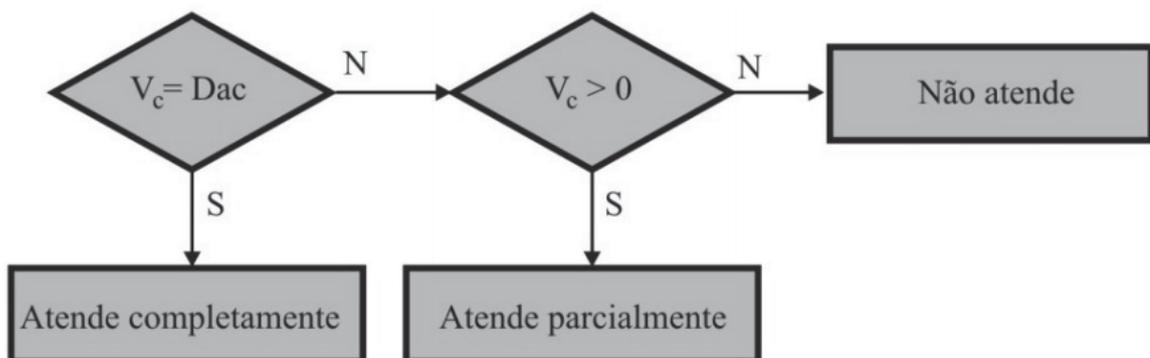
Segundo Martini (2009) o programa NETUNO permite que o usuário faça simulações sobre o volume de água pluvial extravasado anualmente; volume total consumido de água pluvial; e porcentagem de dias em que a demanda de água pluvial é atendida totalmente, parcialmente ou não é atendida. A partir dessas simulações é possível encontrar volumes ideais para os reservatórios.

Conforme Lage (2010) o algoritmo do programa Netuno, para cada dia analisado, durante a simulação, realiza as comparações entre o volume de água pluvial disponível e a demanda de água pluvial, como mostra a Figura 9. As siglas identificadas no fluxograma equivalem a:

$V_c$  é o volume de água pluvial disponível (litros);

$Dac$  é a demanda de água pluvial (litros).

Figura 9 - Fluxograma para determinar o percentual de atendimento.



Fonte: Adaptado de Lage (2010).

Observando o fluxograma da Figura 9 é possível verificar se o volume disponível é igual à demanda diária de água pluvial. Para o caso afirmativo, considera-se que naquele dia houve atendimento completo à demanda de água pluvial. Caso contrário, verifica-se se o volume consumido foi maior que zero. Em caso afirmativo, naquele dia houve atendimento parcial à demanda de água pluvial; caso contrário, a demanda de água pluvial não foi atendida (LAGE, 2010).

Analisando de forma individual os elementos básicos que compõem um sistema de coletas de água de chuvas, observamos que é um sistema com poucos elementos, de simples instalação e fácil manutenção.

Segundo Gonçalves (2006) o sistema de aproveitamento de água de chuva é um sistema alternativo de suprimento de água visando entre outros a conservação dos recursos hídricos reduzindo a demanda e o consumo de água potável. Quando utilizada para fins menos nobres, como rega de jardins ou lavagem de áreas externas, a água não necessita de tratamento avançado. Desta forma, ao reservar e utilizar águas pluviais há uma redução do consumo de água de qualidade mais nobre.

## **2.5 Qualidade das Águas**

Segundo Hagemann (2009) para determinar a qualidade da água, utilizam-se parâmetros de qualidade, que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer. Esses parâmetros dependem da classificação das águas, que é estabelecida segundo seus usos preponderantes, por legislações específicas.

### **2.5.1 Parâmetros de qualidade da água**

Os parâmetros que determinam a qualidade da água são divididos em três classes: parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros biológicos (HAGEMANN, 2009).

Os parâmetros físicos estão relacionados com a presença de sólidos e gases na água e dentre os principais destacam-se:

- Sólidos Totais;

Segundo Jordão e Pessoa (1995), os sólidos totais são definidos como a matéria que permanece com resíduo após evaporação a 103°C. As substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em formas de cinzas, representando assim, a matéria sólida volátil, sendo sólidos fixos. O menor valor encontrado é o que representa qualidade melhor da água.

- Turbidez;

Conforme Albuquerque (2010) a turbidez é caracterizada pela presença de partículas suspensas na água independentemente do tamanho. A presença destas partículas provoca a absorção e a dispersão da luz, dando a água uma aparência nebulosa, sendo indesejável esteticamente.

- Temperatura;

É uma medida da intensidade de calor. Temperaturas elevadas têm como consequência o aumento das taxas das reações físicas, químicas e biológicas além da diminuição de solubilidade dos gases como o oxigênio dissolvido (HAGEMANN, 2009).

Os parâmetros químicos são aqueles que indicam a presença de alguns elementos ou compostos químicos. Entre os principais estão:

- Oxigênio dissolvido (OD);

É a quantidade de gás oxigênio contido na água ou no esgoto, geralmente expressa em parte por milhão numa temperatura e numa pressão atmosférica específica. É uma medida da capacidade de água para sustentar organismos aquáticos (ALBUQUERQUE, 2010).

- Demanda Química de Oxigênio (DQO);

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Um valor de DQO alto indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio (HAGEMANN, 2009).

- Potencial Hidrogeniônico (pH);

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é a medida da concentração relativa dos íons de hidrogênio numa solução; esse valor indica a acidez ou alcalinidade da solução. Um valor de pH 7 indica uma solução neutra: índice de pH maiores de 7 são básico, e os abaixo de 7 são ácidos (CETESB, 2011).

- Fósforo;

O Fósforo está presente na água sob a forma de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. É encontrado sob as formas de ortofosfato (forma mais simples, diretamente disponível), polifosfato (forma mais complexa) e fósforo orgânico. O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2011).

- Nitrogênio;

O elemento químico Nitrogênio apresenta-se na forma Amoniacal (amônia), que é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes. Ela é formada no processo de decomposição de matéria orgânica (uréia - amônia). Em locais poluídos seu teor costuma ser alto. O caminho de decomposição das substâncias orgânicas nitrogenadas é chegar ao nitrato, passando

primeiro pelo estágio de amônia, por isso, a presença desta substância indica uma poluição recente (CETESB, 2011).

Os parâmetros biológicos indicam a presença de seres vivos na água e os mais comumente analisados são:

- Coliformes Totais e Termotolerantes;

As bactérias do grupo coliforme são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, sendo representantes deste grupo os gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiellae* *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo.

A *Escherichia coli* é a bactéria mais representativa do grupo Coliforme Termotolerantes, a *E. coli* é uma das mais antigas bactérias que parasitam o homem, sendo seu habitat natural o intestino. Apesar de fazer parte da flora intestinal, a *E. coli* pode causar doenças severas, sendo a mais conhecida a gastroenterite que se caracteriza por uma infecção que atinge o sistema gastrointestinal, ocasionando sinais e sintomas como as diarreias, cólicas intestinais e vômitos. Podemos destacar também como doenças importantes a peritonite e meningite. A presença desta bactéria indica a contaminação da água por fezes humanas (ANAISSE *et al.*, 2008).

### 2.5.2 Legislações específicas sobre a Qualidade da água

A Portaria MS N°2914/11 do Ministério da Saúde trata do padrão de potabilidade da água e do padrão para o consumo humano. Segundo essa portaria são estabelecidos os limites de vários parâmetros, que afetam a qualidade microbiológica da água e os limites para algumas substâncias químicas que representam riscos à saúde. Alguns desses limites são apresentados abaixo:

- Cloro Residual Livre - As concentrações ideais de cloro residual livre para que a água seja considerada potável, conforme a portaria MS N°2914/11 deve ser no mínimo de 0,2 mg/L e no máximo de 2,0 mg/L.

- Turbidez - A portaria MS n°. N°2914/11 estabelece como padrão de turbidez para a potabilidade o limite máximo de 5,0 UT para qualquer amostra pontual.

- Coliformes Totais e presença de *Escherichia coli* - Em relação aos coliformes totais e Coliformes Termotolerantes (*Escherichia Coli*), a portaria MS N°2914/11, para caracterizar a potabilidade da água, determina a ausência dessas bactérias em 100 mL da amostra.

Já segundo a Resolução CONAMA N°274/00, que define os critérios para classificar a qualidade das águas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário), as águas terão sua condição de balneabilidade avaliada nas categorias própria ou imprópria. As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias: águas excelentes, águas muito boas e águas satisfatórias. A Tabela 5 apresenta parâmetros de qualidade para as subdivisões das águas próprias para a balneabilidade de acordo com a Resolução CONAMA N°274/00.

Tabela 5: Parâmetros de qualidade de acordo com a Resolução CONAMA N° 274/00.

Parâmetro	Classificação		
	Águas Excelentes	Águas Muito Boas	Águas Satisfatórias
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	250	500	1000
Escherichia Coli (NMP/100ml)	200	400	800
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9

Fonte: adaptado Resolução CONAMA N°274/00.

A NBR 15527/07, trata dos requisitos para o aproveitamento de água de chuva nas coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis tais como descargas em bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos e calçadas, limpezas de pátios e usos industriais (HAGEMANN, 2009).

Segundo a NBR 15527/07 são determinados os parâmetros de qualidade para as águas pluviais que serão utilizadas em usos não potáveis. Alguns aspectos exigidos pela norma são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Alguns parâmetros de qualidade da água de chuva estabelecidos pela NBR 15527/07.

Parâmetro	Análise	Valor
Cloro Residual Livre (mg/L)	Mensal	0,5 a 3,0
Coliformes Totais (NMP/100ml)	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Semestral	Ausência em 100 ml
pH	Mensal	6 a 8
Turbidez (UNT)	Mensal	2,0 a 5,0

Fonte: Adaptado da NBR 15527/07.

Já a Resolução CONAMA N°357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, sobre as diretrizes do enquadramento e sobre os padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água. Para as águas doces, essa Resolução estabelece 5 classes de uso sendo elas: Classe Especial e Classes I, II, III e IV. Para cada classe foram estipulados valores máximos de parâmetros e condições que devem ser respeitadas, para a proteção da qualidade da água e garantia dos usos previstos, entre eles, o abastecimento, a balneabilidade, a recreação, o equilíbrio aquático, a dessedentação de animais, a irrigação, a aquicultura, a navegação entre outros.

De acordo com essa Resolução as águas enquadradas como Classe I são destinadas aos seguintes usos: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Para águas de Classe II, a Resolução destina os seguintes usos: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca.

A Tabela 7 apresenta alguns padrões de qualidade estabelecidos por essa Resolução para águas de Classe I e II.

Tabela 7: Alguns padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONOMA N° 357/05 para águas de Classe I e II.

Parâmetro	Classe I	Classe II
Cloreto Total (mg/L)	250	250
Coliformes Termotolerantes ou Escherichia Coli (NMP <sup>1</sup> /100ml)	200	1000
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	3	5
Fósforo Total (ambiente lântico mg/L)	0,02	0,05
Nitrato (mg/L)	10	10
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	3,7*	3,7 *
pH	6 a 9	6 a 9
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	500
Sulfato Total	250	250
Turbidez (UNT <sup>2</sup> )	40	100

\* Limite para pH até 7,5; <sup>1</sup> Número Máximo Permitido; <sup>2</sup> Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

Fonte: adaptada da Resolução CONAMA N°357/05.

## 2.6 Esgoto doméstico

O esgoto doméstico é aquele que provem principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõem de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente da água de banho, resíduos gerados pelo homem (fezes e urina), papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (PIMENTA *et al.*, 2002).

Segundo Von Sperling (2005) os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,99% de água e 0,1% de sólidos, sendo essa última fração composta de sólidos orgânicos como proteínas, carboidratos e lipídeos; sólidos inorgânicos como amônia, nitrato, ortofosfatos; microrganismos com bactérias, fungos, protozoários, vírus e helmintos etc.

### 2.6.1 Sistema de tratamento de Esgoto

Os sistemas de esgotos sanitários consistem na coleta, transporte, tratamento e disposição dos despejos em grande parte domésticos e, em pequena parte, industriais. A coleta e o transporte desses despejos são feitos através de tubulações que recebem as contribuições das redes (cidades, indústrias, etc.) e que as encaminham para o tratamento e disposição. Os

esgotos coletados são encaminhados para as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Essas estações são responsáveis pela remoção dos poluentes da água, de forma a adequar o lançamento ao corpo receptor a um padrão de qualidade vigente (ÁVILA, 2005).

Segundo Ávila (2005), nas ETE(s) os esgotos são tratados em vários níveis, através de diversas operações e processos. Os processos de tratamento de esgotos sanitários podem ser classificados como naturais e artificiais.

Os tratamentos biológicos de efluentes são processos de tratamentos naturais, os quais recebem globalmente a denominação de autodepuração ou estabilização. Basicamente o princípio do tratamento apoia-se na atividade de bactérias e microrganismos que oxidam a matéria orgânica. O sistema de lagoas de estabilização e lagoas aeradas são exemplos de tratamentos biológicos de efluentes (PIMENTA *et al.*, 2002).

Os processos de tratamento artificiais são aqueles que empregam energia elétrica e mecânica, procurando repetir processos semelhantes àqueles realizados pela natureza através de seus mecanismos de autodepuração (ÁVILA, 2005).

Após o tratamento, o efluente é lançado ao corpo receptor que pode ser um rio ou um oceano, infiltrado no solo e etc., dependendo de seu uso e das condições em que se encontra.

### **2.6.2 Parâmetros de qualidade para efluentes**

Segundo Jordão e Pessoa (2005) os principais parâmetros de qualidade no campo de tratamento dos esgotos são aqueles relacionados às exigências legais, e as necessidades de projeto, operação e avaliação do desempenho das unidades de tratamento. Esses parâmetros são os: sólidos; indicadores de matéria orgânica; nitrogênio; fósforo; indicadores de contaminação fecal.

Os sólidos totais no esgoto podem ser definidos como a matéria sólida que permanece como resíduo após a evaporação a 103°C. Quando este resíduo é calcinado a 550°C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza: sólidos voláteis e sólidos fixos respectivamente. Os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica, enquanto os sólidos fixos representam a matéria inorgânica (ÁVILA, 2005).

Conforme Ávila (2005) a fração orgânica dos sólidos é composta de proteínas, carboidratos e gorduras e a forma mais utilizada para medir essa quantidade de matéria orgânica presente no esgoto é através da determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Esta padronização mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente numa amostra, após um dado tempo (padronizado

em 5 dias) e a uma temperatura padrão (20°C). É, portanto, uma medida indireta do grau de poluição de uma água residuária, ou da eficiência do tratamento aplicado a esta.

Outra forma de medir a quantidade de matéria orgânica é através da DQO (Demanda Química de Oxigênio). Este ensaio laboratorial determina a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica presente numa amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida. A DQO engloba todos os tipos de demandas de oxigênio, incluindo a DBO. Além disso, permite respostas em apenas duas horas, tempo muito menor que a DBO (ÁVILA, 2005).

A investigação da presença de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, também se torna importante, porque esses dois elementos, quando em excesso, podem contaminar águas subterrâneas e superficiais, podendo causar a eutrofização e danos aos seres humanos. Esses dois elementos são encontrados em excesso no efluente de esgoto doméstico, estão presentes nos resíduos fecais e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. Nos resíduos fecais também podem estar presentes vários microrganismos patogênicos, incluindo vírus, bactérias e parasitos, que são identificados como agentes potenciais de diversas doenças infecciosas que acometem humanos (VON SPERLING, 2005).

Segundo Bassani (2005), existe a dificuldade em caracterizar todos os patogênicos presentes, então, adota-se como recurso a determinação do número de microrganismo coliformes, NMP/100ml (número mais provável de coliformes/100ml de amostra), que indiretamente constitui um indicador da presença provável de organismos patogênicos no efluente do esgoto doméstico. A Tabela 8 apresenta composições típicas de esgotos domésticos.

Tabela 8: Composição típica do esgoto bruto doméstico.

Constituinte	Concentração Média (mg/L)		
	Forte	Médio	Fraco
Sólidos Dissolvidos Totais	850	500	250
Sólidos em Suspensão	350	200	100
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> )	400	220	110
Carbono Orgânico Total (COT)	290	160	80
Demanda Química de Oxigênio (DBQ)	1000	500	250
Nitrogênio Orgânico	35	15	8
Nitrogênio Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo Orgânico	5	3	1
Fósforo Inorgânico	10	5	3

Fonte: Adaptado Pimenta *et al.* (2005).

### 2.6.3 Importância do tratamento de esgotos

A questão do tratamento de esgoto doméstico é um problema existente em todo o país. De acordo com recente relatório do IBGE (2010), cerca de 47% das cidades não possuem rede coletora de esgotos. E em relação às cidades que possuem redes coletoras de esgoto, esta rede não atende toda a população.

O lançamento de efluentes de esgoto doméstico *in natura* nos recursos hídricos resulta na contaminação dessas águas, agravando o problema de escassez de água de boa qualidade e causando sérios desequilíbrios ecológicos, como proliferação de algas e eutrofização da água. Os impactos ambientais estão relacionados com a presença de certas substâncias, microorganismos e alterações de algumas características da água, quando um manancial recebe cargas de esgoto (PIMENTA *et al.*, 2002).

Por exemplo, a matéria orgânica presente nos dejetos ao entrar em um sistema aquático, leva a uma grande proliferação de algas e vegetação aquática, provocando um aumento no consumo de oxigênio dissolvido que pode reduzir a valores muito baixos, ou mesmo extinguir, gerando impactos à vida aquática aeróbica (PIMENTA *et al.*, 2002).

A disseminação de doenças de veiculação hídrica é outro exemplo da contaminação de fontes de água por efluentes de esgoto. As doenças veiculadas pela água têm origem, principalmente, a partir de dejetos. Muitos microorganismos patogênicos são parasitas do intestino humano e são eliminados juntamente com as fezes. Por falta de adequados sistemas de esgotamento, muitas vezes os dejetos de origem humana alcançam mananciais superficiais ou subterrâneos. A água desses mananciais quando utilizadas para consumo, pode resultar no acesso desses microorganismos ao organismo de uma pessoa, causando-lhe doenças (PIMENTA *et al.*, 2002).

De acordo com a Lei Federal N° 11.445 em lugares desprovidos de rede pública de coletas de esgotos, deve ser implantado um sistema individual de tratamento de esgotos, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos.

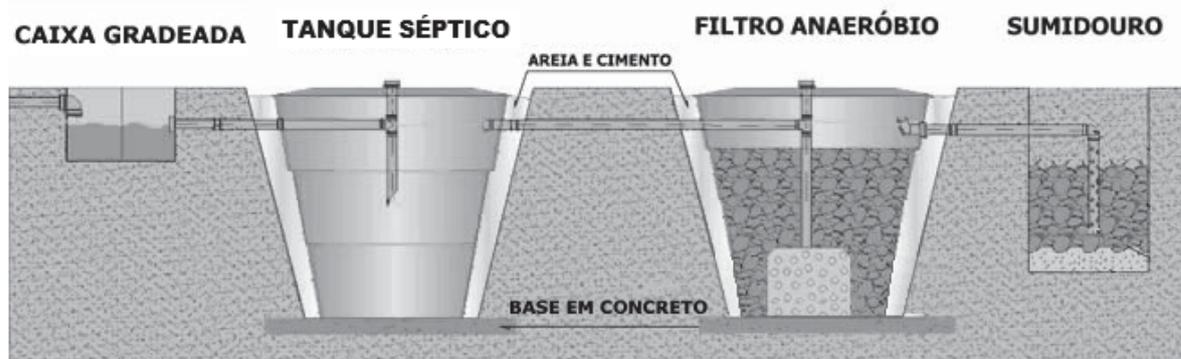
#### **2.6.4 Sistema individual de tratamento de esgotos**

Segundo a NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos – o sistema de tanques sépticos aplica-se primordialmente ao tratamento de esgoto doméstico e é indicado para áreas desprovidas de rede pública coletora de esgoto.

Os sistemas de tanques sépticos devem ser projetados de forma completa, incluindo tratamento complementar e disposição final para efluente e lodo. A NBR 7229 recomenda para o tratamento complementar a utilização de uma dessas alternativas: Filtro anaeróbico; filtro aeróbico; filtro de areia; vala de filtração; escoamento superficial; desinfecção. Já para a disposição final, deve-se optar entre essas alternativas: Sumidouro; vala de infiltração; corpo de água.

Desta forma, conforme a NBR 7229, uma das combinações possíveis para o sistema individual de tratamento de esgoto é a utilização de tanques sépticos, filtros anaeróbicos e sumidouros. A Figura 10 demonstra os componentes e a sequência de instalação dos mesmos. Esse sistema de tratamento é a solução mais comum em áreas não dotadas de um adequado sistema de esgotamento sanitário.

Figura 10 - Esquema de instalação individual de tratamento de esgoto.



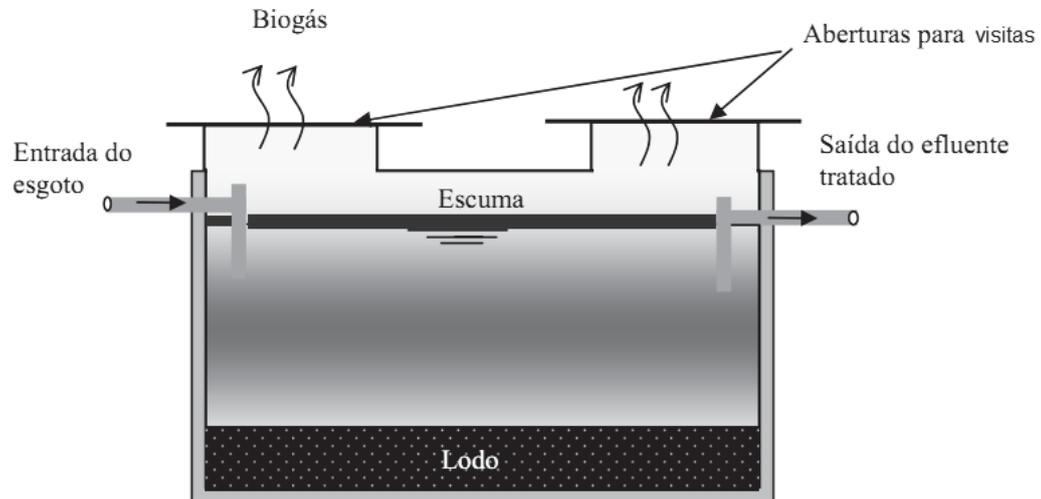
Fonte: TecnoSane (2011).

Existem normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), referentes aos sistemas de tratamento de esgotos individuais, bem como para a rede de captação de esgotos da edificação, onde são definidos os parâmetros básicos de execução da rede individual, de forma eficiente. São as seguintes normas: NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução – procedimento; NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos – procedimento; NBR 13969 - Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.

Os processos de tratamentos dos efluentes de esgoto que ocorrem no tanque séptico e filtro anaeróbico são processos biológicos que se apoiam na atividade de bactérias e microrganismos para reduzir a matéria orgânica do efluente.

Os tanques sépticos são reatores biológicos anaeróbios, onde há reações químicas com a interferência de microrganismos, os quais participam ativamente no decréscimo da matéria orgânica. Nesses tanques, o esgoto é tratado na ausência de oxigênio livre (ambiente anaeróbico), ocorrendo a formação de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e formação do biogás, que é composto principalmente de metano e gás carbônico. Ver funcionamento na Figura 11. O objetivo dos tanques sépticos é reter os despejos domésticos por um período determinado, permitir a sedimentação dos sólidos, decomposição da parte orgânica e retenção do material graxo (ÁVILA, 2005).

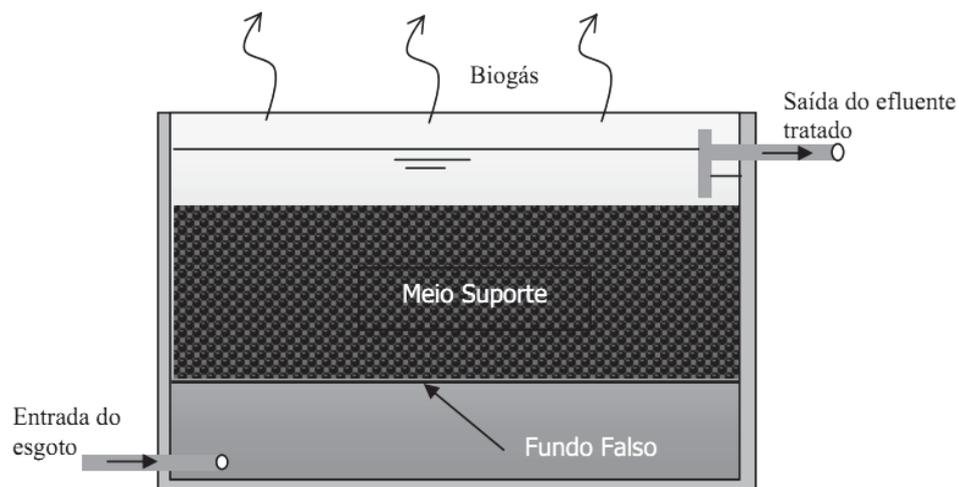
Figura 11- Corte esquemático de um tanque séptico.



Fonte: Adaptado de Ávila (2005).

Os filtros anaeróbicos são tanques herméticos, que têm a função de tratamento do efluente líquido proveniente do tanque séptico, através de sua depuração por bactérias anaeróbicas (sem ar). O esgoto é recebido no fundo do tanque pelo tubo proveniente do tanque séptico, conforme seu nível sobe, passa por uma biomassa que está aderida ao meio suporte (brita ou meio plástico), ver funcionamento Figura 12. A biomassa decompõe a parcela solúvel da matéria orgânica do efluente. A aparência do efluente que sai do filtro anaeróbico é cristalina, mas ainda contém uma quantidade razoável de elementos de esgotos, provocando ainda a exalação do gás sulfídrico, com mau cheiro característico. Então, esse efluente é encaminhado ao sumidouro, onde se infiltra no solo (ÁVILA, 2005).

Figura 12 - Corte esquemático de um filtro anaeróbico de fluxo ascendente.



Fonte: Adaptado de Ávila (2005).

### 2.6.5 Eficiência do sistema

Segundo a NBR – 13969/97 a faixa de eficiência obtidas nos tratamentos realizados em um sistema com tanque séptico e filtro anaeróbico é função da temperatura. Para a DBO<sub>5</sub>, a eficiência pode variar de 40 a 75%, para DQO, de 40 a 70%, para sólidos suspensos, de 60 a 90% e para sólidos sedimentáveis, 70% ou mais. Os limites inferiores correspondem às temperaturas abaixo de 15°C e os limites superiores correspondem às temperaturas acima de 25°C.

O sistema com tanque séptico e filtro anaeróbico possui várias vantagens: construção e operação muito simples e de baixo custo: não requer a presença do operador; resiste às variações do afluente; efluente clarificado; efluente com baixa concentração de matéria orgânica; remoção significativa da matéria orgânica dissolvida; o efluente presta-se para disposição no solo. As desvantagens desse sistema são o efluente rico em sais minerais, com grande quantidade de microorganismos patogênicos, o que pode contaminar mananciais superficiais ou subterrâneos e causar doenças na população (ÁVILA, 2005).

Em relação aos cuidados básicos para manter a eficiência do sistema, deve-se remover periodicamente o lodo depositado no fundo do tanque séptico. Esse período é estipulado pelo projetista quando do dimensionamento da unidade. Geralmente é de um a cinco anos. E a disposição desse lodo removido deve ser feita em centrais de tratamento de lodo ou estações de tratamento de esgotos (ÁVILA, 2005).

Segundo a NBR 13969-97 o filtro anaeróbio deve ser limpo quando for observada a obstrução do leito filtrante. Para a limpeza do filtro anaeróbico recomenda-se retirar o lodo da base por sucção, se constatado que a operação de sucção é insuficiente para retirada do lodo, deve ser lançada água sobre a superfície do leito filtrante, drenando-a novamente. Não deve ser feita a “lavagem” completa do filtro, pois retarda a partida da operação após a limpeza.

Os despejos resultantes da limpeza do filtro anaeróbio em nenhuma hipótese devem ser lançados em cursos de água ou nas galerias de águas pluviais. Seu recebimento em Estações de Tratamento de Esgotos é sujeito à prévia aprovação e regulamentação por parte do órgão responsável pelo sistema sanitário local. No caso de o sistema já possuir um leito de secagem, o despejo resultante da limpeza do filtro anaeróbio deve ser lançado neste (NBR 13969-97).

### 2.6.6 Padrão de lançamento de efluente de esgoto doméstico no corpo receptor

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na Resolução CONAMA 430/2011, essa resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Conforme a Resolução CONAMA 430/2011 os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias do seu enquadramento, definidas na Resolução CONAMA N°357/05.

Em relação aos padrões a se manter nos corpos receptores, quando não se conhecer a classificação quanto ao tipo de classe do corpo receptor, utiliza-se os critérios prescritos pela Resolução CONAMA N°357/05, o qual indica que na ausência de estudos específicos quanto à classificação do corpo receptor, este será considerado como de Classe II. Segundo a Resolução CONAMA N°357/05, para manter os padrões de qualidade nos corpos receptores enquadrados como Classe II, deve-se respeitar os limites:

- a) pH entre 6 e 9;
- b) Fósforo Total até 0,05 mg/L;
- c) Coliformes Termotolerantes até 1000 NMP/100mL;
- d) Nitrogênio Amoniacal Total é 3,7mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 2,0 mg/L N, para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; 1,0 mg/L N, para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ; e 0,5 mg/L N, para  $\text{pH} > 8,5$ ;
- e) Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO 5 dias, 20°C: máximo de 5 mg/L;
- f) o valor de Nitrogênio Total (apos oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lânticos;
- g) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- h) oleos e graxas: virtualmente ausentes.

Já Resolução CONSEMA N° 128/2006 fixa padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo a Resolução CONSEMA N° 128/2006, os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, atendendo aos seguintes padrões de emissão: pH entre 6,0 e 9,0; Sulfeto 0,2

mg S<sup>2</sup>/L; Temperatura < 40° C; Óleos e Graxas: Vegetal ou Animal ≤ 30 mg/L. Para qualquer vazão de lançamento deve ser atendido o padrão de 20mg/L para Nitrogênio Amoniacal.

