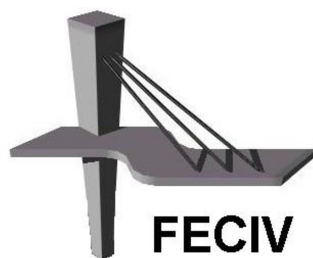


DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO DO POTENCIAL DE REÚSO DE
ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LABORATÓRIOS DE
ANÁLISES QUÍMICAS EM INSTITUIÇÕES DE
ENSINO SUPERIOR.**

MARIANA MILLA ASSUNÇÃO DE ARAÚJO



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Mariana Milla Assunção de Araújo

**ESTUDO DO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISES
QUÍMICAS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de **Mestre em
Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

Uberlândia, 21 de novembro de 2017.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A659e Araújo, Mariana Milla Assunção de, 1991-
2017 Estudo do potencial de reuso de águas residuárias de laboratórios de
análises químicas em instituições de ensino superior. / Mariana Milla
Assunção de Araújo. - 2017.
143 f. : il.

Orientador: Nemésio Neves Batista Salvador.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.158>
Inclui bibliografia.

1. Engenharia civil - Teses. 2. Água - Reutilização - Teses. 3. Águas
residuais - Teses. 4. Laboratórios químicos - Teses. I. Salvador, Nemésio
Neves Batista. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 624



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE

ATA Nº: 198/2016

CANDIDATO: Mariana Milla Assunção de Araújo

Nº. Matrícula: 11522ECV013

ORIENTADOR: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

TÍTULO: "Estudo do potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas em instituições de ensino superior"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

LINHA DE PESQUISA: Recursos Hídricos e Saneamento

PROJETO DE PESQUISA: Infraestrutura Urbana

DATA DA DEFESA: 21 de novembro de 2017

LOCAL: Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y.

HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO: 14:23/18:45h

Reuniu-se na **Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y - Campus Santa Mônica** da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGE, assim composta pelos Professores Doutores: **Maria Lúcia Ribeiro – UNIARA; Bruna Fernanda Faria Oliveira – ICIAG/UFU e Nemésio Neves Batista Salvador**, orientador da candidata. Ressalta-se que todos os membros da banca e a aluna participaram in loco.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa **Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador** apresentou a Comissão Examinadora e concedeu à discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou a candidata APROVADA. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.


Professor Orientador: **Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador – FECIV/UFU**


Membro externo: **Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Ribeiro – UNIARA**


Membro interno: **Prof.ª Dr.ª Bruna Fernanda Faria Oliveira – ICIAG/UFU**

Uberlândia, 21 de NOVEMBRO de 2017.

*A minha mãe Neusa e meu padrasto Marcos, meus avós Pedro e Abadia
e aos meus irmãos Estefânia e Matheus.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me possibilitar força, sabedoria e tudo mais que eu necessitei para concluir este trabalho.

Ao meu orientador Professor Nemésio Neves Batista Salvador pela orientação, conhecimento repassado, esforço e dedicação.

Aos meus familiares, que se esforçaram para que eu pudesse finalizar mais essa etapa em minha vida.

As Professoras María Lyda Bolanos Rojas e Márcia Gonçalves Coelho pelas sugestões na banca de Qualificação.

Ao Engenheiro Civil Arthur Romagno pela ajuda durante o levantamento de dados da universidade.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta foram indispensáveis a construção desse trabalho.

Araújo, M.M.A. Estudo do potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas em Instituições de Ensino Superior. 143 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

RESUMO

O aumento da demanda por água, que é um bem essencial à vida e às atividades econômicas, e a sua própria escassez vem exigindo a busca por novas fontes da mesma. Dessa maneira, os termos reutilização e reúso estão sendo cada vez mais utilizados como uma tentativa de suprir a falta desse bem tão importante. Destaca-se, para esta pesquisa, dentre os laboratórios de universidades os laboratórios de análises químicas, pois utilizam uma grande quantidade de água para seus processos internos como destilação de água e lavagem de vidraria. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo de estudar o potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas, para fins não potáveis, no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia. Como objetivos específicos foram identificados os laboratórios maiores consumidores de água, estimado o volume de água gasto nos processos de destilação de água e lavagem de vidraria e apontado a qualidade da água residuária desses laboratórios através das substâncias químicas comumente utilizadas, identificadas no questionário aplicado. Dessa forma, foi possível analisar a viabilidade desses efluentes para reúso, visando os fins não potáveis de irrigação de gramados, lavagens de pisos e descargas sanitárias. Como metodologia foi realizada uma pesquisa de campo, aplicação de questionários e levantamento *in loco* do volume de água utilizado na lavagem de vidraria dos laboratórios potenciais. Ao final, os resultados mostraram que, do ponto de vista quantitativo, os laboratórios estudados têm potencial para reúso, apresentando um gasto mensal de água em torno de 7% do total de água consumido no campus todo. Sob o aspecto qualitativo, foram identificadas substâncias potencialmente perigosas aos usos pretendidos em alguns laboratórios. Além disso, com o estudo também foi possível levantar informações importantes ao campus que até então eram desconhecidas.

Palavras-chave: Águas residuárias. Laboratórios de análises químicas. Reúso de água residuária.

Araújo, M.M.A. Study of the wastewater reuse potential of chemical analysis laboratories in Higher Education Institutions. 143 pp. MSc Dissertation, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2017.