Em função das vazões de lançamento, os efluentes líquidos domésticos devem observar os seguintes padrões de emissão conforme Tabela 9.

Tabela 9: Padrões de emissão de efluentes conforme Resolução CONSEMA N° 128/2006.

Faixa de vazão (m <sup>3</sup> /d)	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	SS (mg/L)
Q < 20	180	400	180
20 ≤ Q < 100	150	360	160
100 ≤ Q < 200	120	330	140
200 ≤ Q < 500	100	300	100
500 ≤ Q < 1000	80	260	80

Fonte: adaptada da Resolução CONSEMA N° 128/2006.

Segundo a Resolução CONSEMA N° 128/2006 também fica estabelecida a variação dos padrões de emissão para os parâmetros Fósforo e Coliformes Termotolerantes, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou operarem com a eficiência mínima fixada, em função das faixas de vazão abaixo referidas, como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10: Padrões de emissão para os parâmetros Fósforo e Coliformes Termotolerantes conforme Resolução CONSEMA N° 128/2006.

Faixa de vazão (m <sup>3</sup> /d)	Fósforo Total		Coliformes Termotolerantes	
	Concentração (mg P/L)	Eficiência (%)	Concentração (NMP/100mL)	Eficiência (%)
Q < 200	-	-	-	-
200 ≤ Q < 500	-	-	10 <sup>6</sup>	90
500 ≤ Q < 1000	-	-	10 <sup>5</sup>	95
1000 ≤ Q < 2000	3	75	10 <sup>5</sup>	95

Fonte: adaptada da Resolução CONSEMA N° 128/2006.

### 2.6.7 Outros processos aplicados para Tratamentos de Esgoto Doméstico

A eficiência do sistema tanque séptico e filtro anaeróbico é usualmente inferior à dos processos aeróbicos, embora seja na maior parte das situações suficiente. Esse sistema tem

sido amplamente utilizado para pequenas populações, mas quando os padrões de eficiência não são atingidos é importante a utilização de outros processos de tratamento.

Segundo Jordão e Pessoa (2005), os principais processos para tratamento de esgotos utilizados em estações de tratamento no Brasil são: lagoas de estabilização, disposição no solo e reatores anaeróbios seguidos de pós-tratamento aeróbicos (lodos ativados e reatores aeróbios com biofilmes).

As lagoas de estabilização são destinadas ao tratamento de águas residuárias orgânicas, por meio de ações naturais, onde ocorrem fenômenos físicos, químicos e principalmente biológicos. É um processo simples e natural para tratar esgoto doméstico e o seu principal objetivo é remover matéria orgânica e microorganismos patogênicos (BASSANI, 2005).

Já a disposição de esgoto no solo é um tratamento que pode atingir alta eficiência, porém por ser um sistema natural possui baixas taxas de aplicação superficial. Pode ser utilizado como método apropriado de disposição final, com o objetivo único de tratar o esgoto ou com fim de propiciar a fertirrigação e a recarga de aquíferos. Nesse sistema o solo funciona como reator biológico, onde vários processos ocorrem para a redução das concentrações de poluentes, como sedimentação, filtração, oxidação, reações químicas e biodegradação (VON SPERLING, 2005).

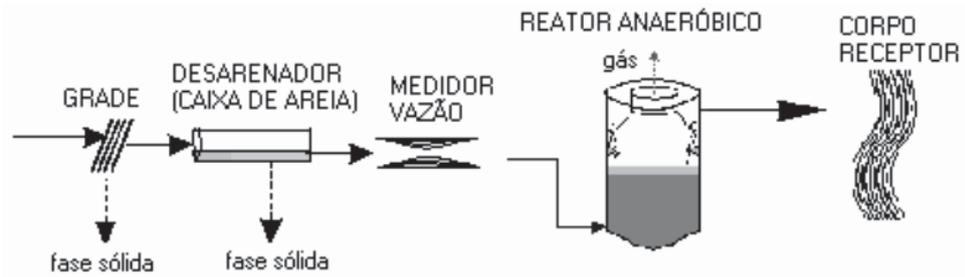
Segundo Jordão e Pessoa (2005), sistemas com reatores anaeróbios seguidos de pós-tratamento aeróbicos (lodos ativados e reatores aeróbios com biofilmes) são amplamente aplicados no Brasil e se apresentam como alternativas simples, de baixo custo e de maior sustentabilidade (JORDÃO, PESSOA, 2005).

A seguir são apresentados e detalhados os sistemas de tratamentos de esgoto que utilizam operações anaeróbicas em reatores de manta de lodo (Reatores UASB) seguidos de pós-tratamento aeróbicos.

#### **2.6.7.1 Processo com Reator UASB**

Segundo Von Sperling (2005) os reatores UASB constituem na principal tendência atual de tratamentos de esgotos no Brasil, como unidades únicas ou seguidas de pós-tratamento. A Figura 13 apresenta o fluxograma de um sistema de tratamento de esgoto composto por reator UASB. Diferentemente dos filtros anaeróbicos, não há a necessidade da decantação primária (tanque séptico), o que simplifica o processo de tratamento.

Figura 13 - Processo com reator UASB.

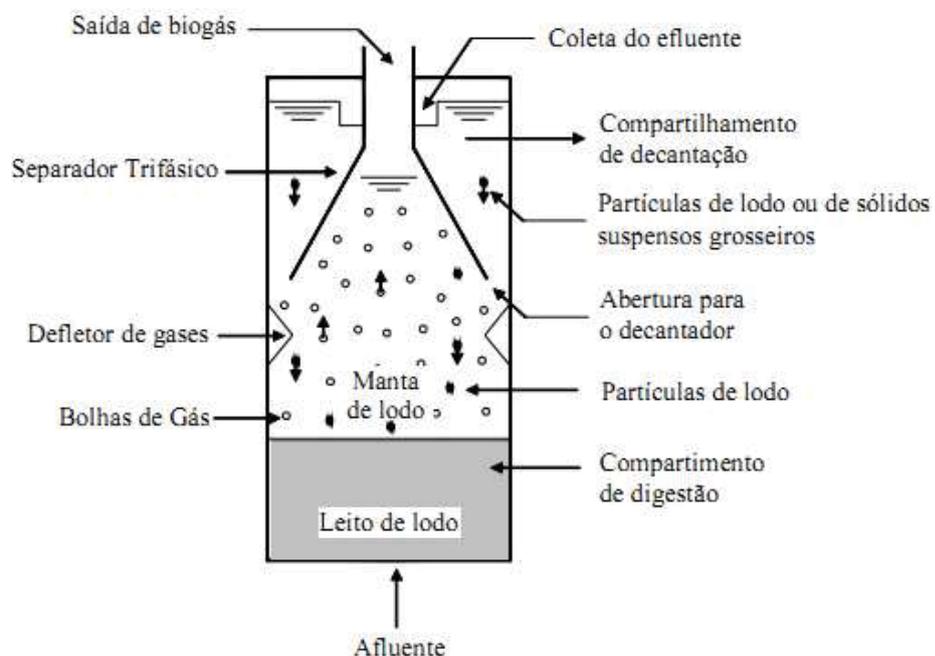


Fonte: adaptado Von Sperling (2005).

No reator a matéria orgânica é convertida anaerobicamente por bactérias presentes no manto de lodo do reator. O fluxo de líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás (principalmente metano). A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema. A produção de lodos nos reatores é bem baixa. O lodo já sai estabilizado, podendo ser dirigido diretamente para um leito de secagem (FLORÊNCIO *et al.*, 2006).

A Figura 14 representa um desenho esquemático de um reator UASB.

Figura 14 - Desenho esquemático de um reator UASB.



Fonte: (CHERNICHARO *et al.*, 1999).

Segundo Bussato (2004) quando os Reatores UASB são aplicados em locais de clima tropical e subtropical, o processo anaeróbico através desse reator apresenta inúmeras vantagens. Nessas situações as seguintes características são esperadas:

- Sistema compacto com baixa demanda de área;
- Baixo custo de implantação e operação;
- Baixa produção de lodo;
- Baixo consumo de energia;
- Satisfatória remoção de DBO/DQO. Da ordem de 65%-75%.
- Possibilidade de rápido reinício, mesmo após longas paralizações;
- Elevada concentração de lodo excedente;
- Boa desidratabilidade do lodo.

Apesar de apresentar inúmeras vantagens, principalmente no que diz respeito a demanda de área, simplicidade e baixos custos de projeto, operação e manutenção. Bossato (2004) salienta algumas desvantagens atribuídas ao processo:

- Possibilidade de emissão de maus odores;
- Baixa capacidade do sistema de tolerar cargas tóxicas;
- Elevado intervalo de tempo necessário para a partida do sistema;
- Necessidade de uma etapa de pós-tratamento;
- Pequena remoção de nutrientes.

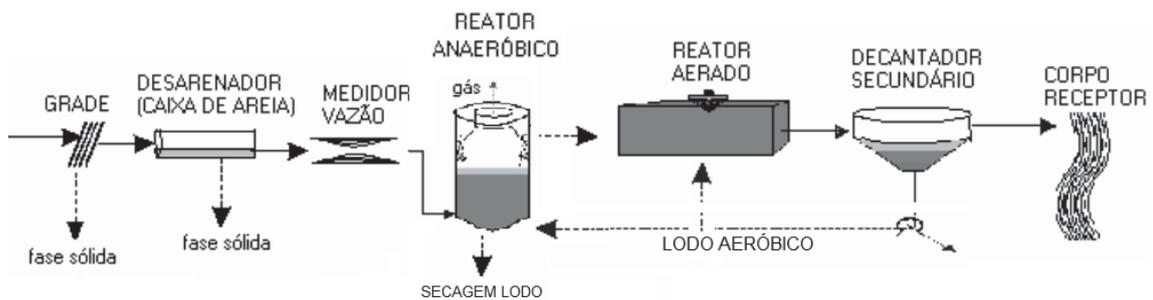
Pode-se encontrar na literatura vários experimentos, em escala real e piloto, de reatores UASB tratando esgoto sanitário. KALANGO e VERSTRAETE (1999), analisando os resultados das pesquisas, que operavam reatores com temperatura variando entre 7 e 19°C, observaram que a eficiência na remoção de DQO total variava entre 55 e 77% e o TDH de 4 a 72 h. As maiores eficiências na remoção de DQO foram observadas também as maiores remoção de SST, variando entre 55 a 94%.

Os reatores UASB nem sempre atendem aos padrões estabelecidos para lançamento de efluentes, tornando-se necessário uma etapa de pós-tratamento. Esta necessidade, em muitos casos dependendo da capacidade de autodepuração do corpo receptor, torna-se uma obrigatoriedade tendo em vista que a maioria dos corpos d'água receptores do Brasil são enquadrados na Classe II (CHERNICHARO, 2001).

### 2.6.7.2 Processo com Reator UASB e Lodos Ativados de fluxo contínuo

Segundo Von Sperling (2005) existem bactérias ativas na unidade de decantação secundária. Caso parte dessas bactérias fosse retornada à unidade de aeração, a concentração de bactérias nessa unidade seria aumentada. Este é o princípio básico do sistema de lodos ativados, em que os sólidos são recirculados do fundo da unidade de decantação secundário, por meio de bombeamento, para a unidade de aeração, como observamos na Figura 15.

Figura 15 - Processo com reator UASB e lodos ativados.

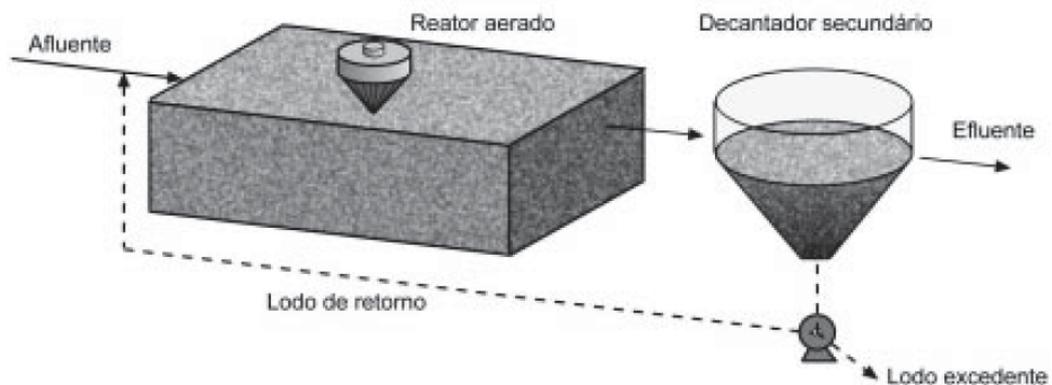


Fonte: adaptado Von Sperling (2005).

Os seguintes itens são partes integrantes e a essência de qualquer sistema de lodos ativados de fluxo contínuo (Figura 16):

- tanque de aeração (reator);
- tanque de sedimentação (decantador secundário);
- recirculação de lodo;
- retirada de lodo excedente.

Figura 16 - Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados.



Fonte: adaptado Von Sperling (2005).

Nos tanque de aeração, os dois tipos principais de aeração são: aeradores mecânicos superficiais e aeração por ar difuso. A aeração é responsável, não só pela introdução de oxigênio, mas pela manutenção da biomassa em suspensão e misturada em todo o tanque. Quanto mais bactérias houver em suspensão, maior será o consumo de alimento, ou seja, maior será a assimilação da matéria orgânica presente no efluente (VON SPERLING, 2005).

No decantador secundário ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo que o efluente final saia clarificado. Parte dos sólidos sedimentados no fundo do decantador secundário é recirculada para o reator, para se manter uma desejada concentração de biomassa no mesmo, a qual é responsável pela elevada eficiência do sistema (VON SPERLING, 2005).

Em pesquisa referente à associação de sistema anaeróbio-aeróbio, Freire et al. (1999), utilizaram um sistema combinado UASB - Lodos Ativados em escala reduzida para tratamento de esgotos sanitários com tempos de detenção hidráulica de 4,0 h no UASB e de 2,8 h no reator de lodos ativados, atingindo eficiências acima de 90%. Verificou-se que a aplicação da vazão variável não afetou o desempenho do sistema. O reator de lodos ativados foi projetado com idade de lodo de um sistema convencional (7 dias), com decantador secundário e recirculação, e sem as etapas de tratamento do lodo de descarte, pois o mesmo foi retornado para o interior do UASB, sem prejuízos para o sistema.

Segundo Jordão e Pessoa (2005) o processo de lodos ativados são utilizados como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos e é largamente utilizado em todo mundo. O sistema gera efluentes com elevada qualidade e necessita de baixos requisitos de área para o seu funcionamento, a eficiência chega a 90% de remoção de DBO e sólidos suspensos. Em contrapartida, possui alto custo operacional, consequência do alto grau de mecanização e consumo de energia. Além disso, o controle operacional do sistema é complexo, necessitando manutenção continuada e controle laboratorial completo.

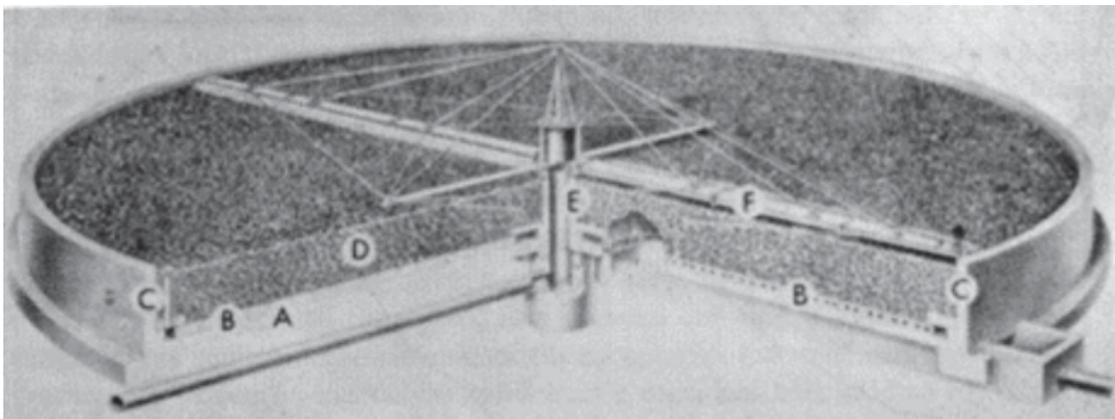
### **2.6.7.3 Processo com Reator UASB e biofilme percolado (FBP)**

Os filtros biológicos ou biofilmes percolados (FBP) são unidades de tratamento de esgoto destinado à oxidação biológica da matéria orgânica remanescente de decantadores, que pode-se dar através de filtro de alta e baixa carga. Esses filtros são constituídos de cascalho de pedra, ou pedra britada, ou ainda de enchimento plástico, onde se desenvolvem microorganismos que são responsáveis pela depuração do efluente. Essa depuração é através de dois princípios básicos: o de adsorção e posterior assimilação biológica, nutrição seguida

de respiração, transformando a matéria orgânica solúvel em gás carbônico, água e sais minerais (BASSANI, 2005).

Os filtros biológicos percolados (Figura 17) são sistemas aeróbicos, pois o ar circula nos espaços vazios o meio suporte, fornecendo o oxigênio para a respiração dos microorganismos. A ventilação é usualmente natural. A aplicação dos efluentes sobre o meio é frequentemente feita através de distribuidores rotativos, movidos de forma mecanizada ou pela própria carga hidráulica dos efluentes (VON SPERLING, 2005).

Figura 17 - Partes componentes do filtro biológico percolado.

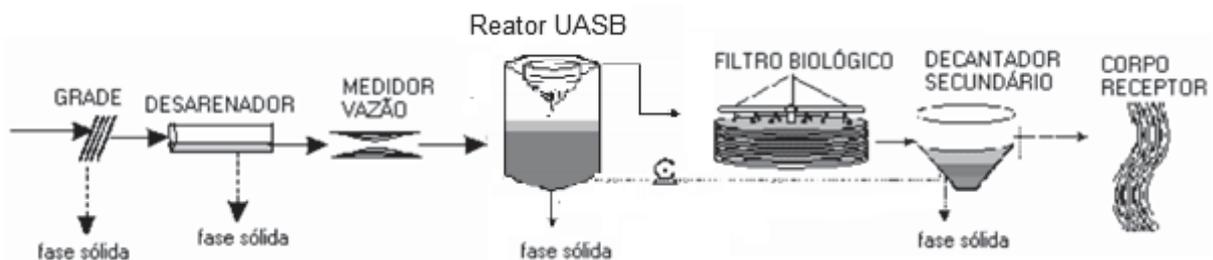


A: tubulação do afluente; B: sistema de drenagem; C: parede do tanque; D: meio suporte (brita); E: distribuidor rotativo (Coluna central); F: braço do distribuidor rotativo.

Fonte: Jordão & Pessoa (2005).

No sistema demonstrado na Figura 18 o filtro biológico está sendo aplicado como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos. O lodo aeróbico gerado no filtro biológico, ainda não estabilizado, é enviado ao reator UASB, onde sofre adensamento e digestão, juntamente com o lodo anaeróbico. O lodo misto resultante necessita apenas de desidratação (FLORÊNCIO *et al.*, 2006).

Figura 18 - Processo com reator UASB e biofilme percolado.



Fonte: adaptado Von Sperling (2005).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - U.S. EPA (2000) as principais vantagens e desvantagens dos filtros biológicos percoladores são:

- Vantagens:

- Processos biológicos de tratamento simples e confiáveis;
- Requerem pouca área, podendo ser inseridos em ambientes urbanos;
- Produzem efluentes com nível de tratamento secundário;
- Apropriados para implantação em pequenas e médias comunidades;
- Reduzem rapidamente a DBO solúvel presente no esgoto a ser tratado;
- Unidades de nitrificação eficientes;
- Não necessitam de mão-de-obra especializada para operação e manutenção.

- Desvantagens:

• Necessitam de tratamento adicional para atendimento a padrões de efluentes mais restritos;

• Possibilidade de acumulação de biomassa em excesso que não pode ser retida em condições aeróbias e que pode comprometer o desempenho dos FBs (a espessura máxima do biofilme é controlada pela taxa hidráulica aplicada, tipo de meio suporte, tipo de matéria orgânica, temperatura e natureza do crescimento biológico);

- Requerem atenção regular do operador;
- Incidência de colmatação do meio suporte é relativamente alta;
- Requerem baixas cargas dependendo do meio suporte;

Almeida *et al.* (2011) salienta que recentes pesquisas com sistemas UASB/FBP de menor porte (população equivalente: 300 a 500 habitantes) vêm apontando tendências positivas quanto ao emprego da tecnologia, sem que haja necessidade da inclusão de uma etapa de decantação secundária no fluxograma típico da ETE. Tandukar *et al.* (2006), em uma pesquisa, apresentaram resultados promissores de um sistema UASB seguido por FBP preenchido com meio suporte baseado em espumas de poliuretano, denominado *Downflow Hanging Sponge*, em que as eficiências de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos suspensos totais (SST) estiveram em torno de 95 e 70%, respectivamente.

No Brasil, devido as suas características de baixo custo e simplicidade operacional, os filtros biológicos percoladores podem assumir papel de destaque entre as tecnologias sugeridas para pequenas comunidades. Entretanto, poucas são as unidades implantadas no território nacional, conduzindo a necessidade de estudos relacionados com o tratamento de esgoto sanitário em unidades de filtro percolador, seja ele como etapa principal ou como pós-

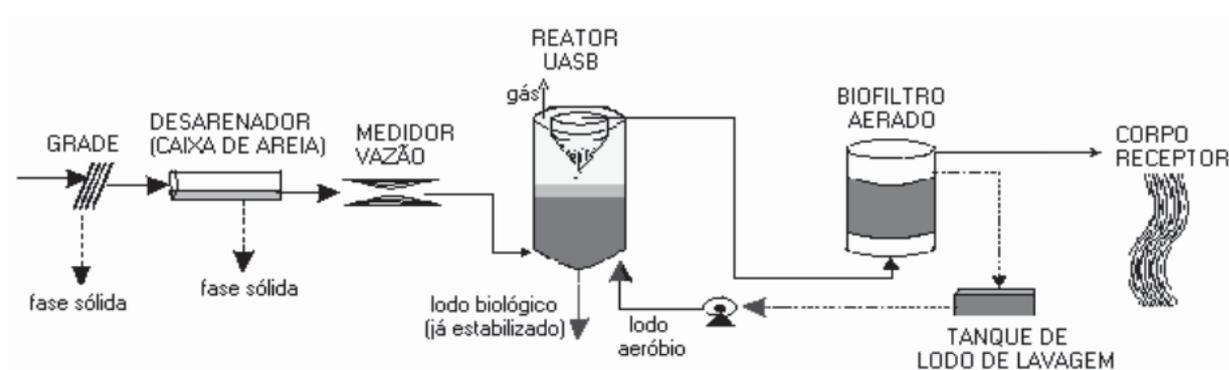
tratamento de reatores UASB, tendo em vista a forte tendência do uso de reatores UASB na etapa primária do tratamento (SILVA, 2005).

#### 2.6.7.4 Processo com Reator UASB e Biofiltro Aerado Submerso (BAS)

O Filtro aerado é constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. No meio poroso formam colônias de microorganismos aeróbicos que decompõe a parcela solúvel da matéria orgânica do efluente. Esse filtro é utilizado como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos. A aeração é realizada de forma artificial e o seu fluxo é sempre ascendente, ao passo que o fluxo de líquido pode ser ascendente ou descendente (VON SPERLING, 2005).

No Tanque de Lodo de Lavagem o lodo em excesso, removido na lavagem do Biofiltro é retornado ao reator UASB onde sofre adensamento e digestão, conjuntamente com o lodo anaeróbico (Figura 19). O lodo misto resultante necessita apenas de desidratação (FLORÊNCIO *et al.*, 2006).

Figura 19 - Processo com reator UASB e biofiltro aerado submerso.



Fonte: adaptado Von Sperling (2005).

Segundo Chernicharo (2001) a seleção do material-suporte é uma etapa crítica do projeto e da operação de um sistema envolvendo o biofiltro aerado submerso (BAS), pois deve permitir a fixação dos micro-organismos e reter fisicamente os sólidos suspensos presentes no efluente.

Uma grande quantidade de pesquisas são realizadas para avaliar a eficiência de diferentes tipos de meio suporte. Como por exemplo, Tawfik *et al.* (2010) avaliaram o desempenho de um sistema combinado UASB – BAS (em escala laboratorial) a uma temperatura de 22 a 35°C, neste sistema utilizou-se como meio suporte cilindros de

polietileno (com diâmetros de 1,85 cm) e alcançou-se remoções de DQO, Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e DBO na ordem de 92, 89 e 80%, respectivamente. Já Liu *et al.*(2010) estudaram materiais alternativos, como conchas de ostras e esferas plásticas no tratamento de efluentes domésticos em BAS, sendo relatados desempenhos satisfatórios (eficiência de remoção de matéria orgânica > 85%; eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal > 90%) para esses materiais.

Observou-se com esses estudos que mesmo operando com diferentes meios suportes os sistemas utilizando biofiltro aerado submerso como pós-tratamento de efluente atingiram altas taxas de remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e nitrogênio amoniacal.

Dentre as modalidades existentes, os biofiltros aerados submersos (BAS) destacam-se pela pequena necessidade de área em planta e pelas cargas orgânicas aplicáveis muito superiores aos processos biológicos convencionais, alcançando elevada eficiência de remoção de compostos orgânicos e sólidos suspensos (SS) (GÁLVEZ *et al.*, 2003).

Giustina *et al.*(2010) salientam que os reatores aerados submersos constituem-se em uma excelente opção para o pós-tratamento de reatores UASB, devido à sua capacidade de remover os compostos solúveis e de reter as partículas em suspensão do efluente anaeróbio, baixa produção de lodo e o reduzido consumo de energia.

#### **2.6.7.4 Processos especiais para desinfecção do esgoto doméstico**

Em relação aos sistemas de tratamentos de esgoto que utilizam operações anaeróbicas, nos reatores UASB, seguidos de pós-tratamento aeróbicos, é necessário um tratamento terciário com o objetivo de remover os organismos patogênicos. Segundo Bassani (2006) as principais opções para desinfecção do efluente de esgotos são a aplicação de compostos de cloro (hipoclorito de sódio e dióxido de cloro), ozonização e radiação ultravioleta.

De acordo com Chernicharo (2001) o desinfectante mais amplamente utilizado em nível mundial é o cloro. O cloro possui um preço acessível e é um bom desinfectante, porém percebe-se que a sua utilização pode introduzir problemas crônicos na saúde humana. O dióxido de cloro é um poderoso oxidante e desinfectante que não produz trialometanos (THMs) por cloração direta. No entanto, ele pode produzir presença de cloritos e cloratos (potencialmente cancerígenos, e pode ter um efeito potenciador de trialometanos em outras etapas posteriores). Os subprodutos oxidados como aldeídos e cetonas e outros produzidos por ele, são também considerados potencialmente perigosos para a saúde humana, e ainda tem sido pouco estudados.

É importante destacar segundo Gonçalves (2003), que estudos disponíveis já mostram que a desinfecção com cloraminas é capaz de evitar as formações de subprodutos indesejáveis especialmente os trihalometanos, de acordo com os padrões atuais, devendo apenas evitar a presença de cloro.

Em relação ao processo de Ozonização, Chernicharo (2001) caracteriza o Ozônio como um excelente desinfetante, mas também é potencialmente perigoso pelos mesmos motivos que o dióxido de cloro, pois produz toda uma série de subproduto orgânicos diferentes dos que chegam na água a ser tratada. Sabe-se que a matéria orgânica fica em forma mais biodegradável depois do tratamento com o ozônio, então esse fato deve ser levado em conta quanto à utilização do ozônio. As águas que contém brometo reagem ao tratamento, produzindo compostos bromados que são potencialmente perigosos.

Já a opção de desinfecção por radiação ultravioleta apresenta uma série de vantagens intrínsecas de esgoto tratado, notadamente, por não gerar subprodutos prejudiciais ao meio ambiente e por não ser tóxica para os peixes, mas apresenta baixas eficiências quando os teores de sólidos suspensos no efluente são mais elevados (CHERNICHARO, 2001).

É importante que os sistemas de tratamentos de esgoto que se utilizam de reatores UASB seguidos de pós-tratamento aeróbicos, possuam um pós-tratamento de desinfecção do efluente. Com isso evita-se que o efluente seja lançado no corpo receptor com presença de microorganismos patogênicos que podem ocasionar doenças na população. Com um processo de desinfecção adequado o sistema de tratamento de esgoto apresentará eficiências de remoção de coliformes dentro das normas de lançamento do efluente.

### **2.6.8 Análise e seleção do processo de tratamento de esgotos**

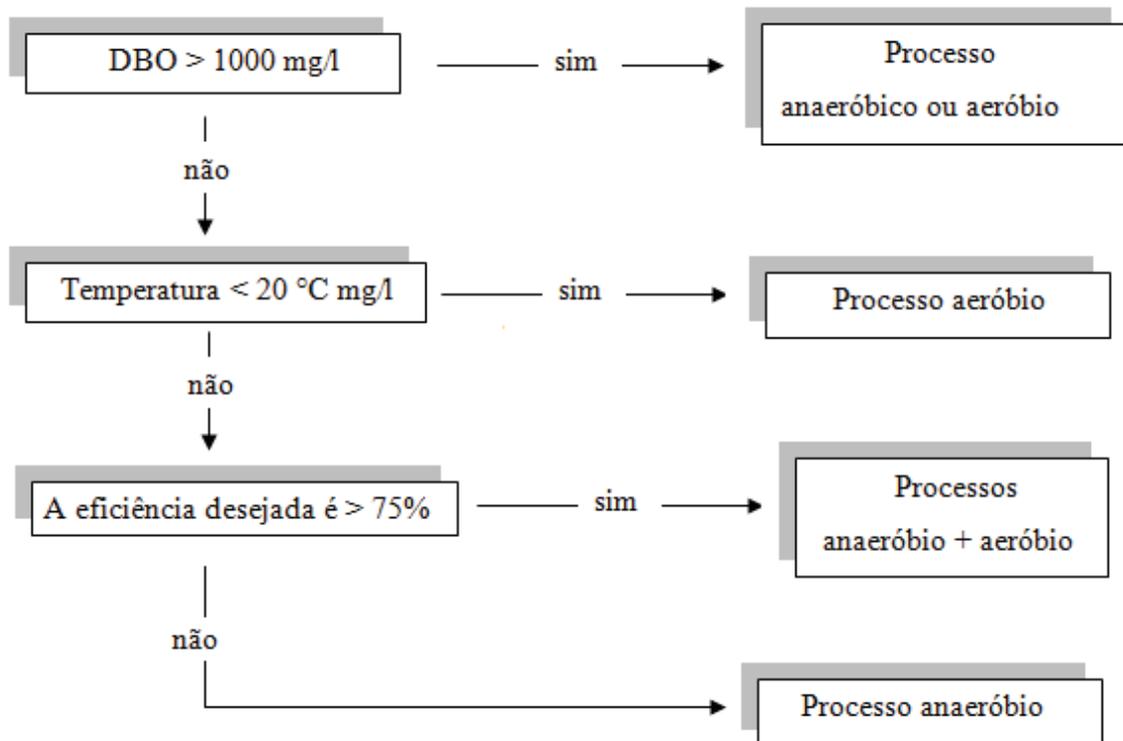
Segundo Von Sperling (2005), para a seleção e avaliação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico devem ser analisados e comparados os seguintes parâmetros: a eficiência de remoção de sólidos, matéria orgânica, microorganismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes; a capacidade de absorver as variações qualitativas e quantitativas dos efluentes; as facilidades e dificuldades para a manutenção e operação; custos diretos na implantação e operação.

A decisão quanto ao sistema a ser adotado para o tratamento de esgoto doméstico deve levar em consideração a capacidade do sistema de tratamento atingir as exigências legais de disposição e qualidade do efluente, e também os aspectos econômicos de implantação e manutenção desse sistema (JORDÃO; PESSOA, 2005).

Segundo Jordão e Pessoa, no Brasil tem-se dado ênfase ao processo anaeróbico para tratamento de esgoto doméstico, com atenção especial aos reatores de manta de lodo (reatores UASB). Os autores salientam que o reator UASB atuando isoladamente apresenta limitação na eficiência, por isso destacam-se opções de pós-tratamento ao reator anaeróbico, tornando competitivo com os processos aeróbicos de grau secundário. Em relação aos processos aeróbicos os autores fazem referência ao processo de lodo ativado e os filtros biológicos por serem extremamente simples em sua concepção e operação.

A escolha entre processos aeróbios e anaeróbios depende inicialmente das características do esgoto afluente; a necessidade de um pós-tratamento ao processo anaeróbico depende de por sua vez das exigências impostas para o efluente tratado (JORDÃO; PESSOA, 2005). O esquema da Figura 20 indica as opções possíveis na opção de processo.

Figura 20 - Possibilidade de processos e tratamentos.



Fonte: Adaptado de (JORDÃO; PESSOA, 2005).

Jordão e Volschan Junior (2009) apresentaram uma avaliação de diversos sistemas de tratamento de esgotos e selecionaram os sistemas compostos por reatores anaeróbios seguidos de pós-tratamento aeróbicos, como sendo os sistemas que melhor se aplicam aos empreendimentos inseridos no meio urbano (como empreendimentos habitacionais, empresas,

universidades e institutos educacionais), levando em conta para isso, critérios técnicos e econômicos.

No Quadro 2, são apresentados os níveis de tratamento dos sistemas compostos por reatores UASB seguidos de pós-tratamento aeróbico, relacionados à eficiência de remoção de poluentes que são capazes de promover. Desta forma é possível determinar se a tecnologia de tratamento atende aos padrões de lançamento exigidos.

Quadro 2: Tecnologias de tratamento relacionadas à eficiência.

Tecnologia de Tratamento	Eficiência de Remoção (%)					Remoção Eficaz
	DBO	SST	NH <sub>3</sub>	N-t	P-t	
UASB + Lodos Ativados	80 -90	80 - 90	80 - 90	< 60	< 30	DBO, SST
UASB+Filtro Biológico Percolador	80 -90	80 - 90	60 -80	< 60	< 30	DBO, SST
UASB +Filtro Aerado Submerso	80 -90	80 - 90	60 -80	< 60	< 30	DBO, SST

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

No quadro 3, Jordão e Volschan Junior (2009) apresentam características técnicas e econômicas dos sistemas, permitindo a avaliação da tecnologia de tratamento quanto à adequação de cada caso diferente que poderá ser empregado.

A partir desses dados pode ser feita a escolha da tecnologia de tratamento de esgotos domésticos que mais se adéqua a um empreendimento inserido no meio urbano.

Quadro 3: Características técnicas e econômicas das tecnologias de tratamento.

Tecnologia de Tratamento	Requisitos de área superficial (m <sup>2</sup> /hab)	Mecanização: principais equipamentos	Requisitos de energia elétrica (kW/h/hab.ano)	Lodo		Grau de complexidade de O&M*	Custos	
				Geração de lodo (L/hab.ano)	Frequência de Remoção		Implantação (R\$/hab)	O&M* (R\$/hab.ano)
UASB + Lodos Ativados	0,08 – 0,2	Elevatória de esgoto bruto e sistema de aeração	14 -20	180 - 400	quinzenal	3	70 - 110	40 - 60
UASB + Filtro Biológico Percolador	0,10 – 0,2	Elevatória de esgoto bruto	0	180 - 400	mensal	2	60 - 90	15 - 20
UASB + Filtro Aerado Submerso	0,05 – 0,15	Elevatória de esgoto bruto e sistema de aeração	10 -15	180 - 400	mensal	2	70 - 110	25 - 35

\* Atividades de operação e manutenção.

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 Caracterização do local da pesquisa

O objeto de estudo desse trabalho é o Campus Passo Fundo do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul).

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), integrante da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, foi criado a partir do CEFET-RS, mediante Lei nº11.892, de 29 de dezembro de 2008 ( IFSUL, 2012).

O IFSul, cuja reitoria localiza-se em Pelotas/RS, é formado por doze campi, sendo cinco em atividade (Pelotas, Pelotas-Visconde da Graça, Sapucaia do Sul, Charqueadas, Bagé, Camaquã, Venâncio Aires e Passo Fundo) e três em fase de implantação (Sapiranga, Lajeado e Gravataí), além de um campus avançado em Santana do Livramento (IFSUL, 2012).

Pode-se observar na Figura 21 a distribuição dos campi do IFSul no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 21 - Rede IFSul.



Fonte: (IFSUL, 2012).

O Campus Passo Fundo é uma Instituição Pública especializada em Educação Profissional e Tecnológica, vinculada ao Ministério da Educação. Foi implantado pelo Programa de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica do Governo

Federal, e o principal objetivo do Campus é levar ensino profissional público e gratuito na área tecnológica para a região do Planalto Médio (IFSUL, 2012).

Essa instituição foi inaugurada no dia 30 de outubro de 2007, atualmente é oferecido cursos de nível técnico (pós-médio) nas áreas de Edificações, Informática e Mecânica e curso superior em Tecnologia na área de Informática.

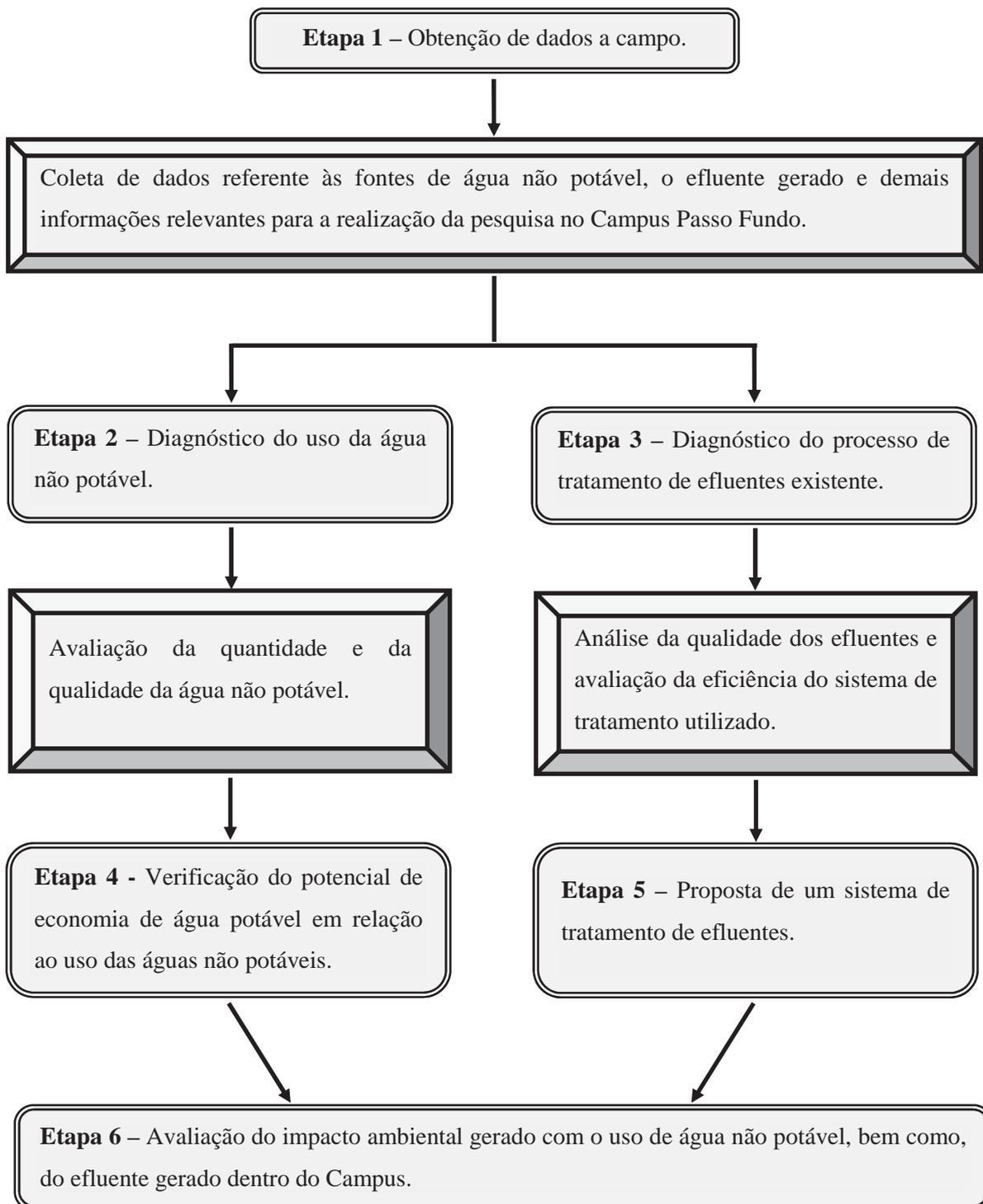
Nos próximos anos, com a consolidação da infraestrutura, pretende-se implantar outros cursos em diferentes níveis e modalidades, com o objetivo de aumentar o número de alunos, procurando sempre atender os arranjos produtivos locais e regionais.

### **3.2 Descrição das etapas de pesquisa**

O presente estudo foi dividido em etapas: a primeira compreende a obtenção de dados a campo, onde foram adquiridas informações relevantes para a realização da pesquisa no Campus Passo Fundo, a segunda e terceira etapa faz o diagnóstico do uso de água não potável e dos sistemas de tratamentos de efluentes. As etapas quatro e cinco correspondem a verificação do potencial de economia de água potável em relação ao uso de água não potável, e uma proposta de um sistema eficiente de tratamento de efluentes para o Campus Passo Fundo. Como última etapa buscar-se-á avaliar o impacto ambiental gerado com o uso de água não potável e com o tratamento do efluente gerado dentro do Campus.

Dessa forma o desenvolvimento da pesquisa está formado por seis etapas, como pode ser visto no fluxograma da Figura 22.

Figura 22 - Estrutura metodológica para o desenvolvimento da pesquisa.



Para o desenvolvimento das etapas representadas no fluxograma foram adotados os seguintes passos metodológicos.

### 3.2.1 Obtenção de dados a campo

Nesta etapa foi realizada uma pesquisa de campo, onde obteve-se para o Campus Passo Fundo, os seguintes dados:

- a) o número de prédios existentes;
- b) a população;
- c) o sistema hidrossanitário existente;
- d) as fontes de água não potável;
- e) as utilizações dessas fontes;
- f) o consumo de água potável;
- g) os tipos de efluentes gerados;
- h) os tipos de sistema de tratamento de esgoto aplicados no Campus.

Através de visitas *in loco* identificou-se os prédios que compõem o Campus, já para determinar a população que se utilizam dessas edificações foi solicitada junto ao setor administrativo a relação dos alunos matriculados no primeiro semestre de 2012 e o número de servidores que realizam suas atividades regularmente no campus.

Para fazer um levantamento sobre o sistema hidrossanitário, solicitou-se ao setor de coordenação de área física os projetos hidrossanitários de todos os prédios, através da análise desses projetos e visitas *in loco* foi possível à descrição dos elementos que compõem os sistemas de água potável e os sistemas de água não potável, além de identificar o uso da água não potável no campus.

Em relação ao levantamento do consumo de água potável, foram obtidos junto ao setor administrativo do Campus, os dados de consumo de água medidos pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Buscando identificar os tipos de efluentes gerados, foram realizadas entrevistas com funcionários integrantes do quadro técnico dos laboratórios de fabricação mecânica, edificações e informática com o intuito de determinar se as atividades desenvolvidas nesses locais geram resíduos que possam estar sendo destinados ao sistema de tratamento de esgoto.

Com o projeto hidrossanitário e visitas *in loco*, determinou-se os tipos de sistema de tratamento de esgoto aplicados nos prédios do Campus.

Ainda nesta pesquisa de campo foi necessário realizar a busca e a identificação dos prédios que possam vir a apresentar resultados mais significantes no estudo sobre o uso de

água não potável e sobre os sistemas de tratamento de esgoto. Sendo assim, foi necessário quantificar a população de usuários, bem como definir o comportamento desses diariamente. Assim, foi possível escolher os prédios que apresentassem a maior população e/ou o maior tempo de permanência das pessoas nos prédios.

### **3.2.2 Diagnóstico do uso da água não potável**

O diagnóstico desta etapa compreende a avaliação da qualidade e da quantidade das águas de fontes não potáveis identificadas nos prédios que foram definidos para a realização da pesquisa, bem como, a determinação do perfil de uso dos aparelhos sanitários que utilizam água dessas fontes.

#### **3.2.2.1 Demanda de água não potável**

Para a determinação da demanda de água não potável, instalou-se nas saídas dos reservatórios de água não potável, equipamentos de hidrometração com o intuito de monitorar o consumo nos prédios, além de identificar os horários de consumo de pico, desta maneira, possibilitando a criação de um perfil de consumo para o local.

Esse monitoramento foi realizado através do conjunto: medidor de vazão, acompanhando de um Data Logger e um transmissor de dados. Esse é um sistema de medição remota, no qual os medidores, ao realizarem a leitura de consumo, emitem pulsos, lidos e transmitidos por um transmissor de dados a um Data Logger, este por sua vez armazena os dados de vazão em intervalos de tempo predefinidos, que são lidos de tempos em tempos. Na Figura 23 podemos observar a representação do sistema de medição.

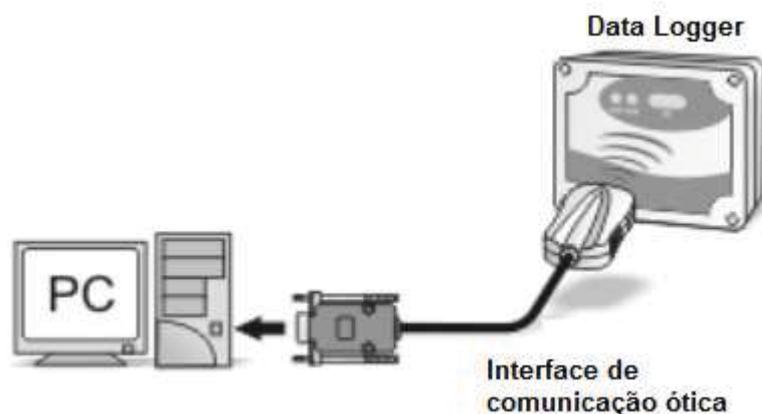
Figura 23 - Esquema representativo da montagem do conjunto de medição.



Fonte: adaptado (NOVUS, 2012).

Com o auxílio de uma Interface de Comunicação Ótica, transferem-se estas informações armazenadas no Data Logger a um computador, o que possibilita a criação de um perfil de consumo para o local. Na Figura 24, observamos um esquema representativo da aquisição dos dados para um computador.

Figura 24 - Esquema representativo da aquisição dos dados armazenados no Data Logger.



Fonte: adaptado (NOVUS, 2012).

Os equipamentos que compõem o sistema utilizado para a medição do consumo estão descritos a seguir:

a) Medidor de Vazão: foi utilizado um Medidor Modelo Flodis classe C: Qn (vazão nominal)  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  – diâmetro de 1"; como pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Medidor Flodis 1".



b) Transmissor de dados: Foi usado um Cyble pulsado K1, para ser usada em conjunto com o medidor de vazão e o Data Logger. O sensor Cyble pulsado é apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Cyble pulsado K1.



c) Data Logger: Foi utilizado o LogBox-AA IP65, para ser usada em conjunto com o medidor de vazão e o cyble pulsado. Podemos observar o LogBox na Figura 27.

Figura 27 – LogBox.



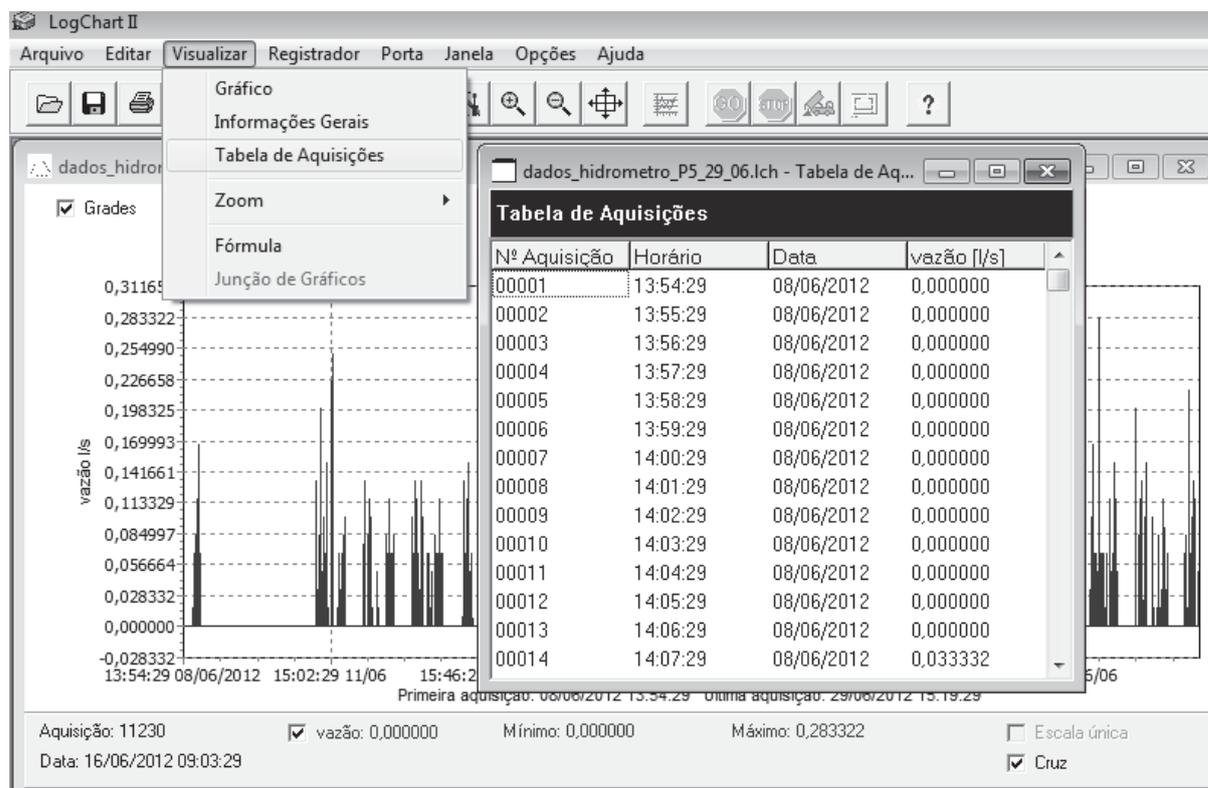
- Interface de comunicação ótica: IrLink3-USB (Figura 28).

Figura 28 - Interface de comunicação ótica.



Os dados importados para o computador são processados com o auxílio do software configurador LogChart-II, que acompanha o LogBox (Figura 29). No software os dados podem ser apresentados em formas de gráficos e tabelas de aquisições. Dessas tabelas os dados podem ser salvos em formato .txt, e assim, importados para o Microsoft Office Excel®, o que facilita a manipulação dos dados.

Figura 29 - Software LogChart-II.



### 3.2.2.2 Determinação da frequência de uso da água não potável

Para determinar a frequência de uso dos aparelhos sanitários nos ambientes sanitários atendidos por água não potável, foi instalado um sistema com equipamentos eletrônicos que permitem determinar o momento de consumo de água nas bacias sanitárias e mictórios, dessa forma foi possível à realização do diagnóstico do uso da água nesses ambientes.

A aplicação do sistema consistiu em instalar nas bacias sanitárias, uma Chave de Fluxo (CF) (ver Figura 30), para detectar o momento de consumo de água. As Chaves de fluxo são aparelhos que controlam a passagem de água para os aparelhos sanitários, e que são acionadas quando ocorre uma utilização do equipamento sanitário ao qual ela encontra-se instalada.

Nas válvulas de acionamentos dos mictórios optou-se por instalar chaves de contato do tipo “abre/fecha” (Figura 31). Essas chaves foram adaptadas em um suporte que foi acoplado sobre as válvulas de acionamento da descarga dos mictórios

Figura 30 - Chave de Fluxo



Figura 31 - Chave de contato.



Sendo assim, quando os usuários acionarem as descargas das bacias sanitárias ou mictórios irão fechar os interruptores das chaves de fluxo e fornecer o contato, emitindo um sinal que irá permitir a contagem dos usos.

Para o armazenamento de dados utilizou-se uma central de armazenamento de dados (CAD) (ver Figura 32), que recebe, via uma conexão Wireless, as informações dos eventos do uso de água, dos Módulos Transmissores de Eventos (MTE's) (ver Figura 33), que detectam o acionamento das chaves de fluxo e das chaves de contato, e fazem o armazenamento cronológico dos dados.

Figura 32 - Central de armazenamento de dados (CAD).

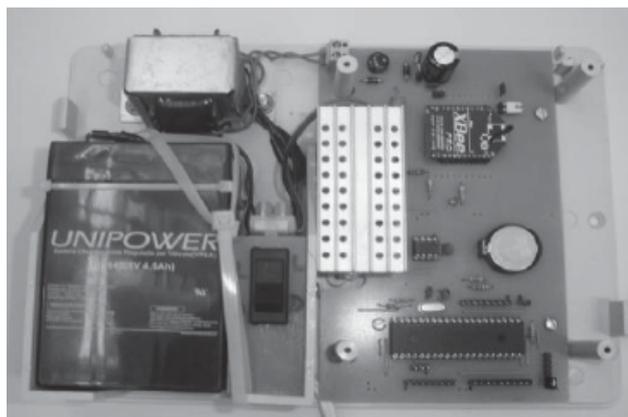
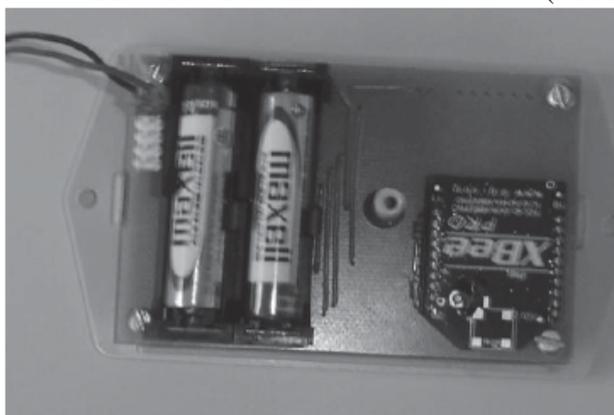


Figura 33 - Módulos transmissores de eventos (MTE's).



Os dados armazenados são transmitidos para o microcomputador, que possui um adaptador Wirelles (Figura 34), apropriado para o processamento e análise dos dados. O adaptador é instalado na porta USB, mantendo a compatibilidade com o Sistema Operacional Microsoft Windows®.

Figura 34 - Adaptador wirelles.



As MTE's devem ficar no ambiente sanitário e as chaves de fluxo e de contato nos pontos de consumo. Já a CAD deve ser instalada onde o público não tenha acesso, localizada no centro das regiões mais distantes, para evitar regiões de sombra na comunicação.

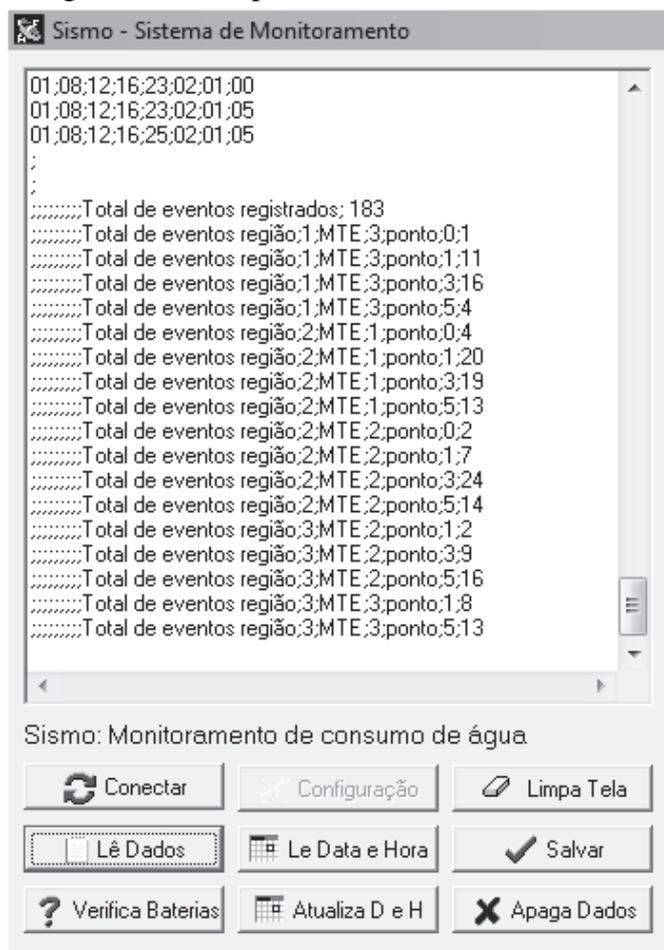
O sistema usa nas MET's a tecnologia de módulos ZigBee®, essa identidade armazena duas informações importantes para a localizar o MTE na rede instalada, que é a região que ele pertence e seu número dentro da mesma.

Com este sistema é possível obter 255 regiões distintas com até 15 MTE's, cada um com capacidade para armazenar até 5 CF, sendo possível assim monitorar até 19.125 pontos no sistema.

A CAD deve ser lida periodicamente, pois a mesma só tem capacidade para registrar 30.000 eventos.

Para a coleta de dados, utilizou-se o software de monitoramento SISMO (ver Figura 35), onde os dados são salvos em formato .txt, depois podem ser importados para o Microsoft Office Excel®, gerando assim uma planilha de dados.

Figura 35 - Tela para leitura dados no SISMO.



### 3.2.2.3 Perfil do consumo da água não potável

Na determinação do perfil de uso dos aparelhos sanitários que utilizam água não potável, foi necessário conhecer a demanda de água não potável, a frequência de uso das descargas das bacias sanitárias e dos mictórios pelos usuários, consumo por descargas, bem como, a população atendida nos prédios diariamente.

A frequência de uso das descargas das bacias sanitárias e dos mictórios foi conhecida a partir dos dados de acionamentos das descargas dos aparelhos sanitários (obtidos com o

sistema de equipamentos eletrônicos). Já a demanda total de água não potável, utilizada nesses aparelhos sanitários, foi medida com a utilização do sistema de hidrometração.

Para determinar o consumo de água nas descargas das bacias sanitárias, buscou-se as especificações técnicas dos aparelhos que determinam a capacidade de água armazenada nas caixas de armazenamento para cada descarga. Em relação aos mictórios, usou-se a vazão recomendada pela NBR 5626/98 para as descargas dos mictórios, que é de 0,15 L/s, sendo assim, para determinar o consumo de água por descarga tornou-se necessário medir, com auxílio de um cronômetro, o tempo de acionamento das válvulas de descarga.

Com isso, foi possível determinar o consumo de água não potável por bacias sanitárias e mictórios em um determinado intervalo de tempo.

Para determinar o percentual da população que se utiliza diariamente das descargas dos aparelhos sanitários, foi necessário identificar o número de acionamentos diários das descargas desses aparelhos, identificado no sistema com equipamentos eletrônicos, supondo que cada acionamento correspondesse a um usuário diferente. Também necessitou-se determinar a população média atendida diariamente nos prédios, esse dado foi conhecido na etapa de obtenção de dados a campo.

#### **3.2.2.4 Qualidade da água não potável**

Para determinar a qualidade da água não potável foram coletadas amostras nos reservatórios de água não potável dos prédios escolhidos para a realização da pesquisa, na data de 04/03/2012, sendo que as últimas precipitações pluviométricas registradas no local foram de 74,8mm e 8,3mm nos dias 01/03 e 02/03/2012, respectivamente. Com essas amostras foi possível realizar análises físico-químicas e microbiológicas para avaliar a qualidade dessas águas a partir de parâmetros específicos, tais como, pH, cloro total residual, turbidez, DBO5, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

As análises foram realizadas nos laboratórios de microbiologia (CEPA) e no laboratório de controle de efluentes (LACE) da Universidade de Passo Fundo – UPF. O método de análise de referência utilizado foi o Standart Methods for the examination of water and wastewater, 20 th edition.