ABSTRACT

The increasing demand for water, which is an essential good for life and economic activities, and its own scarcity has been demanding the search for new sources of water. In this way, the terms re-use and reuse are increasingly being used as an attempt to fill the gap for such an important asset. For this research, among the laboratories of universities, chemical analysis laboratories are used, as they use a large amount of water for their internal processes, such as distillation of water and washing of glassworks. In this context, the present work had the objective of studying the potential of wastewater reuse of chemical analysis laboratories, for non potable purposes, at the Santa Mônica campus of the Federal University of Uberlândia. As specific objectives were identified the largest laboratories consuming water, estimating the volume of water spent in the processes of distillation of water and glasswashing and pointed out the quality of the wastewater of these laboratories through the commonly used chemicals, identified in the questionnaire applied. In this way, it was possible to analyze the feasibility of these effluents for reuse, aiming at the non-potable irrigation purposes of lawns, floor washes and sanitary discharges. As methodology was carried out a field research, application of questionnaires and in situ survey of the volume of water used in glasswashing of potential laboratories. At the end, the results showed that, from a quantitative point of view, the laboratories studied have potential for reuse, presenting a monthly water expenditure around 7% of the total water consumed on the whole campus. Under the qualitative aspect, substances potentially dangerous to intended uses have been identified in some laboratories. In addition, with the study it was also possible to raise important information to the campus that until then were unknown.

Keywords: Wastewater. Chemical analysis laboratories. Wastewater reuse.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS

%	Porcentagem
1Za	Laboratórios de Catálise
1Zb	Laboratório de Análises de Alimentos

ABREVIATURAS

L	Litro
m	Metro
m ³	Metro cúbico
mg/L	Miligramas por litro

SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
AINST	Laboratório de Análise Instrumental
BIOQ	Laboratório de Bioquímica
CETESB	Companhia Ambiental do estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DIAAQ	Laboratório de Análises Químicas
DIEFI	Diretoria de Execução Física
DIRAC	Diretoria de Administração e Controle Acadêmico
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DIRSU	Diretoria de Sustentabilidade Ambiental
DIRIE	Diretoria de Infraestrutura
DQ	Departamento de Química

EP	Escola Politécnica
EPA	Environmental Protection Agency
ESP	Laboratório de Espectroscopia Aplicada
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FECIV	Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia
FIESP	Federação das Indústrias de São Paulo
FEQ	Faculdade de Engenharia Química
FISQUI	Laboratório de Físico-Química
HU	Hospital Universitário
INGEO	Instituto de Geografia
IQ	Instituto de Química
LABSAN	Laboratório de Saneamento
LAFOT	Laboratório de Fotoquímica
LAGES	Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos
LRQ	Laboratório de Resíduos Químicos
NUPE	Núcleo de Pesquisa em Eletroanalítica
NUPPEN	Núcleo de Pesquisa em Produtos Naturais
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
POL	Laboratório de Polímeros
PNANO	Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia
PSEP	Laboratório de Processo de Separação
PURA USP	Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo
QAMB	Laboratório de Química Ambiental
QAN	Laboratório de Química Analítica
QINOR	Laboratório de Química Inorgânica
SindusCon	Sindicato da Indústria da Construção civil do estado de São Paulo
SING	Laboratório de Síntese Inorgânica
UE	União Europeia
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UGR	Unidade de Gestão de Resíduos

UNB	Universidade de Brasília
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USEPA	United States Environmental Protection Agency

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Formas potenciais de reúso	18
Figura 2 – Distribuição do uso de água doce nos estados do Sudeste dos Estados Unidos	29
Figura 3 – Reúso de água residuária na Flórida por categoria	30
Figura 4 – Reúso de água residuária na Califórnia por categoria	31
Figura 5 - Percentual do volume de reutilização de águas residuárias tratadas de acordo com sua finalidade	32
Figura 6 – Fluxos em um campus universitário	52
Figura 7 – Fontes geradoras de resíduos em universidades	54
Figura 8 – Resíduos de laboratórios químicos	56
Figura 9 – Distribuição de equipamentos sanitários preexistentes na cidade universitária da USP	60
Figura 10 – Localização da cidade de Uberlândia no estado de Minas Gerais.....	67
Figura 11 – Croqui do campus Santa Mônica	69
Figura 12 – Fluxograma das etapas de trabalho	73
Figura 13 – Fluxograma das etapas do levantamento do consumo de água total dos laboratórios do processo de lavagem de vidraria	79
Figura 14 – Volumes de água semanais fornecido pelo poço do campus Santa Mônica nos meses de março, abril e maio de 2017	83
Figura 15 – Consumo médio de água dos anos de 2014, 2015 e 2016 no campus Santa Mônica	84
Figura 16 – Equipamentos de uso específico da água nos laboratórios selecionados .	89
Figura 17 – Vidraria no Laboratório de Química Ambiental do Campus Santa Mônica	93
Figura 18 – Curva ABC das vazões de água residuárias do processo de lavagem de vidraria	102

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	10
INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVO GERAL	13
1.2.1 Objetivos Específicos.....	13
CAPÍTULO 2.....	14
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	14
2.1.1 Conceitos e definições	15
2.1.2 Formas potenciais de reúso de água.....	16
2.1.2.1 Geração de efluentes em Instituições de Ensino Superior (IES)	20
2.1.2.2 Uso urbano para fins não-potáveis	21
2.1.2.3 Usos industriais	23
2.1.2.4 Recarga de aquíferos	23
2.1.2.5 Usos agrícolas	24
2.1.3 Vantagens e desvantagens do reúso de água	25
2.1.3.1 Vantagens	25
2.1.3.2 Desvantagens.....	26
2.2 EXPERIÊNCIAS EM REÚSO	27
2.2.1 Experiências Internacionais.....	27
2.2.1.1 Estados Unidos.....	27
2.2.1.2 Japão	31
2.2.1.3 Israel.....	32
2.2.1.4 Namíbia	33
2.2.1.5 União Européia	34
2.2.2 Experiências Brasileiras	35
2.2.2.1 ETE ABC da SABESP	35
2.2.2.2 ETE Jesus Netto da SABESP	36
2.2.2.3 Parque de diversões Hopi Hari.....	36
2.3 REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS	37
2.3.1 Legislação Brasileira	37
2.3.1.1 Resolução nº 54/2005 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos	38
2.3.1.2 Resolução nº 121/ 2010 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos	39
2.3.1.3 Resolução nº 357/2005 – Conselho Nacional do Meio Ambiente	40
2.3.2 Outras legislações.....	41
2.3.2.1 Estados Unidos.....	42
2.3.2.2 Organização Mundial da Saúde – OMS.....	45
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO	46
2.4.1 Padrões de qualidade.....	47
2.4.1.1 Padrões de qualidade para Irrigação	48
2.4.1.2 Padrões de qualidade para Lavagens de Pisos.....	50

2.4.1.3 Padrões de qualidade para Descargas Sanitárias.....	50
2.5 QUALIDADE DE EFLUENTES GERADOS EM LABORATÓRIOS DE IES	52
2.5.1 Geração de resíduos em IES	53
2.5.2 Resíduos de laboratórios químicos	55
2.5.3 Padrões de qualidade das águas Classe II – Resolução CONAMA n° 357/2005	58
2.6 QUANTIDADE DE ÁGUA DE REÚSO DE LABORATÓRIOS	59
2.6.1 Consumo de água proveniente do processo de Lavagem de vidraria	62
2.6.2 Consumo de água proveniente do processo de destilação de água	63
CAPÍTULO 3.....	66
CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	66
3.1 MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA.....	66
3.2 CAMPUS SANTA MÔNICA	67
CAPÍTULO 4.....	72
METODOLOGIA	72
4 INTRODUÇÃO A METODOLOGIA	72
4.1 Pesquisa de Campo	74
4.1.1. Informações sobre abastecimento de água do campus Santa Mônica.....	74
4.1.2 Laboratórios potenciais geradores de águas residuárias	75
4.1.3 Aplicação do Questionário	75
4.1.4 Consumo de água dos laboratórios de ensino e pesquisa	77
4.1.5 Priorização dos laboratórios.....	79
CAPÍTULO 5.....	82
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
5 RESULTADOS.....	82
5.1 Abastecimento de água do campus Santa Mônica	82
5.2 Laboratórios potenciais geradores de águas residuárias	86
5.3 Aplicação do Questionário.....	87
5.4 Determinação de volumes/vazões de água nos laboratórios.....	90
5.4.1 Estimativa do volume de água gasto no processo de destilação de água no campus Santa Mônica	91
5.4.2 Volume per capita de água consumido no processo de lavagem de vidraria em laboratórios do Campus Santa Mônica	92
5.4.3 Volume total consumido de água – lavagem de vidraria e destilação	97
5.5 Priorização dos laboratórios.....	97

CAPÍTULO 6.....	103
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	103
REFERÊNCIAS	106
ANEXO A.....	113
APÊNDICE A	118
APÊNDICE B	122
APÊNDICE C	124

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A água sempre foi essencial para qualquer forma de vida, seja para sua sobrevivência ou para seu desenvolvimento. Desde os primórdios das civilizações, a água doce é e continua sendo fator imprescindível para as atividades econômicas e o desenvolvimento social. Porém, Tundisi (2009) ressalta que:

Embora dependam da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais, quanto as subterrâneas. A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas e a destruição das áreas alagadas e das matas de galeria têm produzido contínua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água. (TUNDISI, 2009).

Os interesses sobre a água passaram a ser conflitantes, e a preocupação em se buscar novas fontes se tornou constante. No caso do Brasil, apesar da abundância de água existente, sabe-se que a concentração de água doce disponível está distribuída de forma irregular de acordo com a concentração populacional. Dessa maneira, Tundisi (2009) coloca que, as avaliações sobre a água, sua disponibilidade e sua importância no desenvolvimento evidenciam a necessidade de mudanças no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Durante muito tempo, a problemática da água esteve relacionada apenas à escassez deste recurso em regiões áridas. Como boa parte das possibilidades de buscar novas fontes de água se esgotaram e se tornaram cada vez mais caras, mudou-se o cenário em questão. Busca-se agora a gestão adequada não somente da oferta do recurso, mas também da demanda de água.

O restabelecimento do equilíbrio entre a oferta e a demanda de água só será concretizado diante de métodos alternativos de utilização de água. Portanto, reúso de água, gestão da demanda, redução de perdas e reciclagem se tornaram, nas práticas de sustentabilidade, conceitos indispensáveis a esse restabelecimento. Assim, diante do que foi exposto a técnica de reúso de águas expandiu-se com a possibilidade de diminuir a escassez hídrica.

A Resolução nº. 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005a) do CNRH, que estabelece diretrizes para reúso de águas não potáveis, considera que o reúso constitui uma prática de racionalização e conservação dos recursos hídricos como instrumento da gestão da oferta e da demanda de água. De acordo com essa Resolução, água residuária é aquela originária de esgoto, água descartada, efluentes líquidos, tratados ou não. Na mesma Resolução, reúso de água é definido como a utilização de água residuária, já a água de reúso é a água residuária que se encontra dentro dos parâmetros de qualidade exigidos.

Diante do problema exposto, este trabalho visou avaliar o potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas do campus Santa Mônica da UFU através da estimativa da quantidade e indicação da qualidade das águas residuárias provenientes dos processos de lavagem de vidraria e destilação de água. A avaliação da qualidade das águas residuárias da lavagem de vidraria foi estimada tendo por base os parâmetros de qualidade de água exigidos para fins urbanos não potáveis - irrigação de gramados/ jardins, descargas de sanitários e lavagens de piso, a partir das substâncias químicas identificadas no questionário aplicado. Esta indicação de qualidade teve como referência os padrões de qualidade da Classe II da Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), uma vez que os referidos usos são compatíveis com esses padrões. Já a estimativa de consumo de água foi realizada a partir de informações levantadas no questionário e por medições de vazão efetuadas *in loco*.

Este trabalho é estruturado em sete capítulos, organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução, Justificativa e Objetivos da Pesquisa;
- Capítulo 2: Revisão Bibliográfica;
- Capítulo 3: Contextualização da Pesquisa;
- Capítulo 4: Metodologia;
- Capítulo 5: Resultados e Discussão;

- Capítulo 6: Conclusões e Recomendações.