Os resultados observados nesses parâmetros foram comparados com limites classificatórios de qualidade estabelecidos pela Portaria MS N°2914/11, Resolução CONAMA N°357/05, Resolução CONAMA N°274/00 e NBR 15527/07.

Foi realizado a comparação com os limites estabelecidos pela Portaria MS N°2914/11, que refere-se a água para consumo humano, porque apesar da água não potável não ser recomendada para ingestão humana sabe-se que em vários locais do mundo águas sem tratamento são utilizadas para esse fim.

Já em relação aos limites classificatórios de qualidade estabelecidos para a Resolução CONAMA N°357/05, utilizou-se para a comparação os parâmetros relativos à Classe 2, que definem águas que podem ser utilizadas para abastecimento (após tratamento convencional), recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Para a Resolução CONAMA N°274/00 utilizou-se os limites relativos aos padrões de balneabilidade para águas consideradas satisfatórias.

Também foi realizado a comparação com os limites estabelecidos pela NBR 15527/07, já que, essa norma determina a qualidade de águas de chuva coletadas nas coberturas em áreas urbanas, e utilizadas para fins não potáveis tais como descargas em bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos e calçadas, limpezas de pátios e usos industriais.

### **3.2.3 Avaliação do potencial de economia de água potável**

Nesse item foi necessário conhecer o consumo de água potável e o de água não potável, o que representa o consumo total de água no campus. O consumo de água potável definiu-se a partir das medições da CORSAN. Já o consumo de água não potável nos prédios identificados para a realização da pesquisa, foram obtidos com as medições nos sistemas de hidrometração. Nos outros prédios do campus que utilizam água não potável, esse consumo foi estimado, relacionando-se, a população média que se utiliza desses prédios diariamente com o percentual de uso das bacias sanitárias e mictórios identificado nos prédios que foram instalados os sistemas com equipamentos eletrônicos para determinação da população. Desta forma, definiu-se o número de acionamentos diários nas descargas das bacias sanitárias e mictórios, e para saber o consumo de água não potável multiplicou-se o número de descargas pelo consumo de água apresentado por descarga nesses aparelhos.

Para conhecer o potencial de economia de água potável tornou-se necessário determinar se toda a demanda por água não potável foi atendida com água de fontes não potáveis. A verificação se a demanda de água não potável foi atendida diariamente foi realizada com o auxílio de planilhas desenvolvidas no Microsoft Office Excel®. A partir dessas planilhas, realizou-se as comparações entre o volume de água não potável disponível diariamente nos reservatórios e a demanda diária dessa água.

### **3.2.4 Diagnóstico do processo de tratamento de efluentes existente**

O diagnóstico desta etapa compreende a análise da qualidade dos efluentes obtidos com os processos anaeróbios que compõem os sistemas de tratamento de esgoto nos prédios definidos para a realização da pesquisa, buscando também a avaliação da eficiência desses sistemas.

#### **3.2.4.1 Análise da qualidade dos efluentes dos sistemas de tratamento**

Para a análise da qualidade dos efluentes, foram coletadas amostras dos efluentes gerados antes e após cada etapa do tratamento, com essas amostras foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas para avaliar os principais parâmetros de qualidade em relação ao tratamento dos esgotos, tais como pH, DBO5, DQO, nitrogênio total, fósforo total, surfactantes, teor de sólidos, óleos e graxas, coliformes totais, coliformes termotolerantes. As análises foram realizadas nos laboratórios de microbiologia (CEPA) e no laboratório de controle de efluentes (LACE) da Universidade de Passo Fundo – UPF. O método de análise de referência utilizado foi o Standart Methods for the examination of water and wastewater, 20 th edition,

#### **3.2.4.2 Avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto**

A avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento foi realizada pela comparação entre os parâmetros analisados e os padrões de lançamentos de efluentes estabelecidos pelas resoluções do CONAMA 430/2011 e do CONSEMA N ° 128/2006.

Em função do corpo receptor, que recebe os efluentes do Campus Passo Fundo, não apresentar uma classificação quanto ao tipo de classe do corpo receptor, utilizou-se os

critérios prescritos pela resolução CONAMA N° 430/2011, o qual indica que na ausência de estudos específicos quanto à classificação do corpo receptor, este será considerado de classe 2. Desta forma, usou-se os padrões de qualidade, estabelecidos para águas de Classe 2, como padrões permissíveis de lançamento do efluente.

### **3.2.5 Proposta de um sistema de tratamento de esgoto**

Para propor o sistema de tratamento de esgoto para o campus foram analisados os principais sistemas compactos de tratamento de esgoto, apresentados no Capítulo de Revisão Bibliográfica, buscando-se determinar sistemas mais eficazes no tratamento de esgotos domésticos e mais adequados em empreendimentos inseridos no meio urbano.

Para esses sistemas, buscou-se verificar quais os tipos de estações compactas são oferecidos no mercado nacional. E a partir das alternativas de tratamento disponíveis comercialmente, as mesmas foram comparadas baseando-se em Von Sperling (2005), que determina que para a avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto doméstico devem ser analisados e comparados os seguintes parâmetros: a eficiência de remoção de sólidos, matéria orgânica, micro-organismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes; as facilidades e dificuldades para a manutenção e operação; custos diretos na implantação e operação. Para realizar essa comparação, utilizou-se as características técnicas e econômicas das tecnologias de tratamento, apresentadas por Jordão e Volschan Junior (2009).

### **3.2.6 Avaliação do impacto ambiental gerado com o uso de água não potável, bem como, o efluente gerado dentro do Campus Passo Fundo**

De posse dos dados relativos à economia de água potável e as características físico-químicas e microbiológicas do efluente lançado no corpo receptor, buscou-se determinar os principais impactos ambientais em relação ao uso de água não potável e da eficiência do sistema de tratamento de esgoto no Campus Passo Fundo. Para tanto, se fez necessário à elaboração de uma Matriz de Interação de Impactos para avaliar os possíveis impactos ambientais.

Para tanto, se buscou junto a dez profissionais das mais diversas áreas da engenharia (Agronomia; Civil; Química) o preenchimento desta matriz de acordo com o seu conhecimento técnico. Para permitir a análise técnica desses profissionais, foi elaborado um

relatório contendo informações sobre: o espaço físico do Campus Passo Fundo, o uso de água não potável (consumo, aplicação e qualidade apresentada pela água), sistema de tratamento de esgoto (tipo de tratamento e características do efluente). Com a colaboração desta equipe técnica foi possível identificar quais os impactos se mostram mais relevantes em relação a sua significância e magnitude.

Os dados obtidos também poderiam ser aplicados na busca de alternativas para minimizar tais impactos, que podem ser denominadas de medidas mitigadoras. Essas medidas propõem ações que tem a finalidade de reduzir a magnitude ou a importância dos impactos ambientais. Nesta pesquisa poderiam ser sugeridas medidas em relação ao sistema de captação de água de chuva e também em relação à disposição do efluente no solo, todas essas informações poderiam ser retiradas a partir da análise dessa matriz de interação apresentada nessa pesquisa. Ressalta-se que esse trabalho não teve como objetivo a apresentação de medidas mitigadoras.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Obtenção de dados a campo

Na pesquisa de campo desenvolvida no Campus, observou-se que este é composto por: um prédio de sala de aula, um prédio com laboratórios de informática, uma oficina de fabricação mecânica, laboratórios do curso de edificações, centro de convivência, auditório e o prédio do setor administrativo. A distribuição dos prédios no instituto está representada na Figura 36.

Figura 36 - Distribuição dos prédios.



Onde: A: Prédio Setor Administrativo; B: Oficina de Fabricação Mecânica; C: Prédio dos Laboratórios de Informática; D: Prédio de salas de aula; E: Centro de Convivência e Laboratório de Edificações; F: Auditório.

Fonte: IFSul (2012).

Sobre a população de usuários em cada prédio, foi possível, em um levantamento junto ao setor administrativo do Campus, conhecer o número de funcionários e alunos que se utilizam dos prédios diariamente.

Na Tabela 11, observa-se o número de professores e técnicos administrativos que compõem o quadro fixo de funcionários do campus, além dos funcionários terceirizados que atuam na vigilância e serviços gerais do campus.

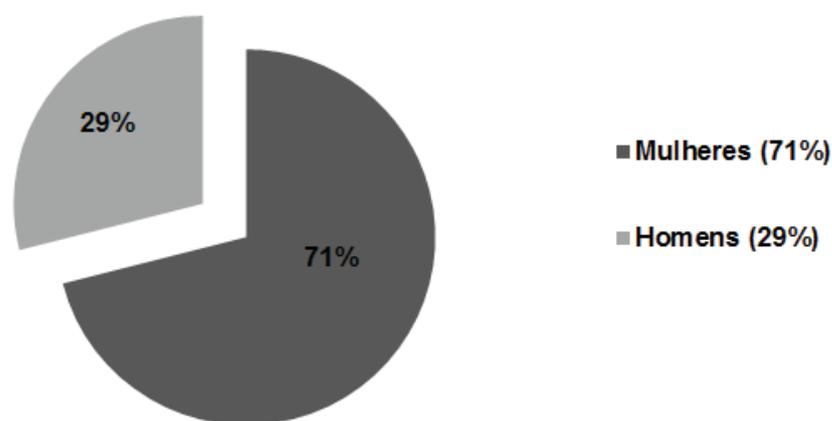
Tabela 11: Total de servidores do Campus Passo Fundo.

<b>Cargo</b>	<b>N° de servidores</b>
Professores	45
Técnicos Administrativos	35
Funcionários Terceirizados	27
<b>Total de Servidores</b>	<b>107</b>

Os técnicos administrativos cumprem oito horas diárias nas dependências do prédio do setor administrativo, também neste prédio está o vestiário dos funcionários terceirizados. Já os professores, nos períodos que não estão em sala de aula, cumprem sua carga horária na sala dos professores que está situada no prédio do centro de convivência.

Com esses dados observou-se que o prédio do setor administrativo possui diariamente uma população constante e que permanece um longo período de tempo neste local. Um estudo mais detalhado dessa população nos mostrou que ocorre a predominância do sexo feminino como podemos observar na Figura 37.

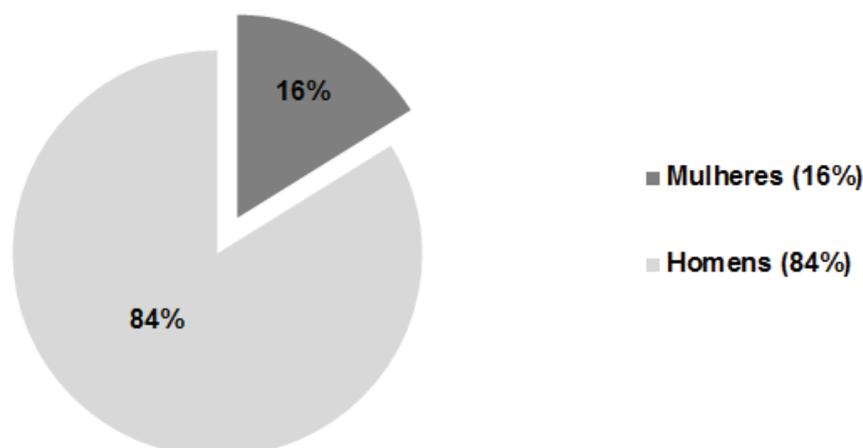
Figura 37 - Gráfico da porcentagem de funcionários por sexo.



Com a obtenção, junto ao setor administrativo do campus, da relação dos alunos matriculados no primeiro semestre de 2012 foi possível analisar a lista de alunos matriculados por turma, o que permitiu conhecer o número total de alunos, a distribuição por prédio e a porcentagem de alunos por sexo.

Como resultado, tem-se 491 alunos matriculados, sendo a grande maioria do sexo masculino como se pode observar na Figura 38.

Figura 38 - Gráfico da porcentagem de alunos por sexo.



Com o número de alunos por turma e sabendo-se a distribuição das turmas por prédios, observou-se que o prédio dos laboratórios de informática é o que apresenta o maior número de alunos diariamente. Esses números estão demonstrados na Tabela 12.

Tabela 12: Número de alunos por prédio.

Local	Número de Alunos					Média por dia
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
Prédio de salas de aula	204	192	218	213	228	211
Prédio dos laboratórios de informática	238	183	228	302	226	236
Oficina de Fabricação Mecânica	75	127	93	91	113	100
Laboratório de Edificações	0	13	15	15	28	15

Analisando-se os projetos hidrossanitários e realizando visitas *in loco*, observou-se que os prédios do setor administrativo, da oficina de fabricação mecânica, dos laboratórios de informática e de salas de aula foram projetados com rede dupla de abastecimento de água, sendo uma rede de água potável e outra rede de água não potável. Nestes prédios a rede que recebe água potável da concessionária atende as torneiras dos lavatórios, chuveiros e a limpeza em geral, a rede que recebe água não potável alimenta as bacias sanitários e mictórios. Salienta-se que nos períodos em que não há disponibilidade de água não potável,

existe a possibilidade de alimentação dos aparelhos sanitários por água potável, visto que há uma interligação entre as redes.

Já os prédios do centro de convivência e o do auditório só possuem abastecimento com água potável.

Através de visitas *in loco* levantou-se os equipamentos que apresentam consumo de água nos prédios, a quantificação desses equipamentos está descrito na Tabela 13.

Tabela 13: Equipamentos que apresentam consumo de água no Campus Passo Fundo.

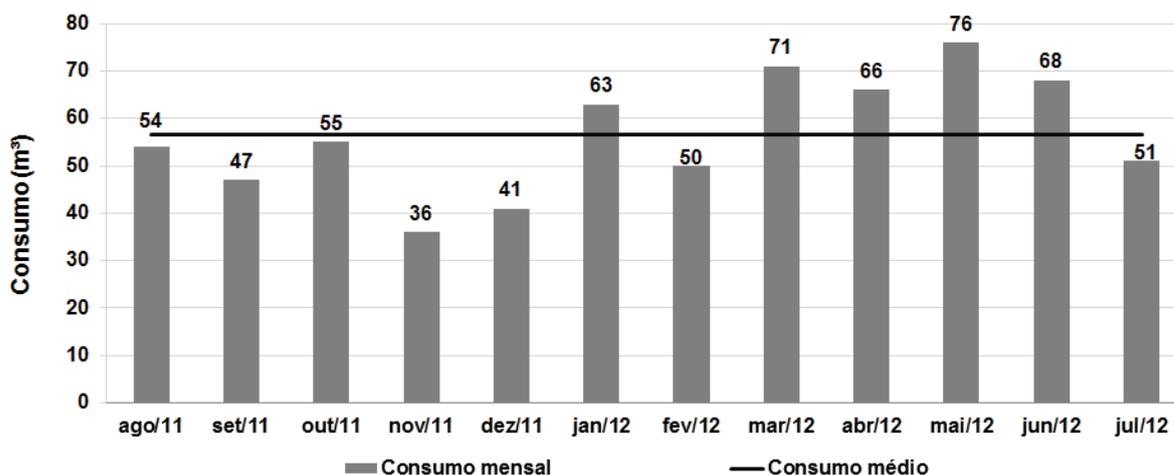
Prédio	Equipamentos				
	Bacias Sanitárias	Mictórios	Torneiras	Chuveiros	Bebedouros
Salas de aula	10	5	11	0	2
Laboratórios de informática	10	5	11	0	2
Oficina de Fabricação Mecânica	3	1	6	0	2
Centro de Convivência	13	4	17	0	2
Auditório	9	0	9	0	0
Setor Administrativo	8	1	10	2	2
<b>Total de Equipamentos</b>	<b>53</b>	<b>12</b>	<b>64</b>	<b>2</b>	<b>10</b>

Em relação às fontes de água não potável existentes no Campus, pode-se confirmar através de visitas *in loco* em todos os prédios que a captação de água de chuva é a única fonte de água não potável. Como comentado anteriormente existem sistemas de captação nos prédios do setor administrativo, dos laboratórios de informática, das salas de aula e da oficina de fabricação mecânica. Essa água captada é utilizada nos ambientes sanitários desses prédios para as descargas das bacias sanitárias e dos mictórios.

Para a determinação do consumo de água potável, utilizou-se as faturas cobradas pela CORSAN referentes às medições do consumo de água, obtidas juntamente ao setor

administrativo do campus, para conhecer a quantidade de água potável, utilizada entre os meses de agosto/2011 a julho/2012, conforme observa-se Figura 39.

Figura 39 - Consumo de água potável para o período 08/2011 a 07/2012.



Na Figura 39, também observar-se o consumo médio de água potável no Campus, que é de aproximadamente 56,5 m<sup>3</sup>.

Para a identificação dos tipos de efluentes gerados, levantou-se juntamente com o quadro técnico de funcionários dos laboratórios, todas as atividades que geram efluentes no Campus, constatando-se que nos laboratórios de informática e no laboratório de edificações não há geração de nenhum resíduo líquido que possa estar sendo destinado a rede de esgoto doméstico. Já nos laboratórios de fabricação mecânica constatou-se que há geração de resíduos oriundos das máquinas e/ou dos processos de fabricação (óleos lubrificantes, fluídos de corte, entre outros...), no entanto, verificou-se que ocorre um recolhimento e armazenamento desses efluentes e posteriormente os mesmos são destinados a uma empresa legalizada, ou seja, não estão sendo destinados a rede de esgoto doméstico.

Desta forma, conclui-se que os efluentes destinados ao sistema de tratamento atual provêm essencialmente das instalações de banheiros e cozinhas. Os efluentes compõem-se essencialmente de resíduos gerados pelo homem (fezes e urina), papel higiênico, restos de comida e detergentes, o que para Pimenta *et al.* (2002) caracteriza como efluente de esgoto doméstico.

Buscando identificar os tipos de sistemas de tratamentos de esgotos que são aplicados no Campus Passo Fundo, analisou-se os projetos hidrossanitários dos prédios e realizou-se visitas *in loco*, sendo assim, determinou-se que todos os prédios possuem um sistema

individual de tratamento de esgoto. Sistema esse, composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro.

A escolha dos prédios, para o estudo dos sistemas de captação de água de chuva e de tratamento de esgoto, se fez através da análise de dados sobre a população atendida. Desta forma, foram escolhidos para desenvolvimento da pesquisa o prédio dos laboratórios de informática (Figura 40) por apresentar a maior ocupação de estudantes e professores durante os três turnos de aula, e o prédio do setor administrativo (Figura 41) por ter um fluxo regular de funcionários durante o ano todo, inclusive no período de férias dos estudantes e professores.

Figura 40 - Prédio dos laboratórios de informática.



Figura 41 - Prédio do setor administrativo.



Em relação aos sistemas de coleta da água de chuva, notou-se através de visitas *in loco* que no prédio do setor administrativo, para a captação da água da chuva utiliza-se o telhado do prédio, com uma área de projeção de 200 m<sup>2</sup> construído com telha de cimento amianto, dotado de inclinação de 15% (área em destaque na Figura 42). A estrutura do telhado apresenta duas calhas metálicas com largura de 150 mm cada e coletor vertical em PVC com diâmetro de 100 mm.

A chuva captada pelo telhado chega às calhas passa por um filtro de tela responsável pela remoção dos materiais grosseiros, como folhas e pequenos galhos, e é direcionada por meio de condutores para o reservatório de armazenamento com capacidade para 7000 litros de água (Figura 43). Deste reservatório, a água conforme a demanda é bombeada para um reservatório superior, com capacidade para 3000 litros de água (Figura 44), de onde é distribuída para as descargas das bacias sanitárias e mictórios.

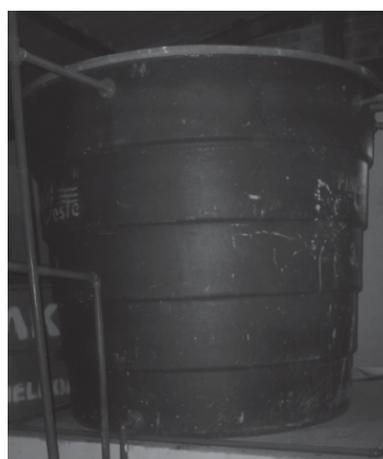
Figura 42 - Área de coleta do prédio do setor administrativo.



Figura 43 - Reservatório de armazenamento do prédio do setor administrativo



Figura 44 - Reservatório superior do prédio do setor administrativo.



No sistema de captação de água de chuva do prédio dos laboratórios de informática, utiliza-se para a captação da água da chuva o telhado do prédio, com uma área de projeção de 600 m<sup>2</sup> construído com telha de cimento amianto, dotado de inclinação de 15% (Figura 45).

A estrutura do telhado apresenta uma calha metálica central de largura de 200 mm e coletor vertical em PVC com diâmetro de 150 mm.

A chuva captada pelo telhado chega às calhas passa por um filtro de tela responsável pela remoção dos materiais grosseiros, como folhas e pequenos galhos, e é direcionada a por meio de condutores a um reservatório de armazenamento (Figura 46) com capacidade para 3000 L de água. Deste reservatório, a água conforme a demanda é bombeada para dois reservatório superiores (Figura 47) de 1000 L cada e que trabalham simultaneamente

atingindo assim a capacidade para 2000 L de água, de onde é distribuída para a descargas da as bacias sanitárias e mictórios.

Figura 45 - Área de coleta do prédio dos laboratórios de informática.



Figura 46 - Reservatório de armazenamento do prédio dos laboratórios de informática.



Figura 47 - Reservatórios superiores do prédio dos laboratórios de informática.



Após visitas *in loco*, ficou conhecendo-se a capacidade dos reservatórios de água de chuva dos prédios em estudo. Sendo assim, foi realizada uma comparação entre os volumes reais dos reservatórios e os volumes teóricos obtidos a partir de cálculos utilizando os métodos Azevedo Neto, Prático Inglês (recomendados pela NBR 15527/07), Rippl e simulações realizadas pelo programa Netuno (GHISI *et al.*, 2011). Para realizar os cálculos, foi necessário conhecer a população diária atendida nos prédios, à demanda teórica de água nas descargas de bacias sanitárias e dos mictórios em escolas de nível superior (valores obtidos nas referências teóricas). Também se precisou buscar junto ao site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a média histórica de precipitação mensal dos últimos

10 anos e a precipitação pluviométrica diária dos últimos 12 meses da cidade de Passo Fundo.

Desta forma, pode-se observar na Tabela 14 os volumes dos reservatórios calculados utilizando os métodos citados.

Tabela 14: Cálculo do volume dos reservatórios para os prédios do setor administrativo e dos laboratórios de informática.

<b>Método</b>	<b>Prédio</b>	<b>Volume (Litros)</b>
Método Prático Inglês	Setor Administrativo	1.690
	Laboratórios de Informática	5.070
Método Azevedo Neto	Setor Administrativo	8.518
	Laboratórios de Informática	22.552
Método de Rippl	Setor Administrativo	12.000
	Laboratórios de Informática	20.000
Utilizando o programa Netuno	Setor Administrativo	4.000
	Laboratórios de Informática	3.500
Volume dos reservatórios instalados atualmente	Setor Administrativo	10.000
	Laboratórios de Informática	5.000

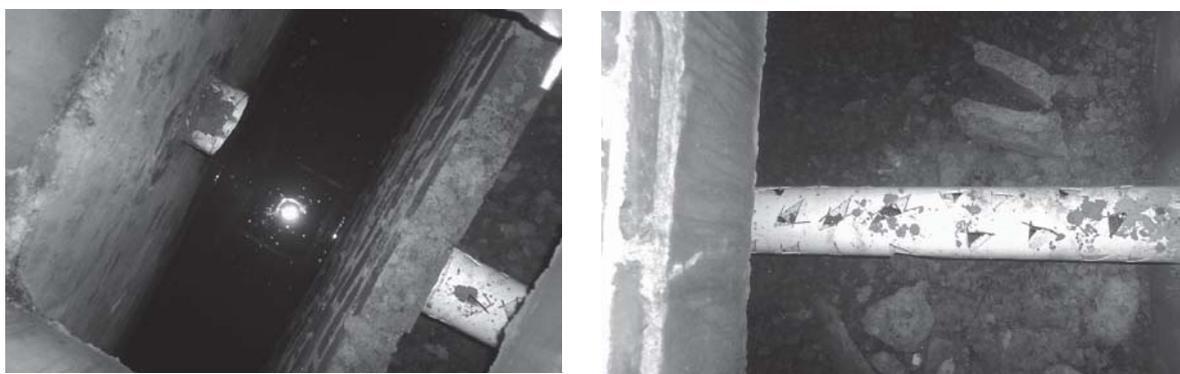
Na Tabela 14 observa-se que utilizando o Método Prático Inglês os reservatórios de água de chuva instalados no prédio do setor administrativo estão superdimensionados, já os reservatórios atuais do prédio dos laboratórios de informática estão com o dimensionamento correto. Utilizando o Método de Azevedo Neto, o volume encontrado para o reservatório de água de chuva no prédio dos laboratórios de informática seria 4 vezes superior ao que está instalado atualmente. Para os dimensionamentos utilizando o Método de Rippl, também encontrou-se valores acima dos volumes apresentados pelos reservatórios instalados em ambos os prédios. Com as simulações do programa Netuno, observou-se que os reservatórios atuais estão superdimensionados, já que os volumes encontrados são menores do que os volumes dos reservatórios atualmente instalados.

Em relação aos sistemas de tratamento de esgoto, para os prédios escolhidos no estudo os mesmos são constituídos de tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro.

No prédio dos laboratórios de informática o sistema de tratamento de esgoto permite que o efluente seja tratado de forma separada. Os Efluentes oriundos da bacia sanitária são encaminhados para o tanque séptico, já os efluentes dos lavatórios não passam pelo tanque séptico e são encaminhados diretamente para o filtro anaeróbio.

Neste prédio observou-se que o sistema de tratamento não está operando de forma desejada. Isso por que o efluente do tanque séptico não está passando pelo meio suporte do filtro anaeróbio, como nota-se na Figura 48.

Figura 48 - Fotos do Filtro anaeróbio do sistema de tratamento de esgoto do prédio dos laboratórios de informática.



O efluente entra no filtro anaeróbio, mas não passa pelo meio suporte, dessa forma conclui-se que o efluente está infiltrando no solo devido à má compactação do fundo do filtro.

## **4.2 Diagnóstico do uso da água não potável**

### **4.2.1 Demanda de água não potável**

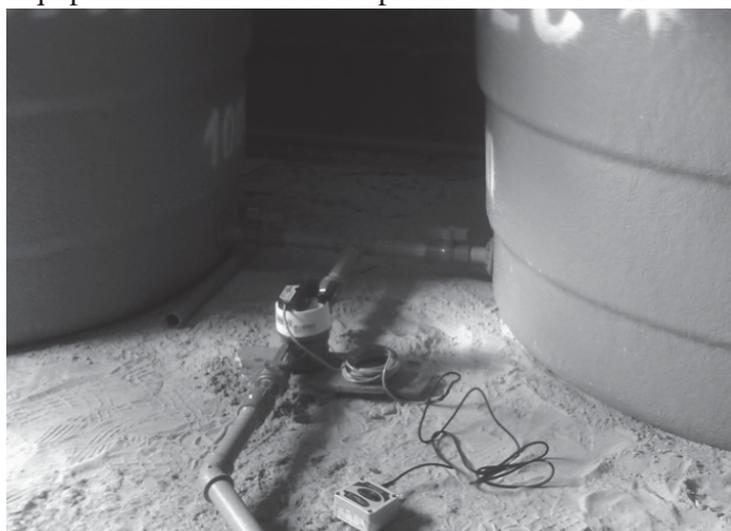
No mês de abril de 2012, foi instalado o sistema de hidrometração na saída dos reservatórios superiores dos prédios dos laboratórios de informática e do setor administrativo.

Nas Figura 49 e 50 pode-se observar o local de instalação dos equipamento.

Figura 49 - Equipamentos instalados no prédio do setor administrativo.



Figura 50 - Equipamentos instalados no prédio dos laboratórios de informática.



#### 4.2.1.1 Prédio do setor administrativo

Com os dados de consumo referentes ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012 observou-se o consumo médio diário de 244 litros de água nas descargas das bacias e mictórios, como visualiza-se na Figura 51, e para esse período constatou-se que o consumo total de água nas descargas dos aparelhos sanitários foi de 14.608 litros (Figura 52).