1.1 JUSTIFICATIVA

A água é um bem ambiental indispensável aos seres vivos para sua subsistência. Boff (2015) destaca ainda, que a água é um bem natural, vital, insubstituível e comum. O Brasil é uma potência natural das águas doces, com cerca de 12% do total de água doce do planeta. Porém, mesmo com todo esse potencial, essa água doce é desigualmente distribuída e aproximadamente 37% de toda água tratada é perdida durante a sua distribuição (BOFF, 2015). Dessa forma, devido à importância desse bem e a atual conjuntura de escassez de água doce potável e da sua desigual distribuição no planeta é imprescindível neste momento a busca por novas fontes de água para garantir que não ocorra mais carecimento deste recurso para a população.

Diante do atual cenário relacionado à escassez da água doce, percebe-se a importância de se buscar novas alternativas de fontes de água. O presente trabalho surge como uma proposta de estudo para essas novas fontes. O principal foco é o reúso de água em um campus universitário, onde a confiança e a credibilidade são relevantes.

Além disso, as universidades desconhecem alguns problemas relevantes que ocorrem nelas e tentar identificá-los e propor soluções viáveis e práticas pode ser de grande valia. Posteriormente o estudo poderá se estender a outros locais potenciais de reúso. Neste âmbito, a UFU, objeto deste estudo, em face da constatação de problemas ambientais em seus campi e da ausência de questões pautadas a sustentabilidade nos mesmos, elaborou uma Política Ambiental visando incorporar melhor uma gestão ambiental nos campi. A Política Ambiental da UFU ainda é incipiente e faltam ações de controle de resíduos em laboratórios e de consumo de água em seus campi, por exemplo.

É necessário destacar a importância social que o estudo trará a comunidade, haja vista que a água é um recurso indispensável à sobrevivência humana. O estudo em questão, ao término dos trabalhos irá contribuir para a gestão da demanda da água, e assim para o abastecimento sustentável. O trabalho também poderá servir como base para projetos futuros.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa é estudar o potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas, para fins não potáveis, no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia.

1.2.1 Objetivos Específicos

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Verificar quais os laboratórios têm quantidade de água residuária passível de reutilização;
- Estimar a quantidade de efluentes líquidos provenientes dos processos de lavagem de vidraria e da destilação de água;
- Identificar substâncias químicas perigosas que possam estar presentes na água de reúso;
- Identificar os laboratórios prioritários de estudo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A água é um bem natural e vital para a sobrevivência dos seres vivos. Boff (2015) coloca que o Brasil, potência natural das águas, concentra cerca de 12% de toda água doce do planeta, porém essa água é desproporcionalmente distribuída com aproximadamente 72% na região amazônica, 16% no Centro-Oeste, 8% no Sul e Sudeste e 4% no Nordeste. O mesmo destaca ainda que, a população mundial triplicou no século XX, contudo o consumo de água cresceu sete vezes mais. Assim, nota-se que a demanda por este insumo é cada vez maior.

É de se ressaltar também o fato de que os mananciais estão cada vez mais poluídos e distantes dos consumidores, levando a buscas por outras fontes de água. Dessa forma, a distribuição de água em quantidade e qualidade suficientes se torna cada vez mais onerosa, sendo necessário priorizar o abastecimento para consumo humano e, assim, propiciar aos usos menos restritivos a utilização das fontes alternativas de água.

O reúso de água se tornou, deste modo, uma alternativa viável para a busca por novas fontes de água. Ao longo de décadas a reutilização de águas surge como um meio importante de complementar as fontes de água e evitar a poluição de mananciais por meio das descargas de efluentes (HESPANHOL, 2002).

Para Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2016), a reutilização, reúso de água ou uso das águas residuárias é uma prática que tem se realizado há muitos anos, existindo relatos desta na Grécia Antiga com a utilização de esgotos na irrigação. Dessa forma, essa prática se difundiu, devido a problemas de escassez hídrica e a crescente demanda por água.

O reúso de água tornou-se então uma fonte alternativa de água, em que:

Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água, devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de substituição de mananciais. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. (CETESB, 2016).

Atualmente, a água de reúso vem sendo utilizada para diversos fins: lavagens de pisos, descargas sanitárias, agricultura, recarga de aquíferos, uso industrial entre outros. No entanto, para que as práticas de reúso sejam eficientes deve-se haver um planejamento minucioso e basear-se em padrões exigidos pelos aspectos legais (HUERTAS et al., 2008). Assim, é necessário para melhor compreensão entender os padrões exigidos e os conceitos envolvidos no processo de reutilização.

2.1.1 Conceitos e definições

Segundo a Resolução nº54 do CNRH (BRASIL, 2005a), que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não-potável, o reúso de água é um instrumento para regular a demanda e a oferta de recursos hídricos, já que se constitui como uma prática de racionalização e conservação de recursos hídricos, conforme princípios da Agenda 21.

Esta Resolução nº 54 do CNRH coloca em seu artigo 2º as seguintes definições (BRASIL, 2005a):

- água residuária: toda água descartada, esgoto, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- reúso de água: utilização de água residuária;

- água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para os fins pretendidos.
- reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, sem lançamento ou diluição prévia em corpos de água;

Para Mancuso e Brega Filho (2003), o reúso de águas residuárias pode ser potável e não-potável. O reúso potável pode se subdividir ainda em direto e indireto, sendo que aquele ocorre quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento, é diretamente reutilizado em um sistema de abastecimento de água potável. Já o reúso potável indireto trata-se da utilização de esgoto tratado após sua diluição em águas subterrâneas ou superficiais, após a captação e tratamento. O reúso não potável, para estes autores, integra diversas formas de utilização, como:

- Reúso não potável para fins agrícolas;
- Reúso não potável para fins industriais;
- Reúso não potável para fins recreacionais;
- Reúso não potável para fins domésticos;
- Reúso para manutenção de vazões;
- Aquicultura;
- Recarga de aquíferos subterrâneos.

A Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos no manual “Guidelines for Water Reuse” (2012), define como reúso o uso de águas residuárias tratadas. Coloca ainda como reúso não potável todas as formas de aplicações de reúso de água que não envolvam reúso potável. Define também águas residuárias como águas que podem ser usadas para descargas de vasos sanitários das casas, empresas, indústrias e instalações agrícolas.

2.1.2 Formas potenciais de reúso de água

Diante da atual situação de escassez de água doce surge a alternativa de se reutilizar, para demandas menos restritivas, águas residuárias com a função de suprir a demanda por água em quantidade suficiente para determinados fins.

As aplicações da água de reúso são variadas e geralmente é utilizada para fins urbanos, agrícolas e industriais. Os usos desta podem ser destinados a fins potáveis e não potáveis. Para utilização da água de reúso em fim potável o tratamento tem custo elevado, tornando-se uma alternativa inviável financeiramente. O reúso potável direto é uma opção, no entanto, sem garantias à proteção da saúde humana (HESPANHOL, 2002).

A substituição por novas fontes de água deve ser guiada para demandas menos restritivas, ou seja, a utilização de águas de qualidade inferior, como esgotos, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem ser utilizadas para usos com fins não potáveis. Dessa forma, as águas de melhor qualidade poderão ser consumidas em usos com fins potáveis, como o abastecimento humano implicando menores riscos à saúde das pessoas (HESPANHOL, 2002).

A Resolução nº 54 do CNRH (BRASIL, 2005a), traz as várias modalidades de reúso direto não potável, conforme relacionadas a seguir:

Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

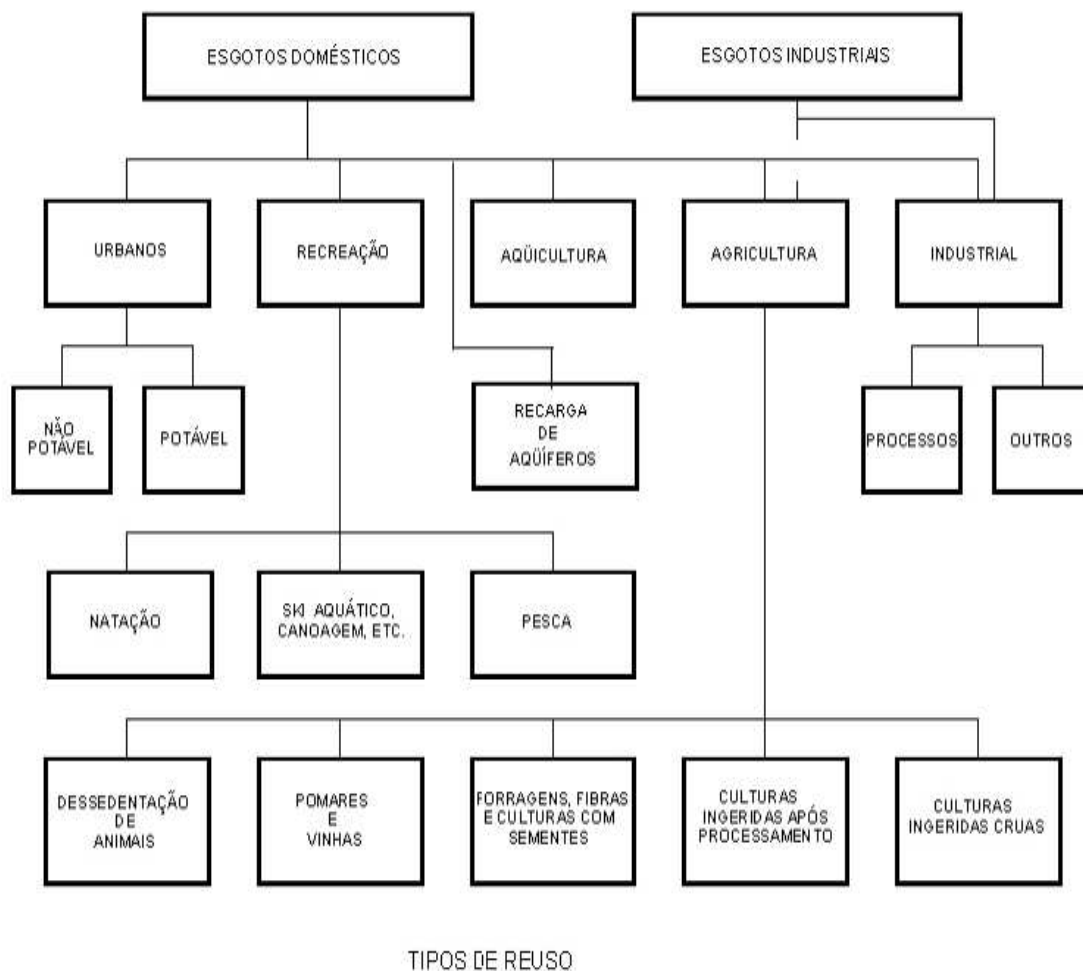
Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;

Reúso na aquíicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (BRASIL, 2005a).

Para Hespanhol (2002), existem várias formas de utilização da água de reúso, tais como usos urbanos, industriais, agrícolas e recarga de aquíferos. Estas possibilidades de reúso dependem de características e condições locais, tais como esquemas institucionais, política, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais. Na Figura 1 pode ser visto as formas potenciais de reúso.

Figura 1 – Formas potenciais de reúso

Fonte: Hespanhol (1997)

De acordo com EPA (2012), nos Estados Unidos, os estados da Flórida e da Califórnia são os maiores usuários de águas residuárias. A Tabela 1 mostra as formas de aplicações de reúso mais utilizadas bem como sua porcentagem de utilização nos estados citados. É possível notar que os destinos mais utilizados para o reúso são irrigação e uso urbano.