Figura 51 - Volume de água consumido por dia no prédio do setor administrativo correspondente ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012

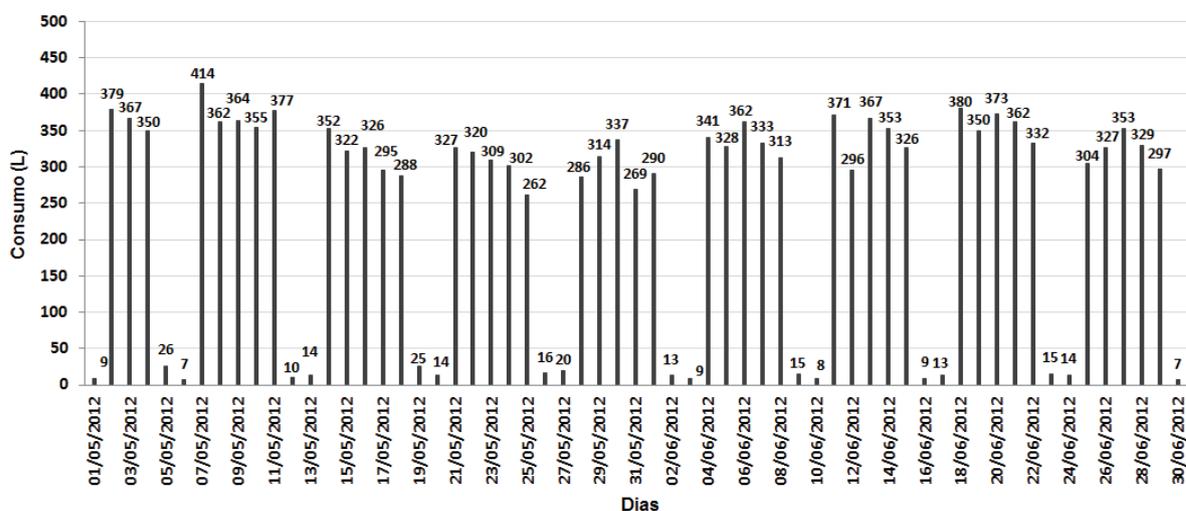
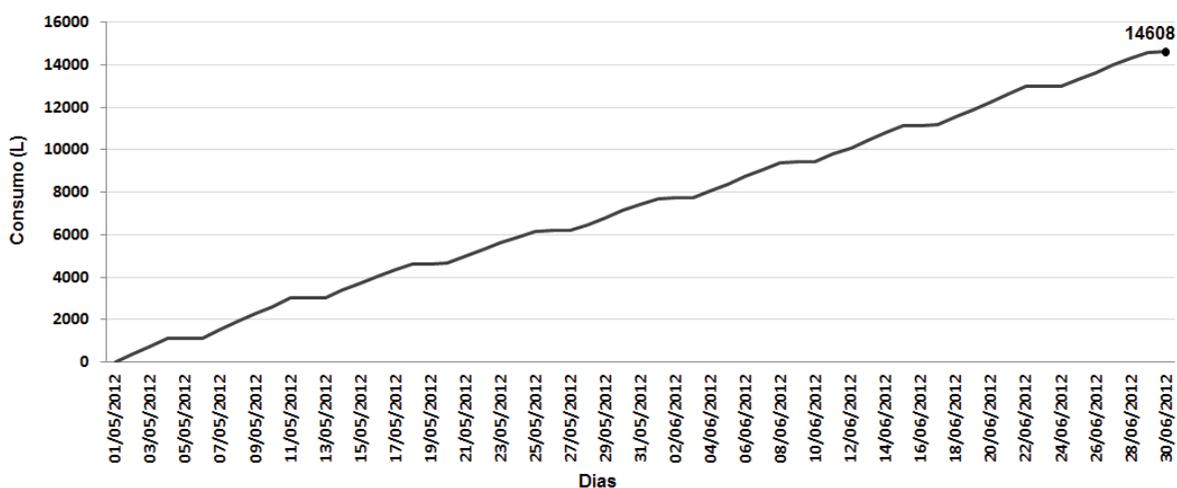
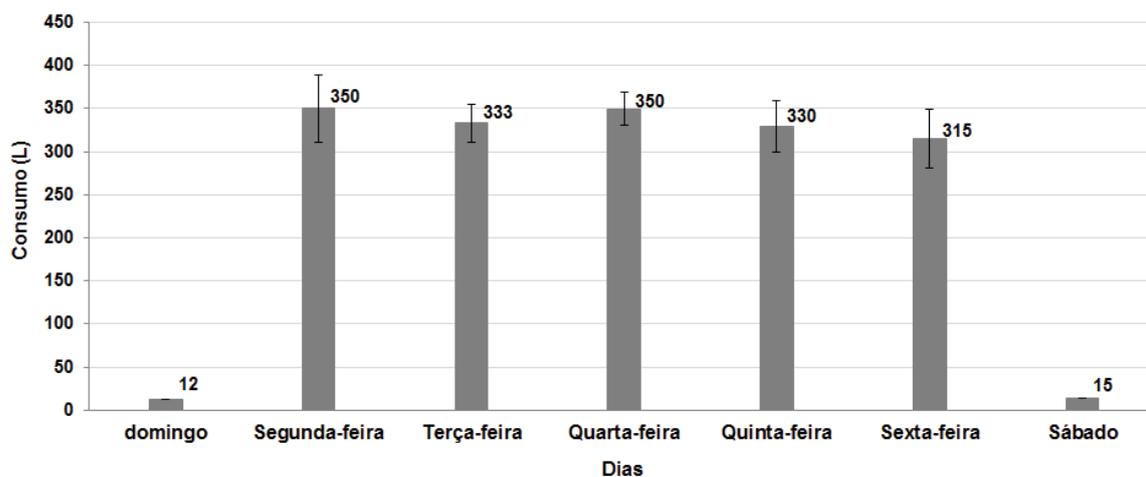


Figura 52 - Volume de água total consumido no prédio do setor administrativo no período correspondente a 01/05/2012 a 30/06/2012.



Como esse período de análise foi composto por dias letivos, feriados e fins de semana o consumo diário pode ter sofrido influência dos dias em que não foram registrados consumo. Dessa forma, para melhor determinar o consumo diário, determinou-se a média de consumo e o desvio padrão para cada dia da semana (desconsiderando-se os feriados), como observa-se na Figura 53.

Figura 53 - Média de consumo por dias da semana para o período de 01/05/2012 a 30/06/2012 no prédio do setor administrativo.



No decorrer do período analisado foram consumidos em média 1.705 litros de água semanalmente, apresentando uma média diária de consumo de 336 litros durante o período de segunda a sexta-feira. Considerando vinte e dois dias úteis por mês, o consumo mensal médio seria de 7.392 litros. Nos sábados e domingos, o pequeno consumo registrado é devido à utilização dos banheiros pela equipe de vigilância do Campus.

Com os dados adquiridos no sistema de hidrometração também foi possível conhecer o perfil de uso da água para as descargas dos aparelhos sanitários durante o decorrer do dia. Então, para determinar os momentos do dia em que a solicitação de água é maior para o uso nas descargas dos aparelhos sanitários, analisou-se os dados de consumo referentes ao período de 14/05/2012 a 18/05/2012. Esse período foi escolhido por se tratar de uma semana normal de atividade no campus Passo Fundo. Com os dados foram construídos gráficos que demonstram os picos de consumo e os momentos da ocorrência desses picos. Essas informações estão apresentadas nas Figuras 54 a 58.

Figura 54 - Consumo de água no dia 14/05/2012 (Segunda-Feira).

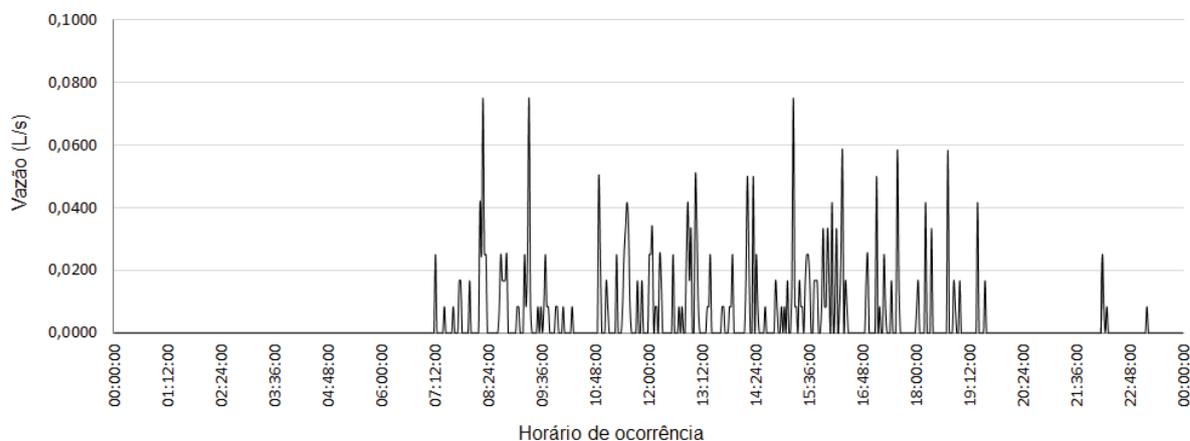


Figura 55 - Consumo de água no dia 15/05/2012 (Terça-Feira).

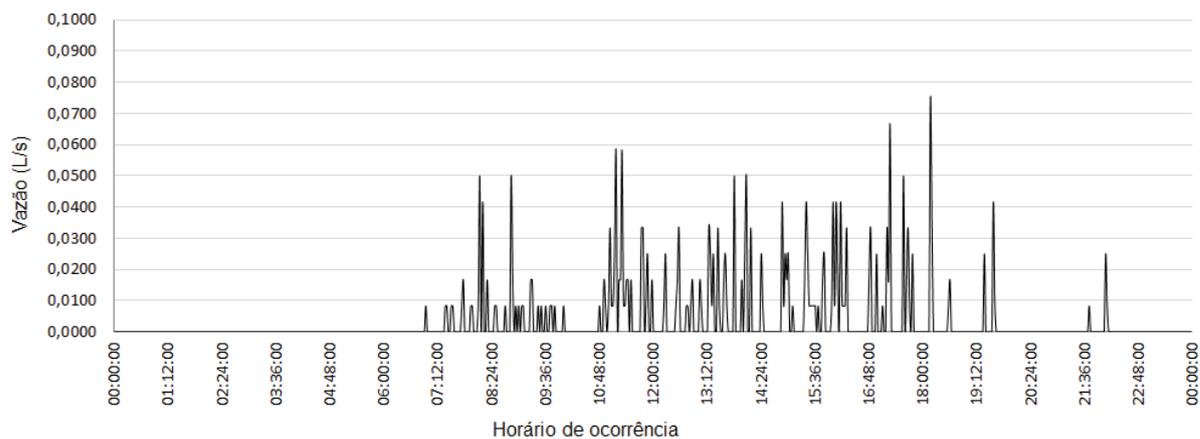


Figura 56 - Consumo de água no dia 16/05/2012 (Quarta-Feira).

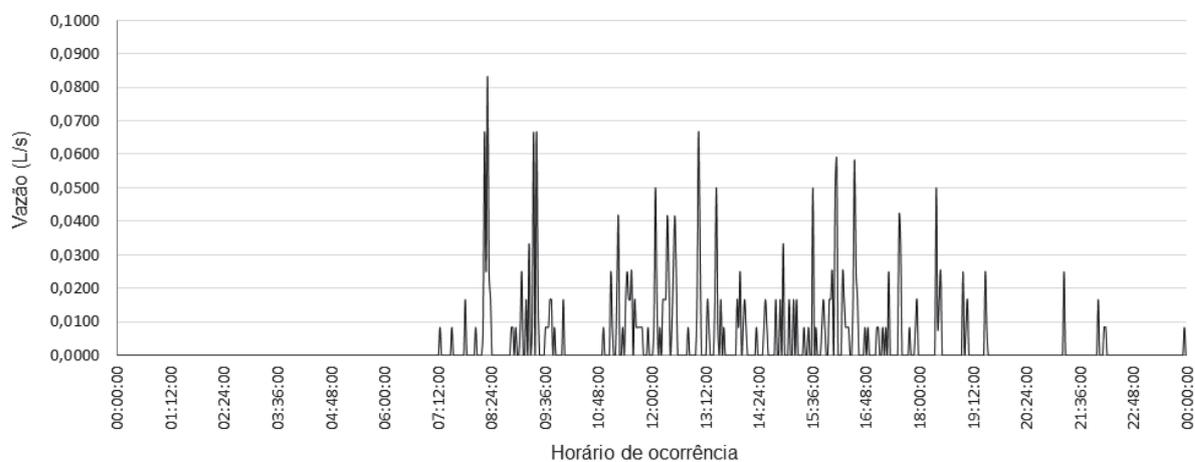


Figura 57 - Consumo de água no dia 17/05/2012 (Quinta-Feira).

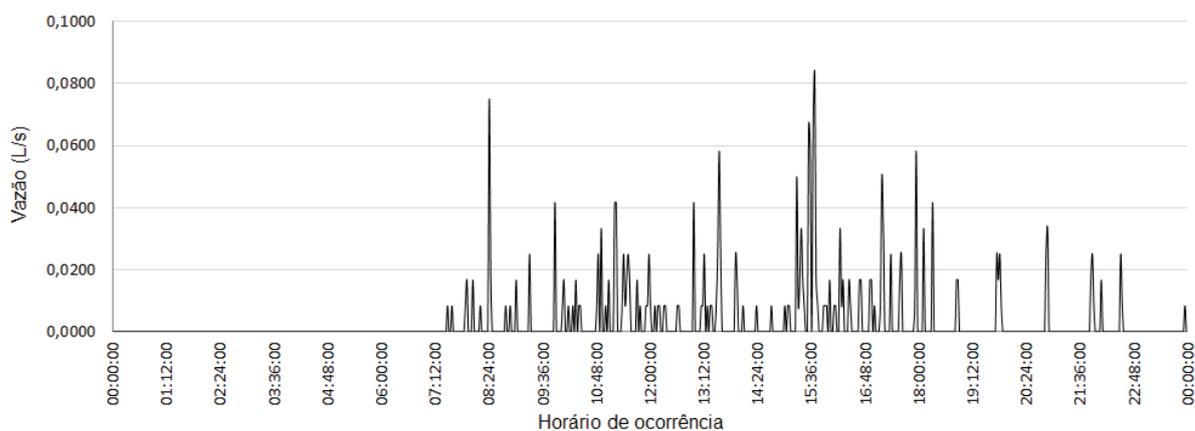
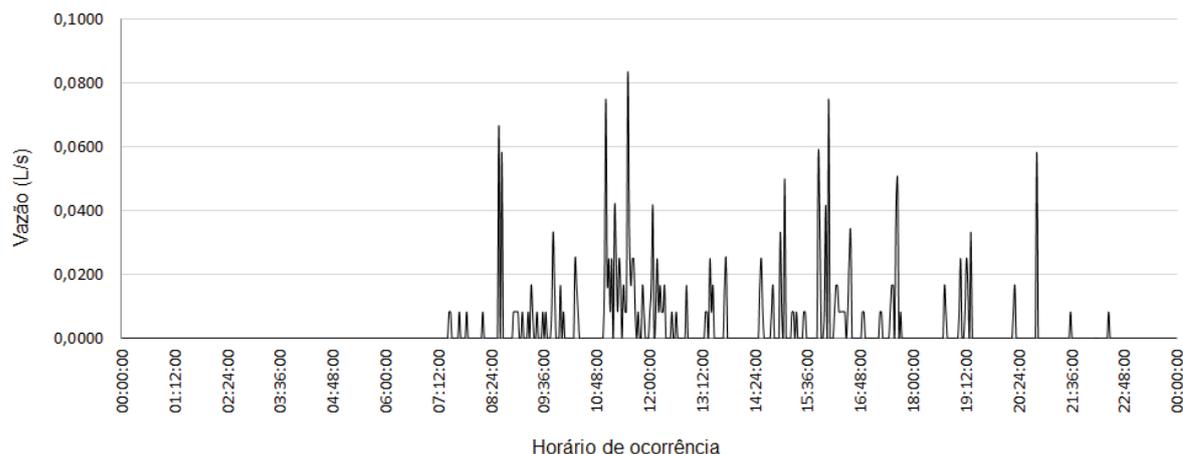


Figura 58 - Consumo de água no dia 18/05/2012 (Sexta-Feira).



Ao visualizar os gráficos, identifica-se com facilidade o início do consumo próximo às sete horas da manhã, e o término por volta das onze horas da noite, assim como os picos de consumo neste período.

Analisando-se todos os dias da semana notam-se alguns picos de consumo, porém o que fica bastante nítido é que o consumo concentra-se nos períodos da manhã e tarde, isso justifica-se porque grande parte dos técnicos administrativos exercem suas atividades nesses turnos, já no turno da noite a equipe administrativa é reduzida.

#### 4.2.1.2 Prédio dos laboratórios de informática

Foram analisados os dados coletados com o sistema de hidrometração, no período de 01/05/2012 a 30/06/2012. Como resultado obteve-se um consumo total de água de 13.777

litros e o consumo médio diário de 237 litros, valores esses utilizados para as descargas nos aparelhos sanitários. Os gráficos com o consumo por dia e consumo total, para esse período de análise, podem ser observados nas Figuras 59 e 60.

Figura 59 - Volume de água consumido por dia no prédio dos laboratórios de informática correspondente ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012.

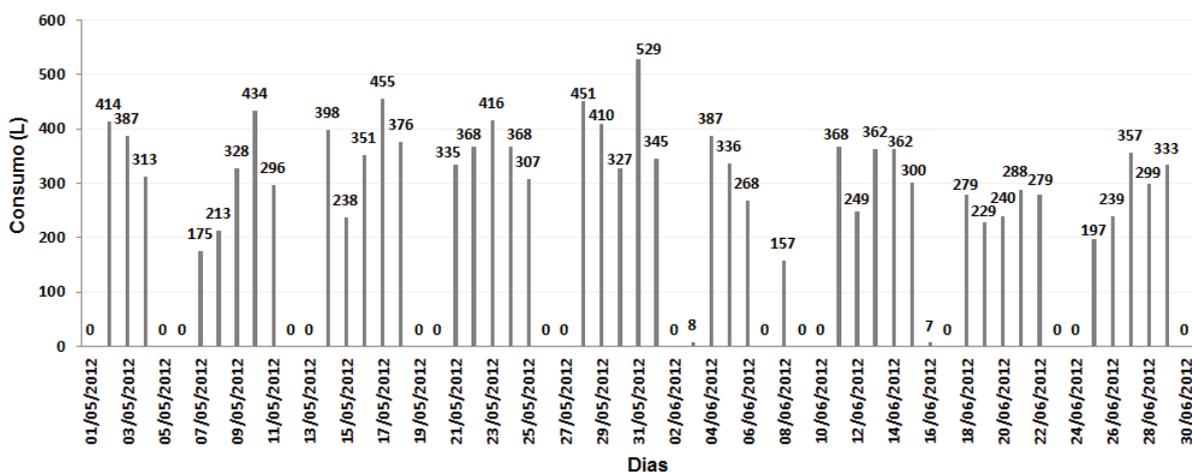
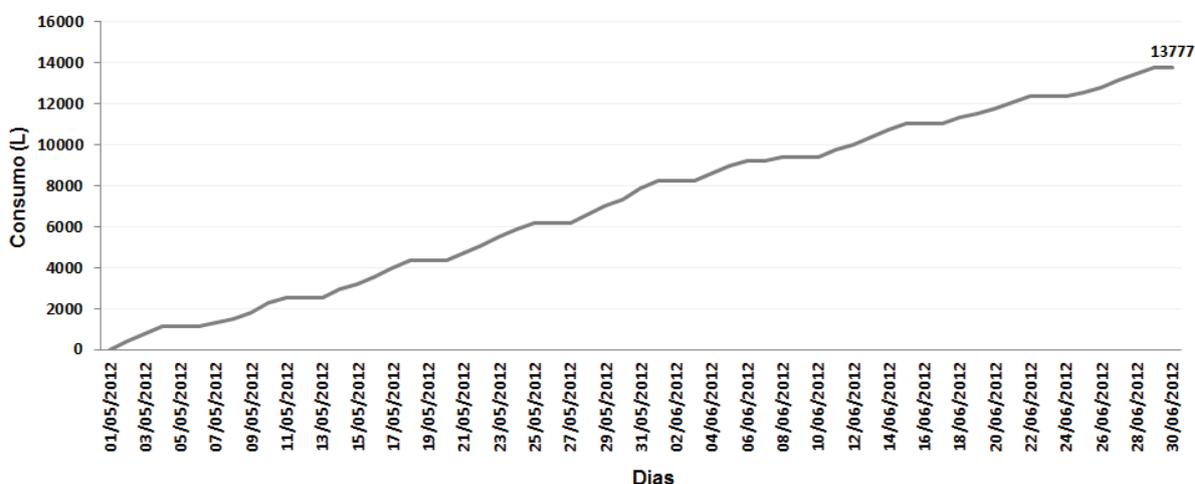
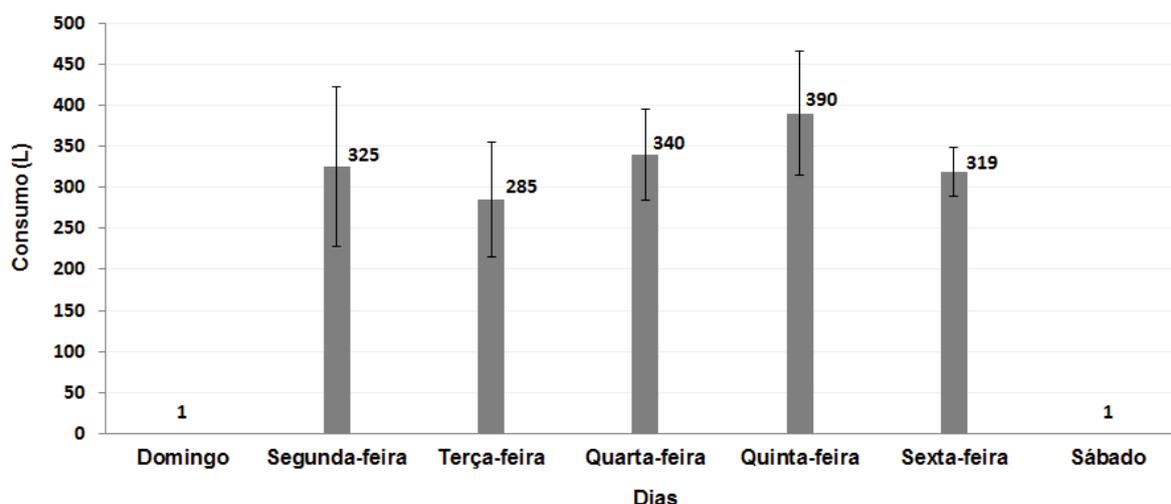


Figura 60 - Volume de água total consumido no prédio dos laboratórios de informática correspondente ao período de 01/05/2012 a 30/06/2012.



Importante salientar que o período de análise é composto por dias letivos, feriados e finais de semana, em virtude disso, o consumo médio diário pode ter sofrido influência dos dias em que não foram registrados consumo. Dessa forma, para melhor identificar o consumo médio diário nas descargas dos aparelhos sanitários, determinou-se a média de consumo e o desvio padrão para cada dia da semana (desconsiderando-se os feriados), como observa-se na Figura 61.

Figura 61 - Média de consumo por dias da semana para o período de 01/05/2012 a 30/06/2012 no prédio dos laboratórios de informática.



No decorrer do período analisado foram consumidos em média 1.661 litros de água semanalmente, apresentando uma média diária de consumo de 332 litros durante o período de segunda a sexta-feira. Considerando vinte e dois dias úteis por mês, o consumo mensal médio seria de 7.304 litros. Nos sábados e domingos o uso de água nos aparelhos sanitários é desprezível, já que atualmente não estão sendo realizadas atividades nesses dias e o pequeno consumo registrado é devido à utilização dos banheiros pela equipe de vigilância do Campus.

Com os dados de consumo adquiridos pelo sistema de hidromentação para o prédio dos laboratórios de informática, foram construídos gráficos que representam o perfil de uso da água para as descargas dos aparelhos sanitários durante o decorrer do dia. Essas informações correspondem ao período de 11/06/2012 a 15/06/2012, período este que corresponde a uma semana normal de atividades no campus. Os dados sobre a distribuição do uso da água durante o dia estão apresentados nas Figuras 62 a 66.

Figura 62 - Consumo de água no dia 11/06/2012 (Segunda-Feira).

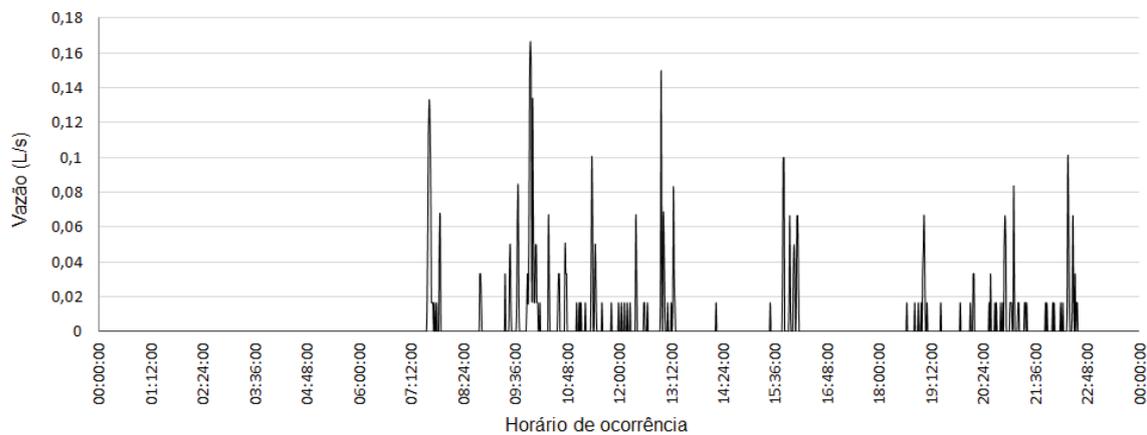


Figura 63 - Consumo de água no dia 12/06/2012 (Terça-Feira).

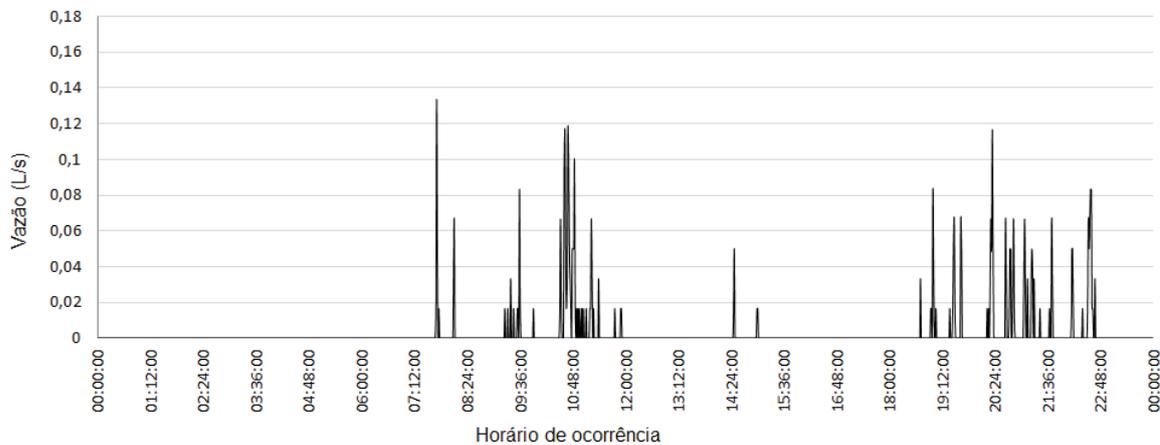


Figura 64 - Consumo de água no dia 13/06/2012 (Quarta-Feira).

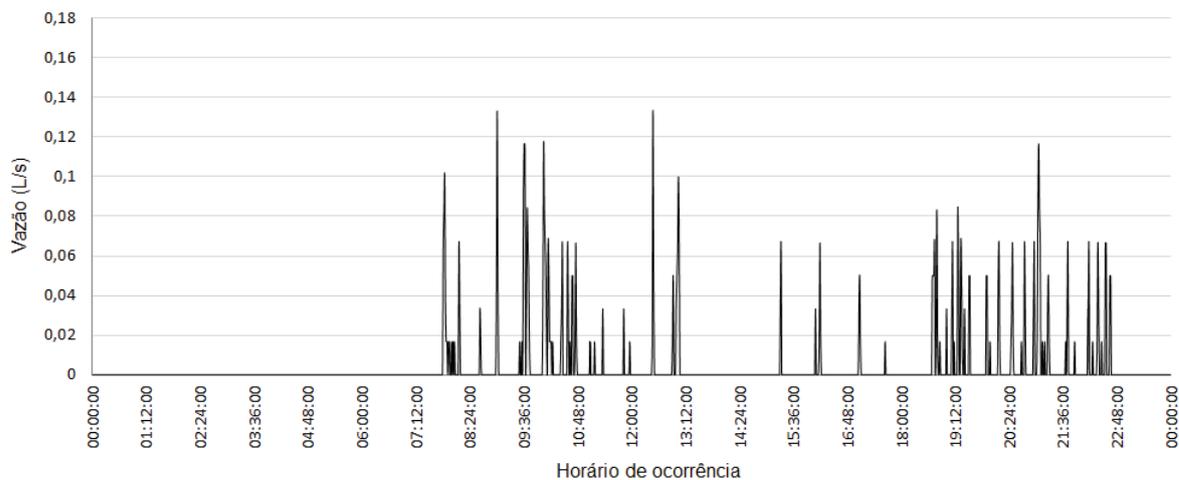


Figura 65 - Consumo de água no dia 14/06/2012 (Quinta-Feira).

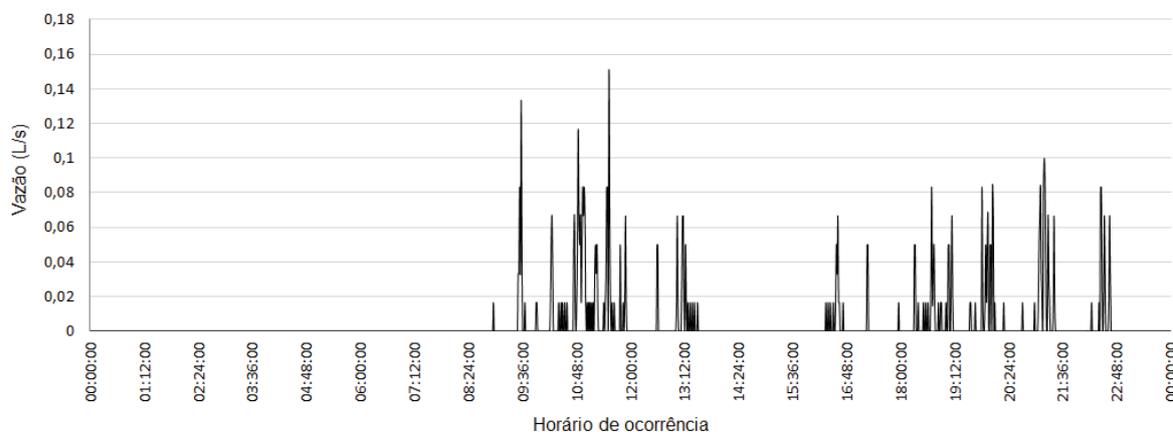
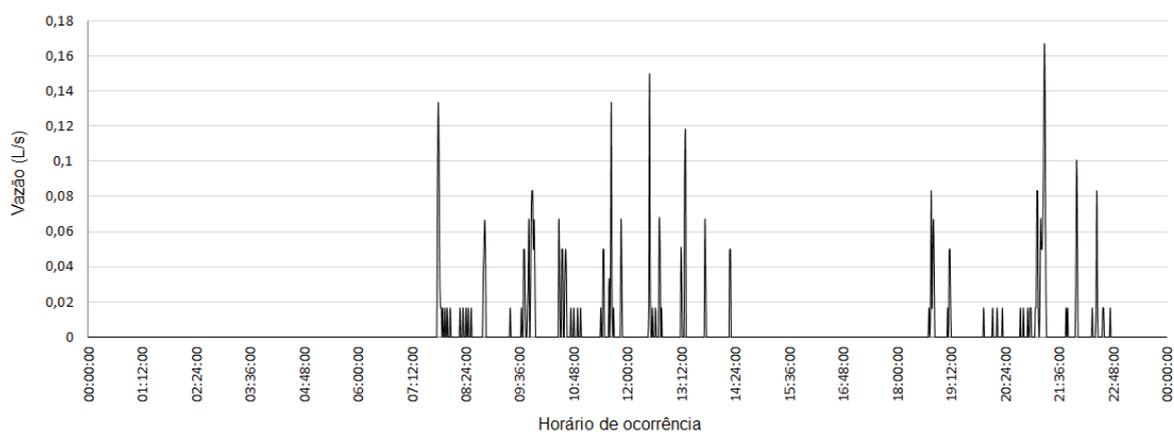


Figura 66 - Consumo de água no dia 15/06/2012 (Sexta-Feira).



Conforme os perfis de consumo apresentado nos gráficos percebe-se que diariamente após às 7:30 horas ocorre o início do consumo e por volta das 22:45 horas nota-se o término do consumo de água.

Percebe-se também que o consumo concentra-se durante os períodos da manhã e da noite, isso justifica-se, devido ao fato que a maior população atendida neste prédio é dos cursos de informática (técnico e o superior) e esses cursos são oferecidos nos turnos da manhã e da noite.

Constatou-se também, após a análise dos gráficos, que nos períodos que correspondem das 7:30hs às 8:00 hs e das 12:00hs às 13:00hs, praticamente todos os dias, ocorrem picos de vazões de água, isso justifica-se por ser o horário onde é efetuado a limpeza dos banheiros.

Outros horários onde diariamente apresenta-se um maior consumo de água é por volta das 09:40hs e das 21:00hs, horários que correspondem aos intervalos dos turnos da manhã e da noite.

#### **4.2.2 Determinação da frequência de uso da água não potável**

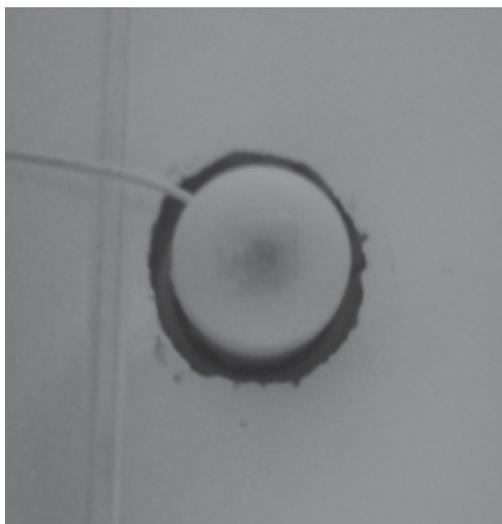
No mês de maio de 2012 foi instalado o sistema com equipamentos eletrônicos nos ambientes sanitários do prédio dos laboratórios de informática, para possibilitar a realização do diagnóstico do uso da água nesses ambientes.

Na entrada de água das caixas de descargas das bacias sanitárias, dos banheiros femininos e masculinos, foram instaladas chaves de fluxo, conforme Figura 67. Na descarga dos mictórios foram instaladas chaves de contado do tipo “abre/fecha” (Figura 68).

Figura 67 - Chaves de Fluxo instaladas nas bacias sanitárias dos ambientes sanitários do prédio de salas de aula.



Figura 68 - Suporte de fixação da chave de contato.



Nesses ambientes sanitários instalaram-se os Módulos Transmissores de Eventos (MTE's) (ver Figura 69), e a central de armazenamento de dados (CAD) foi colocada no corredor de acesso entre o banheiro feminino e o masculino.

Figura 69 - Local de instalação das MTEs nos banheiros.



No total, foram instalados os equipamentos para a contagem do uso das descargas dos aparelhos sanitários em quatro bacias sanitárias e cinco mictórios no banheiro masculino, já no banheiro feminino esses equipamentos foram instalados em cinco bacias sanitárias.

A distribuição dos Módulos Transmissores de Eventos (MTE's) instalados no prédio dos laboratórios de informática podem ser observados nas Figura 70 e 71, onde é importante salientar que no banheiro feminino, não foram instalados equipamentos na bacia sanitária destinada a pessoas portadoras de deficiência física, pois a mesma só recebe alimentação da rede de água potável.

Figura 70 - Banheiro masculino do prédio dos laboratórios de informática

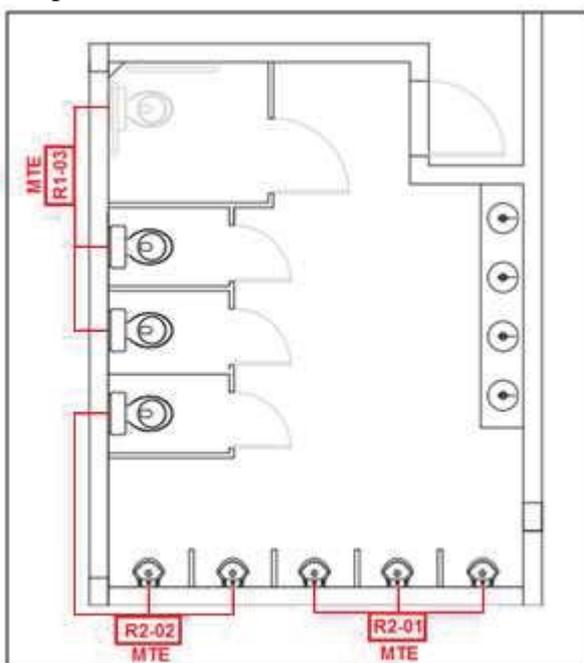
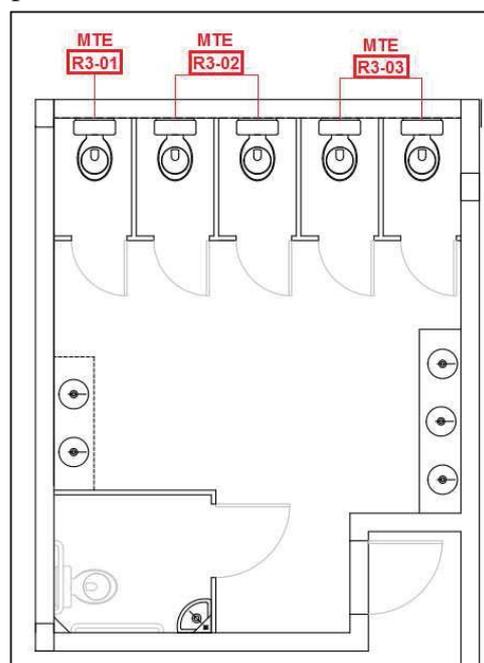
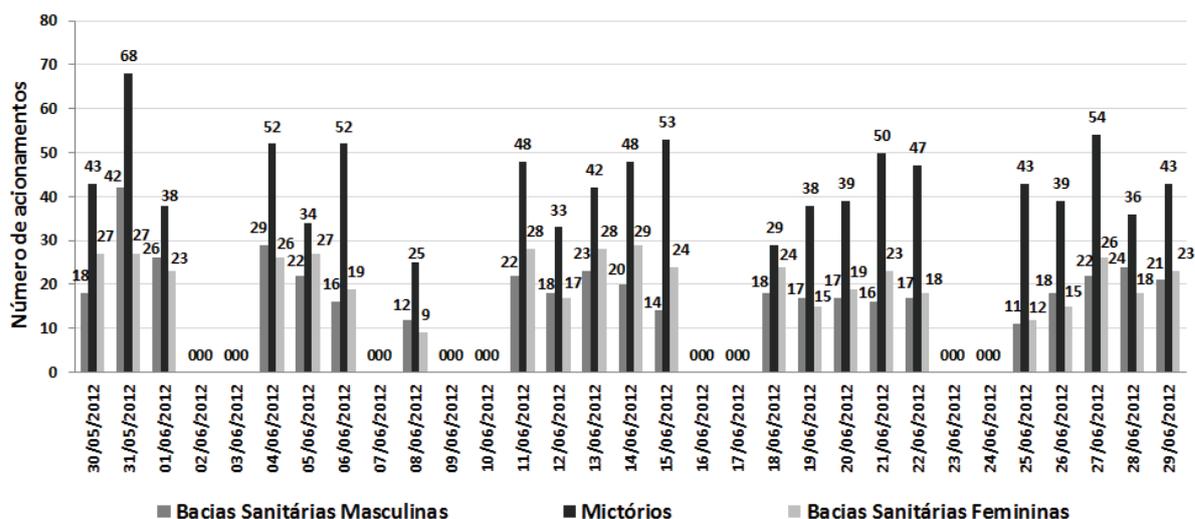


Figura 71 - Banheiro feminino do prédio dos laboratórios de informática.



No período que compreende o dia 30/05/2012 a 29/06/12, coletaram-se os dados obtidos a partir dos acionamentos das descargas das bacias sanitárias e mictórios dos banheiros. Com esses dados desenvolveu-se o gráfico que demonstra o número diário de descargas nesses aparelhos, como observa-se na Figura 72.

Figura 72 - Número diário de acionamentos nas descargas nas bacias sanitárias e mictórios no período de 30/05/2012 a 29/06/2012.



Os dados diários de acionamentos possibilitaram o cálculo do número médio e o desvio padrão dos acionamentos das descargas para cada dia da semana, como observa-se nas Figura 73 e Figura 74. Esses dados quantificam e demonstram a distribuição do uso e o consumo de água nesses ambientes.

Figura 73 - Média do número de acionamentos nas descargas dos aparelhos sanitários do banheiro masculino por dias da semana no período de 30/05/2012 a 29/06/2012.

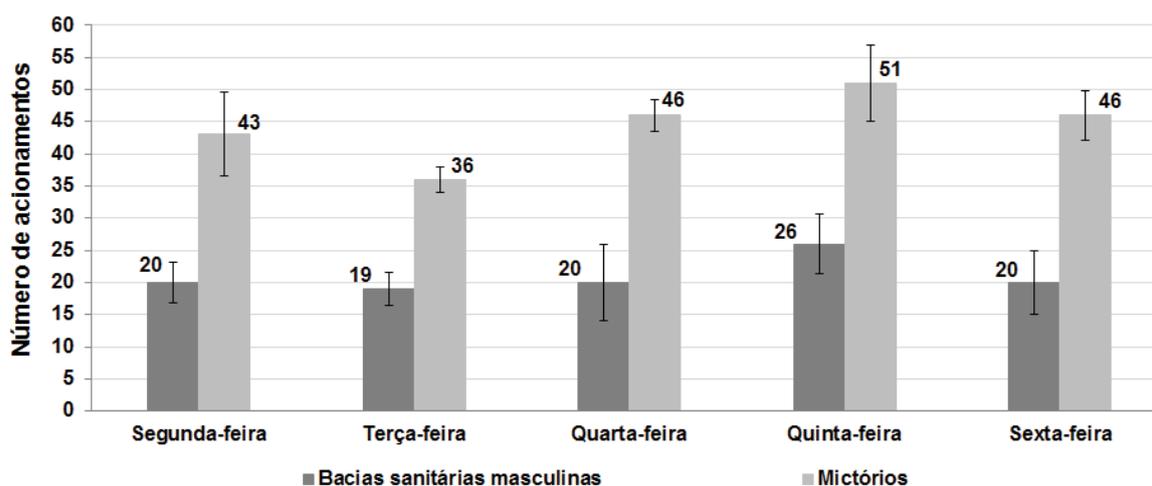
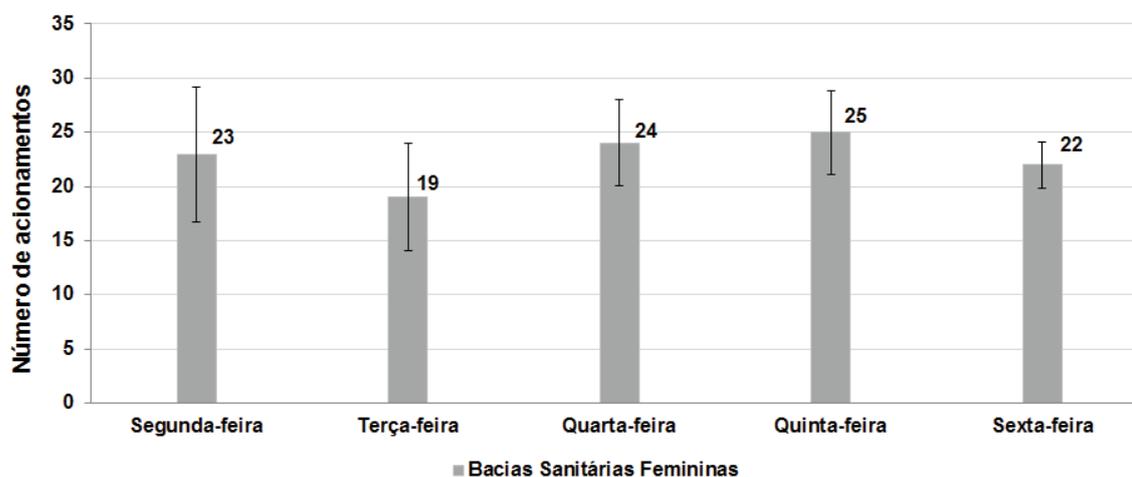


Figura 74 - Média do número de acionamentos nas descargas das bacias sanitárias do banheiro feminino por dias da semana no período de 30/05/2012 a 29/06/2012.



Analisando os gráficos, verificou-se uma maior população de usuários nos banheiros masculinos, isso justifica-se porque os alunos em sua grande maioria são do sexo masculino.

#### 4.2.3 Perfil do consumo da água não potável

Analisou-se o período que compreende o dia 30/05/2012 a 29/06/12, já que para tal foi possível determinar a frequência de uso dos aparelhos sanitários e também a demanda de água para atender esses aparelhos no prédio dos laboratórios de informática.

De posse dos dados de acionamentos das descargas dos aparelhos sanitários, determinou-se, para o banheiro masculino, um número médio diário de acionamentos nas descargas das bacias sanitárias e mictórios de 21 e 45 acionamentos respectivamente. Já para o banheiro feminino observou-se que a média diária de acionamentos nas descargas das bacias sanitárias foram de 23 acionamentos.

Para a análise da distribuição do consumo de água nos aparelhos sanitários, além dos dados de acionamentos, tornou-se necessário conhecer o consumo de água por descarga nesses aparelhos. As especificações técnicas das bacias sanitárias utilizadas no prédio indicam que a quantidade de água utilizada por descarga nas mesmas é de 6 litros. Usando-se da vazão recomendada pela NBR 5626 para as descargas dos mictórios, que é de 0,15 L/s e o tempo médio de acionamentos das descargas dos mictórios que é de dez segundos, determinou-se o consumo de 1,5 litros por descarga nos mictórios.

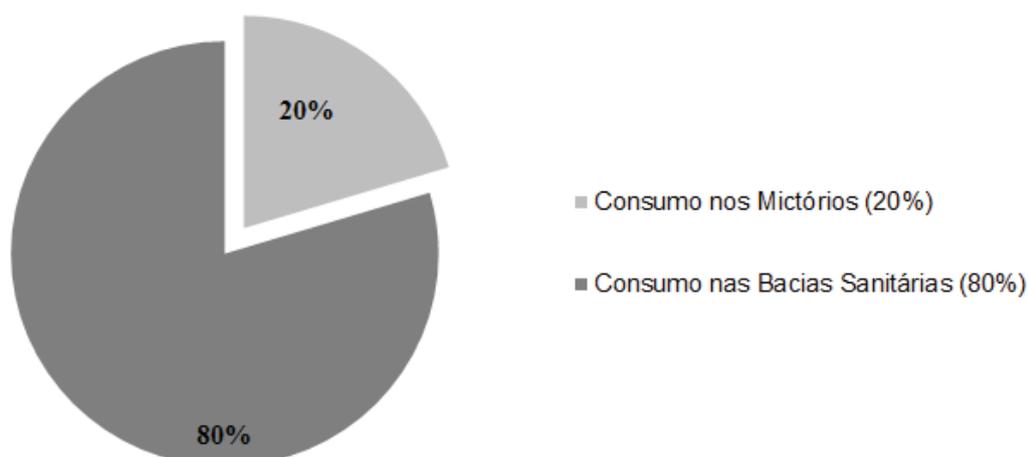
Desta forma, conhecendo-se o número médio diário de acionamentos das descargas das bacias sanitárias e nos mictórios, e também, o consumo de água por descarga nesses aparelhos, pode-se determinar o consumo diário de água por aparelho sanitário conforme nos mostra a Tabela 15.

Tabela 15: Consumo diário de água por aparelho sanitário nos banheiros do prédio dos laboratórios de informática.

<b>Aparelhos Sanitários</b>	<b>Número médio de acionamentos</b>	<b>Consumo por descarga (Litros)</b>	<b>Consumo diário por aparelhos (Litros)</b>
Bacias Sanitárias Masculinas	21	6	126
Mictórios	45	1,5	67,5
Bacias Sanitárias Femininas	23	6	138
<b>Total de consumo diário nos aparelhos sanitários (Litros)</b>			<b>331,5</b>

Desta forma, conhecendo-se o consumo diário nas bacias sanitárias e nos mictórios, pode-se quantificar o percentual de consumo diário de água por aparelho sanitário conforme nos mostra a Figura 75.

Figura 75 - Distribuição do consumo de água nos aparelhos sanitários do prédio dos laboratórios de informática.



Considerando-se a população média atendida diariamente no prédio, que corresponde a 199 homens e 37 mulheres, bem como, o número médio de acionamentos das descargas dos aparelhos sanitários (conforme Tabela 15), determinou-se o percentual da população que se utiliza desses aparelhos diariamente, como observa-se nas Figuras 76 e 77.

Figura 76 - Percentual da população que se utiliza diariamente dos aparelhos sanitários do banheiro masculino no prédio dos laboratórios de informática.

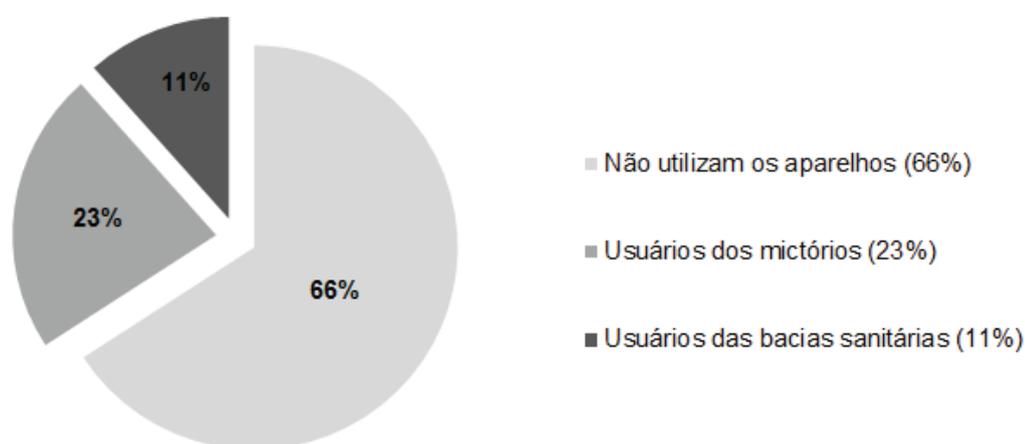
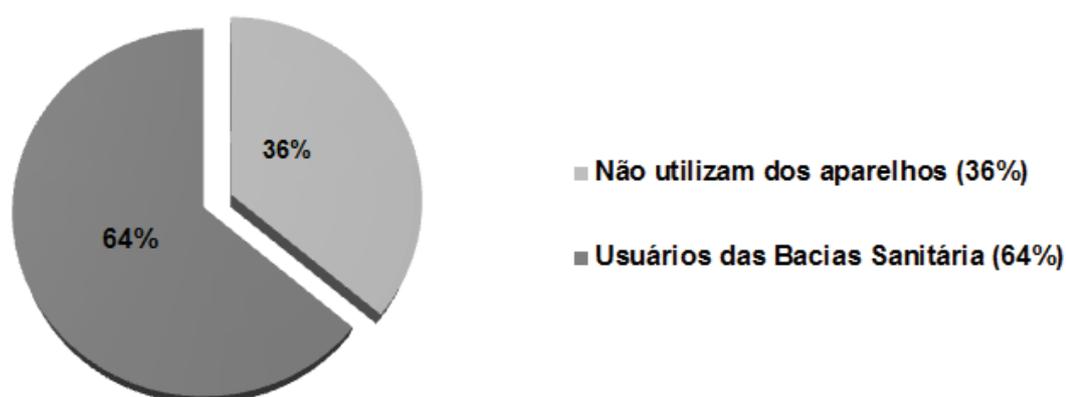


Figura 77 - Percentual da população que se utiliza diariamente dos aparelhos sanitários do banheiro feminino no prédio dos laboratórios de informática.



Cabe salientar que foi observado um percentual grande da população que não se utiliza dos aparelhos sanitários no prédio dos laboratórios de informática. Isso pode ser justificado porque essa população é composta basicamente por estudantes que ficam apenas um turno nas dependências do Campus, nesse período de atividades os estudantes deslocam-se pelos

prédios dependendo da sala onde terão aula. Nos períodos de intervalo é comum o deslocamento da população para o prédio do Centro de Convivência, onde existem ambientes sanitários.

#### **4.2.4 Qualidade da água não potável**

Os resultados das análises realizadas nas amostras coletadas nos reservatórios de água não potável dos prédios do setor administrativo e dos laboratórios de informática, bem como, os limites classificatórios de qualidade estabelecidos pela Portaria MS N°2914/11, Resolução CONAMA N°357/05, Resolução CONAMA N°274/00 e NBR 15527/07, podem ser observados na Tabela 16.

Tabela 16: Valores dos parâmetros para água coletada nas cisternas e os limites das legislações.

Parâmetro	Unidade	Resultado das análises		Limites			
		Cisterna prédio dos laboratórios de informática	Cisterna prédio do setor administrativo	Portaria 2914/11	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 15527
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	9	6	-	-	-	-
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	5	5	-	5	-	-
Sólidos Suspensos	mg/L	4	4	-	-	-	-
Sólidos Totais	mg/L	122	48	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	36	36	1000	500	-	-
Cloro Residual Livre	mg/L	ND	ND	0,2 - 5	-	-	0,5 - 3
Turbidez	NTU	7	4,05	5	100	-	2 - 5
pH	-	6,72	6,90	6 - 9,5	6 - 9,0	6 - 9,0	6 - 8
Coliformes Totais	NMP/100mL	230	10	Ausência 100ml	-	1000	Ausência 100ml
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	130	< 18	Ausência 100ml	1000	800	Ausência 100ml

Comparando os valores encontrados para os parâmetros analisados com os limites especificados pelas legislações, observou-se que a DBO para as duas amostras não ultrapassou o limite de 5 mg/L estipulado pela Resolução CONAMA N°357/05.

Para a água coletada nas duas cisternas os valores do pH situaram-se dentro do estabelecido por todas as legislações, já para o parâmetro Cloro Residual Livre os valores encontrados não extrapolaram os limites estabelecidos pela Portaria MS N°2914/2011 e NBR 15527/2007.

Os valores dos sólidos dissolvidos totais ficaram dentro dos limites especificados pela Portaria MS N°2914/2011 e Resolução CONAMA N°357/05, sendo que nas duas amostras os resultados foram bem inferiores a esses limites.

Os valores de Coliformes Totais e Termotolerantes considerando as duas análises foram superiores aos limites da Portaria MS N°2914/2011, e da NBR 15527/2007, que recomendam a ausência desses organismos na água. Embora esses valores encontrados para ambas amostras tenham ficado abaixo dos demais limites estipulados de 1000 NMP/100mL e 800 NMP/100mL da Resolução CONAMA N357/05 e CONAMA 274/00, respectivamente.

Em relação aos Coliformes Totais e Termotolerantes observa-se que as amostra de água das duas cisternas apresentaram valores baixos, mas mesmo assim não se enquadraram dentro dos limites estabelecidos pela da NBR 15527/2007 que define a qualidade das águas e utilizadas para fins não potáveis tais como descargas em aparelhos sanitárias. Segundo Hagemann (2009) muitas vezes, na prática, a qualidade da água no ponto de utilização não condiz com a qualidade exigida para esse uso. Um exemplo disso é a água utilizada em bacias sanitárias.

Em um estudo realizado por Ornelas *et al.* (2005) foi avaliado a qualidade da água de bacias sanitárias de 3 unidades de uma universidade, de 6 shoppings centers e de uma estação rodoviária e detectaram a presença de coliformes termotolerantes variando de 1,00E+00 a 1,00E+05 UFC/100mL. Em uma das campanhas realizadas, das 98 amostras analisadas 50% apresentavam coliformes termotolerantes na faixa de 1,55E+02 a 1,20E+05 UFC/100mL. Mesmo utilizando água potável para a limpeza de sanitários foram encontradas altas concentrações de coliformes termotolerantes.

Segundo Ornelas *et al.* (2005) a utilização de águas com qualidade equivalente à encontrada nas bacias sanitárias, para se efetuar a descarga, não representaria aparentemente redução significativa da qualidade dessas águas.

Nesse sentido, Hagemann (2009) salienta que a revisão de alguns limites e exigências tornaria mais acessível a utilização de fontes alternativas de água como o aproveitamento de águas pluviais.

### **4.3 Avaliação do potencial de economia de água potável**

Com o consumo de água potável no Campus, definido a partir das medições da CORSAN, observou-se que o consumo médio mensal é de 56.500 litros, quantidade essa, destinada ao consumo em torneiras, chuveiros, limpeza em geral e também para as descargas nos aparelhos sanitários dos prédios que não possuem sistema de captação de água de chuva.

Já a partir do sistema de hidrometração instalado nos prédios do setor administrativo e dos laboratórios de informática foi obtido à demanda de água para as descargas dos aparelhos sanitários. Com o período de medição analisado determinou-se os valores correspondentes ao consumo mensal nesses aparelhos, que foi de 7.304 litros no prédio dos laboratórios de informática e de 7.392 litros no prédio do setor administrativo.

Além desses dois prédios citados, existe no Campus o prédio de salas de aula e o da oficina mecânica que possuem sistema de captação de água de chuva para alimentar as descargas das bacias sanitárias e dos mictórios. O prédio de salas de aula possui uma população semelhante ao do prédio dos laboratórios de informática, desta forma, conclui-se que a demanda de água nas descargas dos aparelhos sanitários é similar ao do prédio dos laboratórios de informática.

Já em relação ao uso de água de chuva no prédio da oficina, para mensurar essa demanda, usou-se o percentual de uso e de consumo dos aparelhos sanitários dos banheiros do prédio dos laboratórios de informática e a população média que se utiliza desse prédio diariamente. Com esses dados chegou-se a um consumo estimado nas descargas das bacias e mictórios do prédio da oficina de fabricação mecânica que corresponde a um consumo diário de 146 litros nos dias da semana com atividades normais (entre segunda a sexta-feira), já nos sábados e domingos considerou-se que não houve consumo. Considerando 22 dias úteis por mês, chegou-se a um consumo mensal de 3.212 litros.

Nos quatro prédios que possuem sistema de captação de água de chuva, observou-se que a demanda mensal de água para atender as descargas das bacias sanitárias e mictórios foi de 25.212 litros de água. Então, caso não seja possível à captação de água de chuva nesses prédios o consumo total de água potável para atender toda a demanda de água no campus seria de aproximadamente 81.712 litros mensais.



Coluna 6 – Água captada (m<sup>3</sup>), correspondente ao volume diário de chuva coletado pelo sistema. Este valor é obtido pela multiplicação da coluna 2 com a coluna 4 e com o coeficiente de escoamento superficial. O resultado da multiplicação é dividido por 1.000 para obter-se o valor de produção de chuva em metros cúbicos;

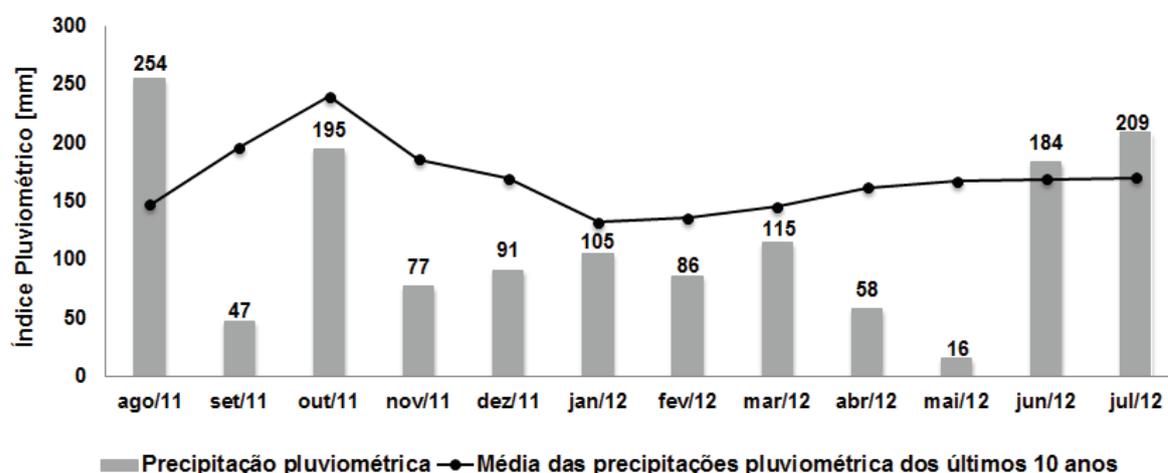
Coluna 7 – Água disponível armazenada no reservatório. É a soma da água captada diariamente com a água remanescente no reservatório após atender a demanda do dia anterior. Sendo que, não é possível armazenar um volume de água superior à capacidade do reservatório;

Coluna 8 – Água remanescente no reservatório após atender a demanda diária. É a diferença entre a água disponível no reservatório e a demanda diária. Nesta coluna, não são computados os valores negativos, estes são substituídos pelo número zero, pois indicam que o reservatório está vazio;

Com a introdução dos dados de entrada nas planilhas realizou-se um balanço hídrico para os prédios que possuem sistema captação de água de chuva no campus, com o objetivo de determinar o percentual de dias que a demanda de água não potável foi atendida por água de chuva. Desta forma, conhecendo-se os dias em que se utilizou água de chuva, foi possível avaliar do potencial de economia de água potável no campus.