Tabela 1 – Distribuição do uso de águas residuárias na Flórida e Califórnia

Categoria de Reúso		Califórnia (% reúso em 2009)	Flórida (% reúso em 2010)
Irrigação	Agricultura	29	11
	Reúso urbano (irrigação de paisagem, campos de golfe)	19	55
Recarga de aquífero		5	14
Barreira de intrusão de água salgada		8	-
Reúso industrial		7	13
Sistemas naturais e outros usos		23	9
Represamentos recreativos		7	-
Energia geotérmica		2	-

Fonte: adaptado de Bayday (2009); FDEP (2011) apud EPA (2012)

Além da identificação das principais formas de reúso de águas residuárias, a EPA (2012) elenca os principais fatores utilizados para identificar os possíveis usuários desta água. Nos Estados Unidos o uso de água reutilizada é regulamentado em cada estado, dessa forma os usos permitidos podem variar de acordo com o mesmo. Após a compreensão da regulamentação, inicialmente a companhia deverá analisar os registros de água para a possível identificação dos maiores usuários de água, pois concentrar-se nos maiores consumidores trará um retorno maior ao investimento. Além disso, a companhia poderá utilizar fotografias aéreas para a identificação de possíveis usuários que podem dispor dessa água para irrigação, como em campos de golfe e outras áreas de lazer (EPA, 2012).

Dentre as inúmeras utilizações da água de reúso, a irrigação de campos de golfe é a mais conhecida. Porém, existem aplicações menos tradicionais que podem proporcionar economia de água significativa, como (EPA, 2012):

- Irrigação e descargas de vasos sanitários em grandes instalações governamentais, como prisões, escolas e hospitais;
- Irrigação e descargas de vasos sanitários em áreas de esporte, grandes arenas e centros comunitários;
- Usos variados em processos comerciais e de fábrica;
- Proteção contra incêndio industrial.

2.1.2.1 Geração de efluentes em Instituições de Ensino Superior (IES)

Como resultado de uma crise ambiental global existe certa cobrança sobre as universidades relacionada a questões ambientais. Assim, agora, as IES não são só objeto de formação de profissionais e produção de conhecimento, mas também unidades que devem assegurar atividades ambientalmente sustentáveis para a sociedade (OTERO, 2010).

Neste contexto de inserção das IES as atividades sustentáveis, Otero (2010) destaca que as universidades devem desenvolver práticas sustentáveis em suas unidades institucionais, onde a redução do consumo de recursos naturais, eliminação de desperdícios implica também, efetivamente, em uma mudança de comportamento. Para Tauchen e Brandli (2006), existem duas vertentes em relação ao papel das IES com a sustentabilidade, sendo: a questão educacional, como a primeira, tangendo a formação profissional com as questões ambientais; e a segunda, é a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA em seus campi, por exemplo, com a utilização de modelos sustentáveis.

Lara (2012) destaca que, dentro das pesquisas realizadas em IES existem muitos desafios a serem superados quando se concilia o desenvolvimento econômico de uma determinada atividade a medidas sustentáveis.

A pesquisa e a sustentabilidade: o papel da pesquisa é encontrar novos meios e técnicas para resolver problemas que constantemente assolam a sociedade. No que tange aos problemas ambientais, não é diferente. A pesquisa gera conhecimento científico (ou conhecimento formal), portanto, também é essencial no papel das IES como unidades transformadoras da sociedade. Com a atuação dos profissionais em seu dia-a-dia, através de buscas e análises de conflitos entre produção industrial e meio ambiente, os pesquisadores através de programas de iniciação científica e pós-graduação têm o desafio de conciliar a produção industrial elevada (com todos os seus inerentes problemas ambientais) com o uso racional de energia e insumos e redução de resíduos, bem como as boas práticas de gestão sustentável. A tarefa de elaborar novas técnicas e medidas não é fácil, uma vez que não basta desenvolver técnicas que tenham baixo impacto financeiro no planejamento e execução de um sistema de gestão ambiental (SGA) para as organizações, mas é necessário mudar uma cultura de mercado

consumista e imediatista, o que é trabalhoso e necessita bastante esforço por parte dos pesquisadores e da própria IES. (LARA, 2012).

De acordo com Saqueto (2010), as universidades representam uma pequena parcela do total de contaminantes no meio ambiente por substâncias tóxicas. Porém, estas IES são responsáveis por avaliar os impactos ambientais causados por outras unidades geradoras de resíduos, dessa forma as universidades devem tratar os resíduos de uma maneira mais adequada para não comprometer sua credibilidade perante a sociedade. Assim, surge uma preocupação relacionada ao destino dado aos efluentes provenientes dos processos laboratoriais de universidades.

As universidades são grandes geradoras de efluentes. Nestas, os efluentes gerados são de origem doméstica e química. Caso a universidade não possua um sistema de separação do esgoto doméstico do químico, o esgoto que é descartado nos corpos d'água torna-se uma preocupação socioambiental (PEREIRA, 2014).

Já para o contexto de potencialidade do uso da água de reúso, segundo Antoniosi (2011), pode-se destacar as IES. Nestas, os laboratórios têm equipamentos grandes consumidores de água e consequentemente geradores de água residuária, onde podem ser verificadas as possibilidades de reúso e reciclagem. Há também uma grande ocorrência de efluentes líquidos provenientes de lavagens de vidrarias, que podem ser reutilizados posteriormente.

2.1.2.2 Uso urbano para fins não-potáveis

Os usos urbanos para fins não potáveis envolvem riscos menores. Porém, quando ocorre contato direto com as pessoas, cuidados maiores devem ser levados em consideração, como por exemplo, no caso de contato com gramado de parques, jardins, áreas turísticas e campos de esporte (HESPANHOL, 2002). As principais formas de utilização da água residuária para uso urbano não potável são:

- Reservas de proteção contra incêndios;
- Lavagens de meios de transporte como trens e ônibus;
- Descarga de sanitários;
- Utilização em fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água;

- Controle de poeira em movimentos de terra;
- Irrigação de jardins, parques, campos de esporte, árvores e arbustos decorativos e de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, industriais e residenciais.