Sendo assim, obteve-se no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) os dados diários e mensais das precipitações pluviométricas para um período correspondente a agosto de 2011 a julho de 2012. Neste mesmo site, também adquiriu-se a média das precipitações pluviométricas dos últimos 10 anos para o município de Passo Fundo. De posse da média histórica e das precipitações mensais construiu-se o gráfico comparativo representado na Figura 79.

Figura 79 - Gráfico comparativo entre as precipitações mensais (período de agosto 2011 a julho 2012) e a média histórica dos últimos 10 anos para a cidade de Passo Fundo/RS.



Fonte: Adaptado do INMET (2012).

Neste gráfico, observou-se que no período correspondente a setembro de 2011 a maio 2012 o índice pluviométrico foi inferior a média histórica de precipitação dos últimos 10 anos. Sendo que, o mês que apresentou menos chuva foi o de maio de 2012. Sendo assim, no mês de maio de 2012 realizou-se um balanço hídrico para as águas de chuva captadas nos prédios dos laboratórios de informática, do setor administrativo e da oficina de fabricação mecânica.

Para isso, utilizou-se para os prédios do setor administrativo os e dos laboratórios de informática os valores médios de consumo para cada dia da semana. Já para o prédio da oficina de fabricação mecânica usou-se o consumo de 146 litros diários, nos dias úteis da semana (segunda a sexta-feira), e de zero litros nos dias correspondentes aos sábados e domingos. Através de visitas *in loco*, observou-se que a capacidade dos reservatórios inferiores para os prédios do setor administrativo, dos laboratórios de informática e da oficina de fabricação mecânica são de 7.000, 3.000 e 2.000 litros, respectivamente. As telhas para ambos os prédios são de cimento amianto, dessa forma, conforme a revisão bibliográfica apresenta um coeficiente de escoamento de 0,8.

O balanço hídrico pode ser observado nas Tabelas 17, 18 e 19.

Tabela 17: Balanço hídrico para a água de chuva captada no prédio dos laboratórios de informática.

Dias	Chuva diária	Demanda diária	Área de coleta	Coeficiente de Runoff	Água captada	Água disponível armazenada no reservatório	Água remanescente no reservatório após atender demanda diária
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
29/04/2012	14,4	0,001	600	0,8	6,912	3,000	2,999
30/04/2012	0,1	0,325	600	0,8	0,048	3,000	2,675
01/05/2012	0	0,285	600	0,8	0,000	2,675	2,390
02/05/2012	0	0,340	600	0,8	0,000	2,390	2,050
03/05/2012	0	0,390	600	0,8	0,000	2,050	1,660
04/05/2012	0	0,319	600	0,8	0,000	1,660	1,341
05/05/2012	0	0,001	600	0,8	0,000	1,341	1,340
06/05/2012	0	0,001	600	0,8	0,000	1,340	1,339
07/05/2012	0	0,325	600	0,8	0,000	1,339	1,014
08/05/2012	0	0,285	600	0,8	0,000	1,014	0,729
09/05/2012	0	0,340	600	0,8	0,000	0,729	0,389
10/05/2012	0	0,390	600	0,8	0,000	0,389	0,000
11/05/2012	0	0,319	600	0,8	0,000	0,000	0,000
12/05/2012	0,1	0,001	600	0,8	0,048	0,048	0,047
13/05/2012	0	0,001	600	0,8	0,000	0,047	0,046
14/05/2012	0	0,325	600	0,8	0,000	0,046	0,000
15/05/2012	0	0,285	600	0,8	0,000	0,000	0,000
16/05/2012	0	0,340	600	0,8	0,000	0,000	0,000
17/05/2012	0	0,390	600	0,8	0,000	0,000	0,000
18/05/2012	0	0,319	600	0,8	0,000	0,000	0,000
19/05/2012	0	0,001	600	0,8	0,000	0,000	0,000
20/05/2012	0	0,001	600	0,8	0,000	0,000	0,000
21/05/2012	0	0,325	600	0,8	0,000	0,000	0,000
22/05/2012	0	0,285	600	0,8	0,000	0,000	0,000
23/05/2012	0	0,340	600	0,8	0,000	0,000	0,000
24/05/2012	1,2	0,390	600	0,8	0,576	0,576	0,186
25/05/2012	0,9	0,319	600	0,8	0,432	0,618	0,299
26/05/2012	0,1	0,001	600	0,8	0,048	0,347	0,346
27/05/2012	0	0,001	600	0,8	0,000	0,346	0,345
28/05/2012	0	0,325	600	0,8	0,000	0,345	0,020
29/05/2012	0	0,285	600	0,8	0,000	0,020	0,000
30/05/2012	13,4	0,340	600	0,8	6,432	3,000	2,660
31/05/2012	12,8	0,390	600	0,8	6,144	3,000	2,610

Tabela 18: Balanço hídrico para a água de chuva captada no prédio do setor administrativo.

Dias	Chuva diária	Demanda diária	Área de coleta	Coeficiente de Runoff	Água captada	Água disponível armazenada no reservatório	Água remanescente no reservatório após atender demanda diária
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
29/04/2012	14,4	0,012	200	0,8	2,30	7,00	6,99
30/04/2012	0,1	0,350	200	0,8	0,02	7,00	6,65
01/05/2012	0	0,335	200	0,8	0,00	6,65	6,32
02/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	6,32	5,97
03/05/2012	0	0,330	200	0,8	0,00	5,97	5,64
04/05/2012	0	0,315	200	0,8	0,00	5,64	5,32
05/05/2012	0	0,015	200	0,8	0,00	5,32	5,31
06/05/2012	0	0,012	200	0,8	0,00	5,31	5,29
07/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	5,29	4,94
08/05/2012	0	0,335	200	0,8	0,00	4,94	4,61
09/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	4,61	4,26
10/05/2012	0	0,330	200	0,8	0,00	4,26	3,93
11/05/2012	0	0,315	200	0,8	0,00	3,93	3,61
12/05/2012	0,1	0,012	200	0,8	0,02	3,63	3,62
13/05/2012	0	0,015	200	0,8	0,00	3,62	3,60
14/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	3,60	3,25
15/05/2012	0	0,335	200	0,8	0,00	3,25	2,92
16/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	2,92	2,57
17/05/2012	0	0,330	200	0,8	0,00	2,57	2,24
18/05/2012	0	0,315	200	0,8	0,00	2,24	1,92
19/05/2012	0	0,012	200	0,8	0,00	1,92	1,91
20/05/2012	0	0,015	200	0,8	0,00	1,91	1,90
21/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	1,90	1,55
22/05/2012	0	0,335	200	0,8	0,00	1,55	1,21
23/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	1,21	0,86
24/05/2012	1,2	0,330	200	0,8	0,19	1,05	0,72
25/05/2012	0,9	0,315	200	0,8	0,14	0,87	0,55
26/05/2012	0,1	0,012	200	0,8	0,02	0,57	0,56
27/05/2012	0	0,015	200	0,8	0,00	0,56	0,54
28/05/2012	0	0,350	200	0,8	0,00	0,54	0,19
29/05/2012	0	0,335	200	0,8	0,00	0,19	0,00
30/05/2012	13,4	0,350	200	0,8	2,14	2,14	1,79
31/05/2012	12,8	0,330	200	0,8	2,05	3,84	3,51

Tabela 19: Balanço hídrico para a água de chuva captada no prédio da oficina de fabricação mecânica.

Dias	Chuva diária	Demanda diária	Área de coleta	Coeficiente de Runoff	Água captada	Água disponível armazenada no reservatório	Água remanescente no reservatório após atender demanda diária
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
29/04/2012	14,4	0	600	0,8	6,912	2,000	2,000
30/04/2012	0,1	0,146	600	0,8	0,048	2,000	1,854
01/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	1,854	1,708
02/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	1,708	1,562
03/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	1,562	1,416
04/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	1,416	1,270
05/05/2012	0	0	600	0,8	0,000	1,270	1,270
06/05/2012	0	0	600	0,8	0,000	1,270	1,270
07/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	1,270	1,124
08/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	1,124	0,978
09/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,978	0,832
10/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,832	0,686
11/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,686	0,540
12/05/2012	0,1	0	600	0,8	0,048	0,588	0,588
13/05/2012	0	0	600	0,8	0,000	0,588	0,588
14/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,588	0,442
15/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,442	0,296
16/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,296	0,150
17/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,150	0,004
18/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,004	0,000
19/05/2012	0	0	600	0,8	0,000	0,000	0,000
20/05/2012	0	0	600	0,8	0,000	0,000	0,000
21/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,000	0,000
22/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,000	0,000
23/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,000	0,000
24/05/2012	1,2	0,146	600	0,8	0,576	0,576	0,430
25/05/2012	0,9	0,146	600	0,8	0,432	0,862	0,716
26/05/2012	0,1	0	600	0,8	0,048	0,764	0,764
27/05/2012	0	0	600	0,8	0,000	0,764	0,764
28/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,764	0,618
29/05/2012	0	0,146	600	0,8	0,000	0,618	0,472
30/05/2012	13,4	0,146	600	0,8	6,432	2,000	1,854
31/05/2012	12,8	0,146	600	0,8	6,144	2,000	1,854

Nas Tabelas 17, 18 e 19, as linhas em destaque representam os dias, durante o mês de maio, em que não se dispunha de água de chuva para atender a demanda nas descargas dos aparelhos sanitários dos prédios.

No prédio dos laboratórios de informática, observou-se (Tabela 17) que a partir do décimo dia do mês de maio a água de chuva armazenada se esgotou. Do dia 01/05 a 29/05, não ocorreram precipitações pluviométricas significativas. Devido a essa estiagem, constatou-se que durante 13 dias toda a demanda por água no prédio foi atendida por água potável.

Em relação à Tabela 17, também se observou que se o reservatório inferior de água de chuva estiver cheio (capacidade de 3000 litros), este consegue suportar a demanda por água não potável no prédio dos laboratórios de informática durante 10 dias, sem que ocorram precipitações pluviométricas durante esse período.

No início desse item, lembrou-se da similaridade entre o prédio dos laboratórios de informática e o prédio de salas de aula em relação à população atendida e o consumo de água não potável. Essa similaridade se estende também nas características físicas do sistema de captação de água, ambos os prédios possuem um reservatório inferior de armazenamento de água de chuva de 3000 litros e a uma área de coleta de 600 m<sup>2</sup>. Desta forma conclui-se que ambos os prédios irão utilizar-se da água de chuva pelo mesmo período de tempo durante estiagens prolongadas.

Na Tabela 18, nota-se que no prédio do setor administrativo somente a partir do vigésimo nono dia, do mês de maio, ocorreu o término da água de chuva armazenada. E como já comentado quando se analisou a Tabela 17, no período de 01/05 a 29/05 não ocorreram chuvas significativas. Sendo assim, constatou-se que apenas em um dia toda a demanda por água no prédio do setor administrativo foi atendida por água potável.

Em relação à demanda por água não potável nos aparelhos sanitários do prédio do setor administrativo, pode-se concluir, analisando a Tabela 18, que se o reservatório inferior de água de chuva estiver cheio (capacidade de 7000 litros), este consegue suportar essa demanda, durante 29 dias, sem que ocorram precipitações pluviométricas durante esse período.

Importante salientar que a Tabela 18 demonstra que no dia 29/04 a precipitação de 14,4 mm foi suficiente para completar o nível máximo de água no reservatório, isto se justifica devido às precipitações registradas nos dias anteriores que vinham mantendo o reservatório praticamente cheio.

Já analisando a Tabela 19, observou-se para o prédio da oficina de fabricação mecânica que, durante o período prolongado de estiagem não foi possível atender a demanda por água

não potável durante seis dias, isso porque, a água armazenada no reservatório inferior (capacidade 2000 litros) é suficiente para suportar 18 dias de estiagem.

Sabendo-se que quando houver períodos de estiagem prolongados, os reservatórios de água de chuva (desde que cheios) dos prédios dos laboratórios de informática, de salas de aula, do setor administrativo e da oficina de fabricação mecânica atendem a demanda de água não potável pelo período de 10, 10, 29 e 18 dias, respectivamente. Então, analisaram-se os dados diários de precipitação pluviométrica, para o município de Passo Fundo, no período de agosto de 2011 a julho de 2012 (Tabela 20). O objetivo dessa análise foi avaliar quantos dias durante esse período não se pode contar com água de chuva nos prédios em estudo.

Tabela 20: Precipitação pluviométrica diária para o período de agosto de 2011 a julho de 2012.

Meses	Precipitação Pluvial (mm)																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ago/11	0,5	7,6	3,4	2,4	0	0	0	21,3	46,6	3,8	0	0	0	2,1	0	0	0	0	53,6	19	0	0	9,1	0,7	1,8	0,2	0	5,4	21,4	54,2	1,3	
set/11	0	0	0	0	0	8,1	0	9,8	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	10,9	0,3	0	5,4	5,5	0	0	0	0	0	0	-	
out/11	19,4	6,1	0	0	0	0	0	0	10,2	0,3	0	0	40,5	3	0	31,2	0	0	0	0	0	0	0	0	23,1	13,5	1	0	32	14,4	0	
nov/11	0	0	0	0	0	0	0	0	7,4	15,6	19,8	0	0	0	21,4	0	0	0	0	0	0,5	8,8	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
dez/11	2,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,4	6,8	0	0	0	3,5	4,6	1	0	5,6	0	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0	6	21	0	0	38,4
jan/12	10,9	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	2,1	39,6	19,4	17,4	0	0	0	0	0	1,8	1	0,1	0,8	9,9	0	0	0	0	1,4	0	
fev/12	0	0	0	0,2	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,7	0,1	1,2	0	8,9	16,8	0,4	0	0,1	16,8	4,8	0	0	0	-	
mar/12	74,8	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	12,3	0	0	0	0	0	0	14,1	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	
abr/12	0	0	0	0	0	16,9	0	0	0	0	0	6,3	0	6,6	4,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1	1,3	0	14,4	0,1	-	
mai/12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0,9	0,1	0	0	0	13,4	12,8	
jun/12	0	0	58,4	5,6	1,6	0	0	0	0	0	25,3	0,2	0	0	0	0	0	63	2,3	0	0	25	2,2	0	0	0	0	0	0	0	-	
jul/12	0	0	0	0	0	31,6	29	0,5	0	0	38	0,2	0	0	0	0	5,8	2,8	0	0	0	0	0	0,2	42,6	0	11,6	0	24	22,2	0	

Fonte: Adaptado do INMET (2012).

Neste período, conforme Figura 84, observou-se, para o ano de 2012, que no mês de março ocorreram 11 dias consecutivos sem registro de precipitações pluviométricas, em maio foram 29 dias sem precipitações pluviométricas significativas e nos meses de junho e julho constatou-se 12 dias consecutivos sem registro de precipitações pluviométricas. Em relação ao mês de maio já se analisou o período sem água de chuva, já nos outros períodos mencionados registrou-se 3 dias sem água de chuva para atender a demanda nas descargas dos aparelhos sanitários nos prédios dos laboratórios de informática e dos de salas de aula.

Conhecendo-se o número de dias em que não foi possível a utilização de água de chuva e o consumo médio diário nas descargas dos aparelhos sanitários, quantificou-se a demanda de água não potável no campus e a demanda atendida com a captação de água de chuva, como pode ser observado na Tabela 21. A análise corresponde à demanda para o período entre agosto de 2011 a julho de 2012, importante salientar que nos meses de janeiro e fevereiro (período de férias dos estudantes e professores) foi considerado apenas o consumo de água de chuva no prédio do setor administrativo.

Tabela 21: Comparação entre a demanda de água não potável no campus e a demanda atendida com água de chuva.

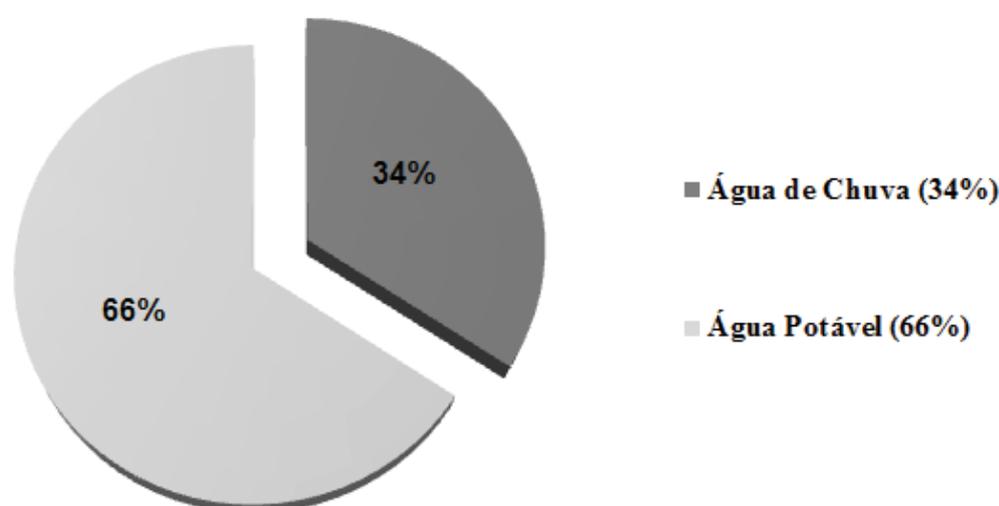
Prédio	Total de dias analisados	Total de dias sem disponibilidade de água de chuva	Consumo médio diário nas descargas dos aparelhos sanitários (Litros)	Demanda de água nas descargas dos aparelhos sanitários (Litros)	Demanda atendida com água de chuva (Litros)
Setor administrativo	366	1	336	122.976	122.640
Laboratórios de Informática	306	16	332	101.592	96.280
Salas de Aulas	306	16	332	101.592	96.280
Oficina de Fabricação Mecânica	306	6	146	44.676	43.800
<b>Total</b>				<b>370.836</b>	<b>359.000</b>

Conforme descrito anteriormente, o consumo médio mensal de água potável é de 56.500 litros, o que representaria para o período de agosto de 2011 a julho de 2012 um consumo de 678.000 litros de água potável. Sem a utilização de água de chuva para atender a demanda nas descargas dos aparelhos sanitários, toda a demanda de água no campus teria que ser atendida

por água potável, gerando um consumo, para o período em análise, de aproximadamente 1.048.836 litros.

Porém observou-se na Tabela 21, que para o período citado, 97% da demanda de água não potável no campus foi atendida pela água de chuva. O gráfico apresentado na Figura 80 apresenta a quantidade de água potável que será economizada no Campus, com a captação da água de chuva.

Figura 80 - Percentual de consumo de água potável e água de chuva no período de agosto de 2011 a julho de 2012.



A partir desse gráfico, pode-se concluir que com o sistema de captação de água de chuva no campus, para atender a demanda nas descargas dos aparelhos sanitários, foi possível economizar 359.000 litros de água potável, no período de agosto de 2011 a julho de 2012, o que correspondeu a 34% do consumo total de água no campus.

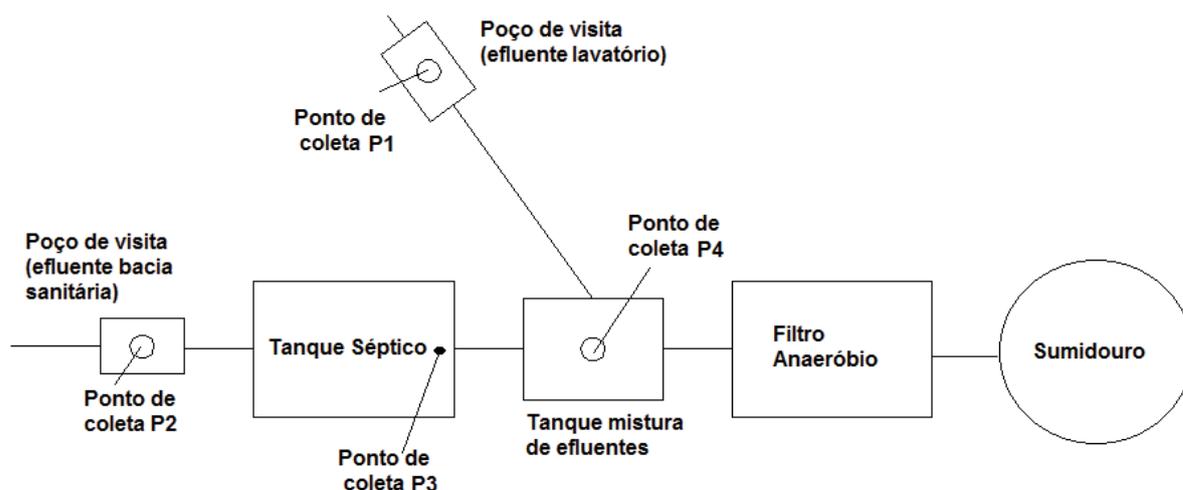
#### **4.4 Diagnóstico do processo de tratamento de efluentes existente**

##### **4.4.1 Análise da qualidade dos efluentes dos sistemas de tratamento**

No sistema de tratamento de esgoto do prédio dos laboratórios de informática, devido ao problema construtivo, em que se constatou que o efluente não está passando pela etapa de tratamento referente ao filtro anaeróbio, não foi possível coletar amostras de efluentes na saída deste equipamento. Os pontos de coleta de amostra são representados na Figura 81, foram coletadas amostras de efluentes dos lavatórios (ponto de coleta P1), amostras de

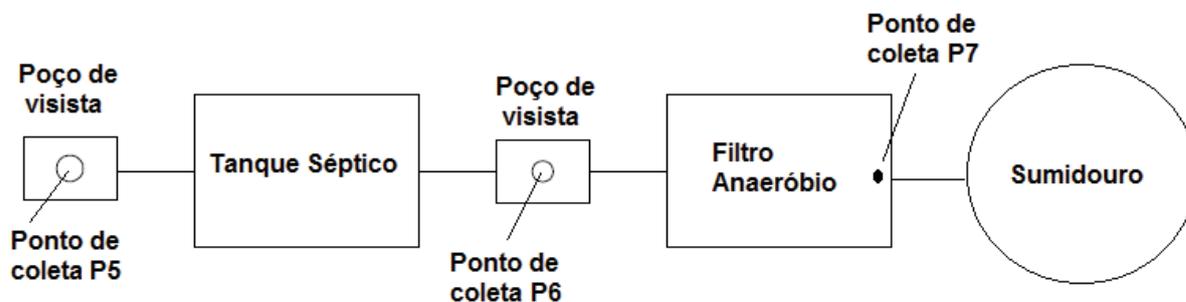
efluentes das bacias sanitárias antes da entrada do tanque séptico (ponto de coleta P2), na saída do tanque séptico (ponto de coleta P3) e coletaram-se amostras em um tanque onde ocorre a mistura dos efluentes (ponto de coleta P4) antes de serem encaminhados para o filtro anaeróbio.

Figura 81 - Representação esquemática do sistema de tratamento de esgoto do prédio dos laboratórios de informática.



Já para o sistema de tratamento de esgoto referente ao prédio do setor administrativo foi possível a coleta de amostras do efluente bruto, antes de entrar no tanque séptico (ponto de coleta P5) e amostras do efluente após tratamento no tanque séptico (ponto de coleta P6) e também amostras do efluente após tratamento no filtro anaeróbio (ponto de coleta P7). Os pontos de coleta de amostra são representados na Figura 82.

Figura 82 - Representação esquemática do sistema de tratamento de esgoto do prédio do setor administrativo.



Os efluentes coletados foram encaminhados para serem analisados nos laboratórios de microbiologia (CEPA) e no laboratório de controle de efluentes (LACE) da Universidade de Passo Fundo – UPF. Cada laboratório desenvolveu suas análises apresentando seus resultados em relatórios de ensaios.

Nas Tabelas 22 e 23 observam-se os resultados das análises, que definem a qualidade dos efluentes, para os prédios dos laboratórios de informática e do setor administrativo respectivamente.

Tabela 22: Resultados das análises nas amostras de efluente do prédio dos laboratórios de informática.

Parâmetro	Unidade	Valores obtidos nos Pontos de Coleta			
		P1	P2	P3	P4
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	102	1230	246	514
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	58	576	149	128
Sólidos Suspensos	mg/L	56	180	108	68
Sólidos Totais	mg/L	156	1328	760	828
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	94	820	664	780
Nitrogênio Total	mg/L	13,4	123,1	232,8	258,5
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	10,7	66,9	216,8	243,5
Óleos e Graxas	mg/L	14,0	37,0	2,0	28
Fósforo Total	mg/L	0,49	> 6	> 6	> 6
Surfactantes	mg/L	0,27	0,16	0,13	0,57
pH	-	6,84	8,76	8,40	8,5
Coliformes Totais	NMP/100mL	49000	1600000	➤ 1600000	3500000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	780	3900	3900	270000

Tabela 23: Resultados das análises nas amostras de efluente do prédio do setor administrativo.

Parâmetro	Unidade	Valores obtidos nos Pontos de Coleta		
		P5	P6	P7
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	1196	290	204
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	352	93	81
Sólidos Suspensos	mg/L	650	24	20
Sólidos Totais	mg/L	1836	474	346
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	736	334	332
Nitrogênio Total	mg/L	311	131,1	115,1
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	206,1	115,1	109,8
Óleos e Graxas	mg/L	239,0	16,6	3,3
Fósforo Total	mg/L	> 6	> 6	> 6
Surfactantes	mg/L	0,07	0,63	0,48
pH	-	9,15	7,95	7,84
Coliformes Totais	NMP/100mL	>1600000	2400000	2400000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	170000	170000	340000

#### 4.4.2 Avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto

Com os resultados das análises das amostras dos efluentes, na saída dos sistemas de tratamento, foi verificado a eficiência dos sistemas no Campus do IFSul, utilizando-se como parâmetros os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela resolução CONAMA N° 430/2011 e pela Resolução CONSEMA N° 128/2006.

Na Tabela 24 pode-se comparar a qualidade do efluente, do prédio do setor administrativo, que será lançado no corpo receptor com os padrões das normas lançamento.

Tabela 24: Comparação entre a qualidade do efluente final, do prédio do setor administrativo, com os padrões de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Valores obtidos na saída do último processo de tratamento	Padrões Resolução Conama 430/2011	Resolução CONSEMA Nº 128/2006
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	204	-	400*
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	81	5*	180*
Sólidos Suspensos	mg/L	20	Ausentes*	180*
Nitrogênio Total	mg/L	115,1	1,27*	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	109,8	2*	20
Óleos e Graxas	mg/L	3,3	Ausentes*	≤ 30
Fósforo Total	mg/L	> 6	0,05*	-
pH	-	7,84	6 – 9*	6 - 9
Coliformes Totais	NMP/100mL	2400000	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	340000	1000*	-

\*Padrões de qualidade para corpos hídricos enquadrados como Classe II, conforme Resolução CONAMA Nº 357/05. \*\*Para vazões inferiores a 20 m<sup>3</sup>/d.

Da mesma forma, na Tabela 25 pode-se comparar a qualidade do efluente, do prédio de salas de aula, que será lançado no corpo receptor com os padrões das normas de lançamento.

Tabela 25: Comparação entre a qualidade do efluente final, do prédio dos laboratórios de informática, com os padrões de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Valores obtidos na saída do ultimo processo de tratamento	Padrões Resolução Conama 430/2011	Resolução CONSEMA N° 128/2006
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	514	0	400**
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	128	5*	180**
Sólidos Suspensos	mg/L	68	Ausentes*	180**
Nitrogênio Total	mg/L	258,5	1,27*	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	243,5	1*	20
Óleos e Graxas	mg/L	28	Ausentes*	≤ 30
Fósforo Total	mg/L	> 6	0,05*	-
pH	-	8,5	5 - 9	6 - 9
Coliformes Totais	NMP/100mL	3500000	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	270000	1000*	-

\*Padrões de qualidade para corpos hídricos enquadrados como Classe II, conforme Resolução CONAMA N° 357/05. \*\*Para vazões inferiores a 20 m<sup>3</sup>/d.

Com essa comparação, observa-se que a redução da matéria orgânica (DBO e DQO) no sistema de tratamento de efluentes do prédio do setor administrativo está dentro da faixa aceitável para lançamento de efluente no corpo receptor estabelecida pela resolução CONSEMA 128 N° 128/2006, embora bem superior aos limites estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011. Importante lembrar que neste sistema de tratamento o efluente está sendo tratado em ambas as etapas (no tanque séptico e no filtro anaeróbio) o que permitiu uma maior redução de carga orgânica. Já para o sistema de tratamento de efluente do prédio dos laboratórios de informática a redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO) não atingiu os limites aceitáveis para o lançamento do efluente estabelecido por nenhuma das Resoluções. E pode-se concluir que um dos fatores para essa ineficiência é que o efluente está sendo tratado apenas no tanque séptico, já que o erro de construção do sistema de tratamento não permite que o efluente chegue ao filtro anaeróbio.

Para os parâmetros DBO; Sólidos Suspensos, óleos e graxas e o pH, os sistemas de tratamento analisados estão atingindo os padrões de lançamento determinados pela Resolução CONSEMA 128 N° 128/2006.

Em relação à redução do Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal e o Fósforo Total os sistemas de tratamento dos prédios não estão atingindo os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128 N° 128/2006 e Resolução CONAMA 430/2011.