Diversos países do mundo utilizam essa prática de reúso, podendo-se destacar alguns países da Europa e Ásia que se localizam em regiões de escassez. Os Estados Unidos reutilizam em larga escala a água residuária para o reúso urbano não potável em especial os estados da Flórida e Califórnia (EPA, 2012). O Japão também é grande responsável por difundir a prática de reúso urbano, utilizando efluentes para diversas finalidades.

Devem-se destacar os problemas decorrentes da prática do reúso urbano, principalmente aqueles relativos à ocorrência de conexões cruzadas, podendo ocorrer contaminação de água potável. Custos elevados dos sistemas duplos de distribuição e dificuldades operacionais devem ser levados em consideração, no entanto, estes infortúnios devem ser analisados frente aos benefícios de racionalização e conservação da água potável (HESPANHOL, 2002).

Carvalho et al. (2014) também lista as finalidades mais requeridas para uso urbano, como:

- descargas de sanitários;
- jardim privado de irrigação;
- torneira da máquina de lavar;
- irrigação de espaço público aberto;
- fluxos ambientais;
- corpos de água ornamentais integrados no desenvolvimento.

O reúso urbano nos Estados Unidos é uma das formas mais consumidoras em volume de águas residuárias do país. Aplicações como irrigação paisagística, irrigação de campos de golfs, campos recreacionais, proteção contra incêndio e descargas de vasos sanitários são as mais utilizadas neste segmento. Porém, a utilização de águas residuárias como reúso urbano pode limitar o acesso do público em determinadas condições, através de barreiras físicas (EPA, 2012).

2.1.2.3 Usos industriais

Diante dos custos elevados da água que é colocada a disposição da indústria, da possibilidade de reutilização de águas residuárias internamente e da oferta desta pelas companhias de saneamento por um preço menor, o reúso de efluentes industriais se tornou uma alternativa para as indústrias.

Segundo Hespanhol (2002), os usos que podem ser viabilizados para este reúso são:

- Construção civil, em utilização na compactação de solos e cura de concreto;
- Caldeiras;
- Irrigação de áreas verdes, lavagens de pisos e peças;
- Processos industriais;
- Torres de resfriamento.

De acordo com EPA (2012), o uso industrial de águas residuárias tem crescido consideravelmente desde a publicação das diretrizes de Reúso de Água da EPA em 2004, indo do ramo de eletrônicos à geração de energia e processamento de alimentos. Estas indústrias têm utilizado água residuária para alimentação de caldeira, em torres de resfriamento, descarga de vasos sanitários e irrigação. Além disso, as indústrias buscam utilizar esta água para ganhar certificação e aprimorar seu perfil sustentável, mantendo a água potável e sem prejudicar seu desempenho nas utilizações previstas.

Não obstante, as empresas devem pautar-se pela racionalização e conservação de água dentro do próprio estabelecimento, investindo em práticas de reúso de águas residuárias e sistemas econômicos de água internamente.

2.1.2.4 Recarga de aquíferos

A recarga de aquíferos é uma prática que vem sendo realizada há muitos anos. Além de proporcionar local para descarte de efluentes tratados, a recarga de água subterrânea pode fornecer outros benefícios como a recuperação de água tratada para reutilização ou posterior descarga (EPA, 2012). Para Mancuso e Brega Filho (2003), a recarga de

aquíferos subterrâneos pode proporcionar também proteção contra a intrusão de água do mar e evitar o rebaixamento de seu nível.

2.1.2.5 Usos agrícolas

Face ao consumo excessivo de água doce pela agricultura aliado aos problemas de escassez hídrica e aumento da demanda de água, a utilização de águas residuárias para este segmento é uma alternativa viável para não comprometer a produção. São diversos os benefícios obtidos com a irrigação de água de reúso, principalmente aumento da área cultivada e da produtividade.

Dessa forma, a utilização de águas residuárias como irrigação de diversas culturas, tem proporcionado o aumento da produção devido a grande carga de nutrientes que os esgotos domésticos trazem. A Tabela 2 mostra a relação entre produtividade agrícola e esgotos utilizados.

Tabela 2 – Aumento da produtividade agrícola (ton/ha/ano) proporcionada pela irrigação com esgotos domésticos

Irrigação realizada com	Trigo 8 anos*	Feijão 5 anos*	Arroz 7 anos*	Batata 4 anos*	Algodão 3 anos*
Esgoto bruto	3,34	0,9	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,3
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,7	0,72	2,03	17,16	1,7

*Número de anos para cálculo da produtividade média.

Fonte: Shende (1985) apud Hespanhol (2002)

O reúso não potável agrícola, é classificado ainda por vários autores em dois grupos, de acordo com o tipo de cultura que utiliza (WESTERHOFF, 1985 apud MANCUSO e BREGA FILHO, 2003): primeiro grupo (plantas não-comestíveis): silvicultura, fibras, sementes e pastagens; segundo grupo (plantas comestíveis): plantas cozidas e cruas.

2.1.3 Vantagens e desvantagens do reúso de água

Diante do atual cenário de escassez hídrica e aumento da demanda por água, o reúso de águas residuárias se tornou uma prática necessária e uma fonte alternativa de água. No âmbito de questões sustentáveis é uma opção viável para racionalização, conservação dos recursos hídricos e menor geração de efluentes. Porém, em face de vantagens iminentes a reutilização de águas residuárias deve ser feita de forma cuidadosa, devido à presença de substâncias químicas e biológicas que podem afetar a saúde humana.