Já para os sistemas de tratamento de efluentes dos dois prédios os valores de Coliformes Termotolerantes encontrados são muito altos e estão bem superiores aos limites estabelecidos pelas normas. Conforme o resultado das análises dos efluentes observou-se que estes sistemas anaeróbios compostos por tanque séptico e filtro anaeróbio não foram capazes de eliminar esses microorganismos. Pelo contrário, esses sistemas oferecem um ambiente rico em matéria orgânica, o que o torna propício para sua ploriferação. O crescimento do número de coliformes foi observado ao longo de todas as etapas dos sistemas de tratamento de efluente dos prédios.

Desta forma concluí-se que ambos os sistemas anaeróbios analisados no Campus, compostos por tanque séptico e filtro anaeróbio seguidos de sumidouro, apresentam baixa eficiência na remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo e nenhuma eficiência na remoção de microorganismos patogênicos, já que nenhum desses parâmetros conseguiu alcançar os limites para o lançamento em um corpo receptor estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011.

Os resultados das análises dos efluentes finais nos sistemas de tratamento dos prédios do setor administrativo e salas de aula do campus Passo Fundo revelam a possibilidade de estar sendo lançada uma expressiva quantidade de contaminantes no meio ambiente local, o que provavelmente pode ocasionar sérios impactos ambientais.

Devido a isso, existe a necessidade de implantar um novo sistema de tratamento de esgoto que possibilite a obtenção de um efluente final dentro dos padrões de lançamento determinados pela Resolução CONAMA 430/2011 e RESOLUÇÃO CONSEMA N° 128/2006.

#### **4.5 Proposta de um sistema de tratamento de esgoto**

Após a análise e estudo dos sistemas de tratamentos de esgotos compactos apresentados no Capítulo de Revisão Bibliográfica, observou-se que estações compactas compostas por reator UASB seguido de um pós-tratamento aeróbicos são amplamente aplicadas no Brasil, por serem sistemas simples, de baixo custo e eficazes. E, segundo Jordão e Volschan Junior

(2009), são os sistemas de tratamento que melhor se aplicam aos empreendimentos inseridos no meio urbano.

Sendo assim, fez-se um levantamento no mercado para saber quais os tipos de estações compactas são oferecidas chegou-se a conclusão de que deveriam ser analisadas as estações compactas compostas por reator UASB seguido de um pós-tratamento com lodos ativados e a composta por reator UASB seguido de um pós-tratamento com filtro aerado submerso para a escolha da alternativa que melhor se adéque ao tipo de esgoto e a eficiência de remoção que se deseja para o Campus Passo Fundo.

Neste estudo foram comparadas as duas alternativas de tratamento através de parâmetros como: área ocupada; a eficiência de remoção de sólidos, matéria orgânica, microorganismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes; as facilidades e dificuldades para a manutenção e operação; custos diretos na implantação e operação.

Para permitir essa comparação foi necessário conhecer a população que será atendida pelo sistema de tratamento de esgoto. Segundo a direção geral do Campus Passo, no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) do Instituto Sul Rio-Grandense, o campus Passo Fundo tem como meta de desenvolvimento aumentar o número de alunos, técnicos administrativos e professores para os próximos anos. A Tabela 26 apresenta a população que deve ser atendida até 2014.

Tabela 26: População a ser atendida pelo sistema de tratamento de esgoto.

<b>Função</b>	<b>Projeção para o ano de 2014</b>
Alunos matriculados nos cursos regulares	840
Alunos matriculados em cursos não regulares	360
Professores	60
Técnicos Administrativos	45
Servidores	45
<b>Total da população</b>	<b>1350</b>

A relação apresentada a seguir define os parâmetros selecionados para a avaliação e comparação das tecnologias escolhidas como possíveis alternativas para o tratamento do esgoto gerado no Campus Passo Fundo, conforme mostram as tabelas 27 a 31.

1º Parâmetro: Área ocupada pela estação de tratamento.

Tabela 27: Comparativo da área necessária para instalação.

<b>Tecnologia de Tratamento</b>	<b>Requisito de área superficial (m<sup>2</sup>)</b>
UASB + Lodos Ativados	270
UASB + Filtro aerado Submerso	203

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

2º Parâmetro: Custo de implantação, operação e manutenção.

Tabela 28: Comparativo de custos.

<b>Tecnologia de Tratamento</b>	<b>Custos (R\$)</b>
UASB + Lodos Ativados	229.500,00
UASB + Filtro aerado Submerso	195.750,00

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

3º Parâmetro: Demanda de energia elétrica.

Tabela 29: Comparativo de potência.

<b>Tecnologia de Tratamento</b>	<b>Requisitos de energia elétrica (kWh/ano)</b>
UASB + Lodos Ativados	27.000
UASB + Filtro aerado Submerso	20.250

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

4º Parâmetro: Produção de lodo pela estação de tratamento

Tabela 30: Comparativo do parâmetro de produção de lodo.

<b>Tecnologia de Tratamento</b>	<b>Geração de lodo (L/ano)</b>
UASB + Lodos Ativados	540.000
UASB + Filtro aerado Submerso	540.000

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

## 5° Parâmetro: Eficiência de remoção de nutrientes

Tabela 31: Comparativo do parâmetro de eficiência.

Tecnologia de Tratamento	Eficiência de Remoção (%)				
	DBO	SST	NH <sub>3</sub>	N-t	P-t
UASB + Lodos Ativados	80 - 90	80 - 90	80 - 90	< 60	< 30
UASB +Filtro Aerado Submerso	80 - 90	80 - 90	60 - 80	< 60	< 30

Fonte: Adaptado de (JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR, 2009).

Segundo Jordão e Volschan Junior (2009) os sistemas compostos por reator UASB + Lodos ativados e por Reator UASB+filtro aerado submerso apresentam uma eficiência na remoção de nutrientes equivalentes. Os autores salientam que a remoção não é eficaz nos parâmetros NH<sub>3</sub>, Nitrogênio total e Fósforo total, dessa forma para os dois sistemas analisados é necessário um tratamento específico para a remoção de Fósforo e Nitrogênio caso deseja-se alcançar os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 430/2011 e CONSEMA N° 128/2006.

Em relação à remoção de Coliformes totais e Termotolerantes os sistemas são ineficientes e necessitam de uma etapa específica para a remoção de microorganismos patogênicos. Os modelos de estações compactas que são oferecidas no mercado nacional apresentam como opcional um sistema de cloração para remoção de patogênicos.

Após a análise dos parâmetros comparativos entre os sistemas, observamos que a estação compacta composta por reator UASB seguido por Filtro Aerado Submerso necessita de uma menor área, menor custo de implantação e operação e de menor consumo de energia elétrica. Em relação à produção de lodo, ambos os sistemas produzem a mesma quantidade, mas o reator UASB + filtro aerado submerso apresenta um maior intervalo entre a remoção desse lodo, o lodo deve ser removido mensalmente.

Então uma alternativa adequada para melhorar a qualidade do efluente final no Campus Passo Fundo seria a substituição dos sistemas atuais por uma única estação compacta de tratamento de esgoto composta por reator UASB + Filtro Aerado Submerso e um pós-tratamento de cloração para remoção de patogênicos.

#### 4.6 Avaliação do impacto ambiental gerado com o uso de água não potável, bem como, o efluente gerado dentro do Campus Passo Fundo

Do total de profissionais que foi solicitada a colaboração para a identificação e avaliação dos impactos, cinco colaboraram com preenchimento desta matriz de acordo com o seu conhecimento técnico.

Sendo a captação de água de chuva e a disposição de efluente no solo as fontes de impactos, a equipe técnica fez a avaliação dos possíveis impactos em função da sua natureza e da possibilidade de ocorrência. Nas Tabelas 32 e 33, pode-se observar como se comportaram as repostas em termos de porcentagem.

Tabela 32: Avaliação dos impactos ambientais provocados com a captação de água de chuva.

Fonte de Impacto: Captação de água de chuva							
Impacto Possibilidade de ocorrência	Impacto de natureza Positiva			Impacto de Natureza Negativa			Ocorrência do impacto desconsiderada
	Certa	Provável	Incerta	Certa	Provável	Incerta	
Diminuição da recarga	-	-	20%	-	20%	60%	-
Redução da carga de drenagens e enchentes	20%	20%	60%	-	-	-	-
Diminuição da demanda de água tratada	100%	-	-	-	-	-	-
Aumento da turbidez da água	-	-	-	-	-	-	100%
Eutrofização da água	-	-	-	-	-	-	100%
Proliferação de algas e de vegetação aquática	-	-	-	-	-	-	100%
Escassez de água de boa qualidade	40%	-	-	-	-	-	60%
Poluição do solo	-	-	-	-	-	-	100%
Efeitos sobre a fauna e a flora	-	-	-	-	-	-	100%
Transmissão de doenças aos animais	20%	60%	20%	-	-	-	-
Disseminação de doenças de veiculação hídrica	-	20%	-	-	-	-	80%
Economia financeira	80%	20%					-
Consciência ambiental	100%	-	-	-	-	-	-

Tabela 33: Avaliação dos impactos ambientais provocados com a disposição do efluente no solo.

Fonte de Impacto: Disposição de efluente no solo							
Impacto  Possibilidade de ocorrência	Impacto de natureza Positiva			Impacto de Natureza Negativa			Ocorrência do impacto desconsiderada
	Certa	Provável	Incerta	Certa	Provável	Incerta	
Diminuição da recarga	-	-	20%	-	20%	60%	-
Redução da carga de drenagens e enchentes	20%	20%	60%	-	-	-	-
Diminuição da demanda de água tratada	100%	-	-	-	-	-	-
Aumento da turbidez da água	-	-	-	-	80%	20%	-
Eutrofização da água	-	-	-	-	100%	-	-
Proliferação de algas e de vegetação aquática	-	-	-	-	100%	-	-
Escassez de água de boa qualidade	-	-	-	40%	60%	-	-
Poluição do solo	-	-	-	20%	60%	20%	-
Efeitos sobre a fauna e a flora	-	-	-	20%	60%	20%	-
Transmissão de doenças aos animais				20%	80%		-
Disseminação de doenças de veiculação hídrica	-	-	-	20%	80%	-	-
Economia financeira			20%			20%	60%
Consciência ambiental	-	-	20%	40%	-	20%	20%

Analisando as Tabelas 32 e 33 observa-se que ocorreram divergências entre as avaliações de alguns profissionais. Mas para todos os impactos, identificou-se que no mínimo 60% dos profissionais fizeram a classificação dos impactos em função da natureza e da possibilidade de ocorrência de forma idêntica.

Com a avaliação técnica da maioria dos profissionais em relação às duas fontes de impactos propostas (captação de água de chuva e a disposição de efluentes no solo), em relação à natureza do impacto (positivo e negativo) e sua possibilidade de ocorrência (certa, provável e incerta), elaborou-se a Matriz de Interação de Impactos, conforme Quadro 4.

Os impactos, que na Matriz não estão identificados à natureza e a possibilidade de ocorrência, são os que a ocorrência foi desconsiderada pela maioria dos profissionais.

Quadro 4: Matriz de interação de impactos.

		Natureza do Impacto P (positivo) N (negativo)	Fontes de Impactos	
			Captação de água de chuva	Disposição de efluente no solo
		Possibilidade de ocorrência C (certa) – Pr (provável) – In (incerta)		
Elementos do meio	Meio Natural	Diminuição da recarga dos aquíferos	N	P
			In	In
		Redução da carga de drenagens e enchentes	P	N
			In	In
		Diminuição da demanda de água potável	P	-
			C	-
		Aumento da turbidez da água	-	N
			-	Pr
		Eutrofização da água	-	N
			-	Pr
		Proliferação de algas e de vegetação aquática	-	N
			-	Pr
	Escassez de água de boa qualidade	-	N	
		-	Pr	
	Poluição do solo	-	N	
		-	Pr	
	Efeitos sobre a fauna e a flora	-	N	
		-	In	
	Transmissão de doenças aos animais	P	N	
Pr		Pr		
Meio Humano	Disseminação de doenças de veiculação hídrica	-	N	
		-	Pr	
	Economia financeira	P	-	
		C	-	
Consciência ambiental	P	N		
	C	C		

Observa-se a partir da matriz de interação dos impactos, que em relação à captação de água de chuva, tem-se como impactos de possibilidade de ocorrência certa, a diminuição do uso de água potável, economia financeira e consciência ambiental. Ambos impactos são considerados de natureza positiva, visto que, como foi determinado anteriormente que o consumo de água de chuva no campus corresponde a 34% do consumo total, sendo assim, isso demonstra uma redução do consumo de água potável acarretando uma maior economia financeira, demonstrando dessa forma que o Campus Passo Fundo tem uma consciência ambiental em relação ao uso da água.

Também pode-se observar que em relação a disposição de efluentes no solo, a grande maioria dos impactos se mostraram de possibilidade de ocorrência provável, dentre eles, aumento da turbidez da água, eutrofização da água, proliferação de algas e vegetação aquática, escassez de água de boa qualidade, poluição do solo e transmissão de doenças aos animais e disseminação de doenças de veiculação hídrica. Ambos os impactos são classificados como de natureza negativa.

Conforme apresentado no capítulo referente a revisão bibliográfica, o lançamento de efluentes de esgoto doméstico de forma inadequada nos recursos hídricos, resulta na contaminação das águas e desequilíbrios ecológicos. Efluentes com altas concentrações de carga orgânica ao entrar em um sistema aquático, levam a uma grande proliferação de algas e vegetação aquática, provocando um aumento no consumo de oxigênio dissolvido que pode reduzir a valores muitos baixos, ou mesmo extinguir, gerando impactos a vida aquática aeróbica (PIMENTA *et al.*, 2002).

A presença em excesso de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, podem contaminar águas subterrâneas e superficiais, podendo causar a eutrofização e danos aos seres humanos. E nos resíduos fecais também podem estar presentes vários microrganismos patogênicos, incluindo vírus, bactérias e parasitos, que são identificados como agentes potenciais de diversas doenças infecciosas que acometem humanos. (VON SPERLING, 2005). E segundo Pimenta *et. al.* (2002) na ausência de um tratamento adequado para o esgoto doméstico, os dejetos de origem humana poderão contaminar mananciais superficiais ou subterrâneos. A água desses mananciais quando utilizadas para consumo, pode causar doenças nos seres humanos.

A provável ocorrência dos impactos com a disposição do efluente no solo justifica-se pela análise da bibliografia e pelas características do efluente gerado no campus, visto que, após a realização das análises físico-químicas e microbiológicas nas amostras dos efluentes (saídas dos sistemas de tratamento), constatou-se que: carga orgânica, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo total, coliformes totais e termotolerantes, apresentaram valores superiores aos padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelas resolução CONAMA N° 430/2011 e pela Resolução CONSEMA N° 128/2006.

Ainda em relação à disposição dos efluentes no solo, observou-se na Matriz apenas um impacto de possibilidade de ocorrência certa, que a consciência ambiental. Este impacto foi considerado pela equipe técnica como de natureza negativa, isto porque, com o atual sistema de tratamento de esgoto no campus, verificou-se a possibilidade de ocorrência de impactos que poderão a vir contaminar o solo e em decorrência o lençol freático.

## 5 CONCLUSÃO

Após a realização do presente estudo, verificou-se que, a única fonte de água não potável no Campus Passo Fundo é a captação de água de chuva. Atualmente essa captação, é realizada em quatro dos seis prédios que compõem o campus. Ressalta-se que, a água de chuva coletada é utilizada, somente nos banheiros, para as descargas das bacias sanitárias e dos mictórios.

O estudo revelou que, apenas promovendo nos sistemas de captação da água do Campus a remoção de folhas, a água de chuva apresenta qualidade compatível para ser aproveitada para fins não potáveis como lavagem de carros, pisos e calçadas, irrigação dos jardins e descargas das bacias sanitárias, atendendo inclusive à maioria dos parâmetros estabelecidos em padrões de balneabilidade (CONAMA N°274/00), da Resolução CONAMA N°357/05 para corpos de água doce, da NBR 15527/07 para águas de chuvas e de potabilidade da Portaria N°2914/2011 do MS.

Embora a água da chuva tenha se mostrado própria para diversos usos no estado bruto é recomendado que se utilize no sistema de captação e armazenamento de água de chuva um dispositivo de descarte da primeira chuva (conforme recomendações da NBR 15527/07) e um dispositivo para tratamento simples de desinfecção da água pela adição de cloro, pois esporadicamente os valores das legislações foram ultrapassados. Em geral, turbidez e coliformes totais e termotolerantes, foram os principais parâmetros que ultrapassaram os limites das legislações e a redução nos valores desses dois parâmetros aumentaria o potencial de aproveitamento das águas pluviais.

Em relação ao consumo de água de chuva, a utilização dos sistemas de hidrometração e dos sistemas eletrônicos para a determinação da população de usuários se mostraram eficientes na realização do estudo. Através destes, identificou-se para a população composta predominantemente por alunos, um consumo de 810 litros diários (dias letivos) sendo que 80% é usada para descarga das bacias sanitárias e 20% na descarga dos mictórios. Também concluiu-se que nos ambientes sanitários masculinos, predomina o uso dos mictórios o que contribui para a economia de água, já que o consumo de água na descarga do mictório corresponde á 25% do consumo da descarga em uma bacia sanitária.

A principal contribuição deste estudo foi de que, com uso da água de chuva conseguiu-se obter economia da água potável. Se as precipitações pluviométricas na cidade de Passo Fundo se mantiverem próximas da média histórica do município, é possível armazenar água de chuva suficiente para atender quase que completamente (aproximadamente 97%) a

demanda anual nas descargas das bacias sanitárias e mictórios, considerando o volume dos reservatórios existentes. Observou-se também, que utilizando água de chuva para suprir o consumo nas descargas das bacias sanitárias e dos mictórios, é possível economizar 359.000 litros de água potável anualmente. Sendo assim, conclui-se que a utilização de um sistema de captação de água de chuva, não diminui o consumo de água, mas, sim, diminui o consumo de água potável, que será substituída por uma água de qualidade inferior.

Em relação aos efluentes gerados no Campus Passo Fundo, pode-se perceber que são efluentes de esgoto doméstico, já que, provêm essencialmente das instalações de banheiros e cozinhas. Determinou-se que todos os prédios possuem um sistema individual de tratamento de esgoto composto por tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro. Concluiu-se que o sistema de tratamento de esgoto do campus está em conformidade com as legislações vigentes, já que a NBR 7229/93 recomenda que nas áreas desprovidas de rede pública coletora de esgoto, deve-se implantar um sistema individual de tratamento de esgoto. Um dos sistemas propostos na Norma é a combinação de tanques sépticos, filtros anaeróbicos e sumidouros.

Entretanto, na avaliação dos sistemas de tratamento existentes no Campus, segundo os parâmetros de qualidade analisados, conclui-se que esses sistemas de tratamentos de esgoto não atendem todos os padrões permissíveis de lançamento de efluentes, prescritos pelas Resoluções CONAMA nº 430/2011, que altera parcialmente e complementa a Resolução CONAMA 357/05, e CONSEMA 128/2011. Isso pode ser observado, no sistema de tratamento de esgoto que apresentou maior eficiência. Alguns parâmetros analisados como carga orgânica (DBO), nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes, apresentaram valores de 81 mg/L O<sub>2</sub>, 115,1 mg/L, mais que 6 mg/L e 340000 NMP/100mL, respectivamente. Já a Resolução CONAMA 430/2011 determina como padrões de lançamento os valores máximos de 5 mg/L O<sub>2</sub> para o DBO, 1,27 mg/L para nitrogênio total, 0,05 mg/L para fósforo total e 1000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes.

Desta forma, com os resultados encontrados observou-se que os sistemas atuais não eliminam a probabilidade de impactos ambientais locais, desta forma, buscou-se propor um sistema de tratamento mais eficiente. As propostas de alternativas foram escolhidas com base na literatura, observando os sistemas de tratamentos compactos que vem sendo desenvolvidos nos empreendimentos inseridos no meio urbano, as informações dos pesquisadores da área de tratamento de efluentes e as características do efluente gerado. Desta forma, chegou-se a proposta de se utilizar o reator anaeróbico de manta de lodo UASB seguido de um Filtro Aerado Submerso e um pós-tratamento de cloração para remoção de patógenos.

Quando se avaliou o impacto ambiental gerado com o uso de fontes não potáveis de água dentro do Campus Passo Fundo, pode-se concluir que, com a captação e uso da água de chuva, obteve-se uma diminuição do consumo de água potável, contribuindo desta forma, para garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e auxiliando no controle de enchentes. Já em relação aos possíveis impactos causados com o efluente de esgoto gerado no Campus, percebeu-se que as legislações e normas exigem um sistema de tratamento eficiente, e o sistema de tratamento de esgoto do Campus está em conformidade com as legislações vigentes, no entanto, após o estudo verificou-se que esse sistema não seria adequado, podendo vir a comprometer a qualidade dos recursos naturais.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Concluído o trabalho, observa-se que podem ser mencionadas algumas sugestões para trabalhos futuros no Campus Passo Fundo:

- Realizar uma análise da viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água de chuva;
- Investigar outras fontes alternativas de água para ampliar as opções de água para utilização, como por exemplo a água cinza;
- Analisar um sistema de desnitrificação e desfosforização e verificar a possibilidade do aproveitamento do gás metano como fonte de energia na ETE proposta.

## REFERÊNCIAS

- ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Águas subterrâneas**. Disponível em: <[http://www.abas.org.br/index.php?PG=aguas\\_subterraneas&SPG=aguas\\_subterraneas\\_as](http://www.abas.org.br/index.php?PG=aguas_subterraneas&SPG=aguas_subterraneas_as)>. Acesso em: 22 de outubro de 2011.
- ALBUQUERQUE, Marcela de Carvalho. **Qualidade de água coletada em diferentes tipos de telhado**. 2010. 31 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental) - Instituto Federal Sul de Minas Gerais, Inconfidentes, 2010.
- ALMEIDA, P.G.S.; OLIVEIRA, S.C.; CHERNICHARO, C.A.L. **Operação de filtros biológicos percoladores pós-reatores UASB sem a etapa de decantação secundária**. Eng Sanit Ambient, v.16, n.3, p.271-280, 2011.
- ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações**: São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. 152 p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual sobre Águas Subterrâneas**. Brasília, 2002.
- ANAISSI, Fauze Jacó; FELSKI, Gelson; QUINÁIA, Sueli Pércio. **Avaliação da qualidade da água consumida pela população do município de Guarapuava, Paraná** - Revista Eletrônica Lato Sensu – Ano 3, nº1, março de 2008. ISSN 1980-6116; <http://www.unicentro.br> - Ciências da Saúde.
- ANNECCHINI, K. P. V.. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória** – ES. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo – ES, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626** : Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12244**: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
- ÁVILA, Renata Oliveira de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbico com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BASSANI, Fabrício. **Diagnóstico da situação atual do sistema de esgoto no campus da Universidade de Passo Fundo-RS: Parâmetros iniciais para o projeto de uma estação de**

**tratamento compacta.** 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Área de concentração Infra-estrutura e Meio Ambiente) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

**BELLA CALHA.** Obras de Referência (2006a). Disponível em: <[http://www.acquasave.com.br/index\\_acqua.php3?pg=obras](http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php3?pg=obras)>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

**BÓS, Sidiane Manfron. Mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Sananduva – RS.** 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Área de concentração Infra-estrutura e Meio Ambiente) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

**BRASIL.** Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 26 outubro 2011.

**BRASIL.** Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em 20 de outubro 2011.

**CAMPOS, Marcus André Siqueira. Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos.** 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2004.

**CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo,** disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acessado em 15 de outubro de 2011.

**CHERNICHARO, C. A. L., et al.** Introdução. In: **CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos (Coord.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: [s.n], 2001. (Projeto PROSAB). cap. 1, p. 19 – 34.

**CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil).** Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 430, de 13 de março de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento complementam e alteram a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 CONAMA. **Diário Oficial da União,** Brasília de 13 de maio de 2011.

**CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil).** Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

**CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil).** Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

**FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos.** Disponível em <<http://www.finep.gov.br/prosab/index.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

**GIL, Anelise Sertoli Lopes. Caracterização do efluente de ETE de abatedouro visando reuso.** 2010. 76f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

FLORENCIO, L. et al., **Reuso das Águas de Esgoto Sanitário, Inclusive Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento para esse Fim**, Ed. PROSAB. 2006. Disponível em <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.html>>. Acesso em: 25 Jul.2011.

FREIRE, V.H.; VON SPERLING, M. & CHERNICHARO, C.A.L., 1999. **Avaliação do desempenho de um sistema combinado UASB - Lodos Ativados no tratamento de efluentes sanitários**. In: 20.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Rio de Janeiro: Abes.

GÁLVEZ, J.M. et al. **Influence of hydraulic loading and air flow rate on urban wastewater nitrogen removal with a submerged fixed-film reactor**. Journal of Hazardous Materials, v. 101, p. 219-229, 2003.

GHISI, E.; CORDOVA, M.M.; ROCHA, V. L. Netuno 3.0. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2011.

GIUSTINA, S. V. D; MIRANDA, L. S. S; MONTEGGIA, L.O. **Remoção de matéria orgânica e sólida suspensas por nova configuração de biofiltro aeróbio submerso no pós-tratamento de efluente de reator UASB**. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Maceió 2010.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Projeto PROSAB. 438p, Vitória – ES, 2003.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. 332 p.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Makoto Murase(Org.). Tradução: Massato Kobiyama; Cláudio Tsuyoshi Ushiwata; Manoela dos Anjos Afonso. Tradução de: Yatte Miyo Amamizu Riyo. Curitiba: Organic Trading, 2002, 196p.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

PIMENTA, H. C. D. et al. **O ESGOTO: A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO E AS OPÇÕES TECNOLÓGICAS**, Artigo, ENGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002.

Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 39, 12 dez. 2011. Seção 1.

**Hidraulis Ltda**. Disponível em: <<http://www.hidraulis.com.br>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo2010>>. Acesso em: 03 de novembro de 2011.

**IFSul** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. Disponível em: <<http://www.ifsul.edu.br>>. Acesso em: 03 de maio de 2012.

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2012.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

JORDÃO, E.P.; VOLSCHAN JUNIOR, I. **Tratamento de Esgotos Sanitários em Empreendimentos Habitacionais**. Alternativas Tecnológicas. Habitação social sustentável. Rio de Janeiro: Caixa, 2009.

KALANGO, Youssouf; VERSTRAETE, Willy. **Development of anaerobic sludge bed (ASB) reactor technologies for domestic wastewater treatment: motives and perspectives**. World Journal of Microbiology & Biotechnology, n. 15, 1999. p. 523 – 534.

LAGE, Epaminondas de Souza. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2010.

LEMES, J. et al. **Estação de tratamento de efluentes domésticos por zona de raízes numa comunidade rural**. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008

LIU, Y.X. et al. **Study of municipal wastewater treatment with oyster shell as biological aerated filter medium**. Desalination, v. 254, p. 149-153, 2010.

MARTINI, Felipe. **Potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva em São Miguel do Oeste - SC**. 2009. 96 f. Trabalho de conclusão de curso (curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

MOREIRA, Celina Maria Dutra. **Aspectos Qualitativos da água subterrânea no campus da UFSM**, 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005.

NOVUS – NOVUS PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA Disponível em <[http://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/v11x\\_b\\_manual\\_logbox-aa\\_port.pdf](http://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/v11x_b_manual_logbox-aa_port.pdf)>. acesso em: 10 de abril de 2012.

OLIVEIRA, Nancy Nunes. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos**. 2008. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (curso de Engenharia Civil) – Universidade Guarulhos. Guarulhos, 2008.

ORNELAS, P. et al. **Qualidade d'água em vasos sanitários: uma contribuição ao debate sobre os critérios de qualidade d'água para reúso não potável**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. , 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande: ABES, 2005.

PARESCHI, Daniela Cambeses **Caracterização da fauna de rotífera em área alagada construída para tratamento de esgoto doméstico – Piracicaba (SP)**. 2004. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

Prefeitura Municipal de Passo Fundo. Disponível em: < <http://www.pmpf.rs.gov.br/secao.php?p=158&a=3>>. Acesso em: 14 de novembro de 2011.

PIMENTA, H.C.D.; TORRES, F.R.M.; RODRIGUES, B.S.; JUNIOR, J.M.R. **O esgoto: A importância do tratamento e as opções tecnológicas.** In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25. 2002, Curitiba. Anais... Curitiba: ENEGEP, 2002.

SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul). 2006. Resolução Consema nº 128/2006. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/Resolucao128Efluentes.pdf>>. Acesso em: 12 novembro de 2011.

SILVA, Giovana Martinelli da, **Estudo de viabilidade de pós-tratamento de efluentes de UASB através de filtros biológicos percoladores sem etapa de clarificação.** 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico (2005).

TAWFIK, A.; EL-GOHARY, F.; TEMMINK, H. **Treatment of domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket reactor followed by moving bed biofilm reactor.** *Bioprocess Biosyst Eng*, v. 33, n.2, p.267–276, 2010.

TANDUKAR, M.; MACHDAR, I.; UEMURA, S.; OHASHI, A.; HARADA, H. **Potential of a Combination of UASB and DHS Reactoras a Novel Sewage Treatment System for Developing Countries: Long-Term Evaluation.** *Journal of Environmental Engineering*, v.132, n.2, p.166-172, 2006.

TecnoSane – Tecnologia em Saneamento. Disponível em: <<http://www.tecnosane.com.br>>. Acesso em: 24 de outubro de 2011.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** 3ed. Austin, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não potáveis.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

U.S. EPA, 2000. **Wasterwater techonology fact sheet trickling filters.** EPA 832-F-00-014, EPA Office of Water Washington, D.C. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P10099PA.txt>>. Acesso em: 18 abril de 2012.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes: Uma Proposta de Tecnologia Adequada para Saneamento Básico no Litoral do Paraná.** 2002. 128f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

VON SPERLING, M., 2005, **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 3ª ed., Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais.

WATERFALL, P.H.. **Harversting Rainwater for Landscape Use.** Universit of Arizona. Disponível em; < <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html> >. Acesso em: 01 de outubro de 2011.