2.1.3.1 Vantagens

Para Werneck Filho (2014), as vantagens de se reutilizar água residuária são inúmeras e pode-se destacar:

- preservação da água potável;
- proteção dos mananciais;
- diminuição da demanda por água;
- menor poluição do ambiente por produtos químicos;
- redução dos gastos com a compra de água;
- redução do volume de esgoto descartado e dos custos com água e esgoto.

Hespanhol (1999) também destaca uma série de melhorias ocasionadas pela utilização de águas residuárias, desde que os sistemas de reúso sejam planejados e implementados de forma segura, como:

- Minimização da descarga de efluentes em mananciais;
- Preservação do solo;
- Preservação de aquíferos;
- Aumento da produção de alimentos devido à irrigação agrícola.

Pode-se destacar também benefícios em indústrias que não necessitam de um padrão de potabilidade, como utilização de águas residuárias para geração de vapor, banheiros, paisagismo, lavagens de pátios, peças e frotas (WERNECK FILHO, 2014).

2.1.3.2 Desvantagens

De encontro às diversas vantagens de utilização da água de reúso, existem riscos de utilizá-la que não podem ser menosprezados. As águas residuárias dispõem de diversas substâncias químicas e biológicas que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Dessa forma, conhecê-las e analisar seus limites dentro de padrões pré-estabelecidos deve ser tarefa inerente ao processo de análise da qualidade da água residuária.

A utilização de águas residuárias implica riscos à saúde das pessoas a partir do uso que fazem desta. A presença de substâncias tóxicas e patógenos em quantidades acima dos limites estabelecidos coloca em risco à saúde humana e o meio ambiente. Dessa forma, EPA (2012) coloca que a utilização de águas residuárias como reúso urbano pode limitar o acesso do público em determinadas condições, através de barreiras físicas. O Quadro 1 apresenta as principais formas de reúso e os riscos a saúde associados a elas.

Quadro 1 – Formas potenciais de reúso e os riscos associados à saúde

<i>Forma de reúso</i>	<i>Risco à saúde</i>
Agrícola	Contaminação de consumidores de alimentos contaminadas com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas; Contaminação direta dos trabalhadores; Contaminação do público por aerossóis; Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas, ou que sejam criados em lagoas contaminadas.
Industrial	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso; Se utilizada como água de processo, pode haver contaminação de produtos comestíveis; Contaminação direta dos trabalhadores.
Recreacional	Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos e nariz; Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosas, devido aos efluentes industriais; Contaminação direta dos trabalhadores.
Recarga de Aquífero	Contaminação de aquíferos utilizados como fonte de água potável; Contaminação direta dos trabalhadores.
Reúso Urbano Não Potável	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso; Contado como água recuperada utilizada para irrigação de parques e jardins ou lavagem de ruas; Contaminação direta dos trabalhadores.
Reúso Potável	Ingestão de contaminantes biológicos e químicos; Contaminação direta dos trabalhadores.

Fonte: Rodrigues (2005)

2.2 EXPERIÊNCIAS EM REÚSO

Diante de secas severas, muitos países se viram forçados a buscar novas fontes de água. Dessa forma, o reúso de água se tornou uma alternativa viável para suprir a demanda por água e proporcionar estabilidade hídrica. No mundo todo existem vários projetos sendo desenvolvidos para a reutilização de águas residuárias, produzida a partir de diferentes processos.

2.2.1 Experiências Internacionais

Diversos países como os Estados Unidos, Japão, Israel e Namíbia adotaram o reúso como alternativa para a crise hídrica existente. A Namíbia, um dos países mais secos da África, foi à pioneira em tratar esgoto para reúso potável na década de 60. Já para o Japão, após uma seca severa em 1964, foi implantado o sistema de reúso em todas as indústrias de Tóquio e Nagoya (SANTOS e BIBIANO, 2014). A seguir serão explanadas algumas experiências internacionais, consideradas relevantes.

2.2.1.1 Estados Unidos

Os primeiros estados dos Estados Unidos a aderirem à prática de reúso foram a Califórnia e a Flórida, sendo que atualmente são os maiores consumidores de águas residuárias do país. Neste país, a população gera cerca de 121 milhões de metros cúbicos por dia de águas residuárias, sendo que atualmente somente por volta de 7 a 8 por cento deste volume é reutilizado, restando uma grande parte para expansão dos projetos de reutilização no futuro. O reúso nos Estados Unidos é regulamentado por estado, não havendo, portanto, uma legislação federal (EPA, 2012).

a) Região Sudeste dos Estados Unidos

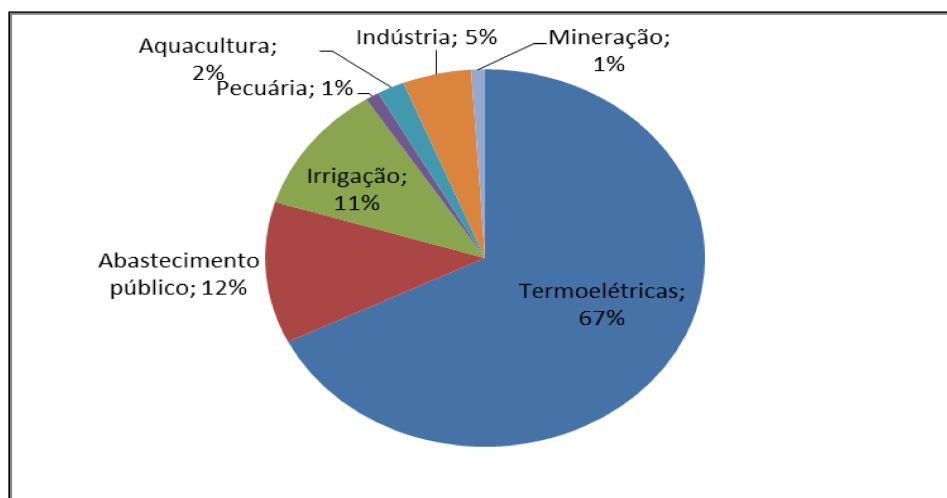
Os estados do sudeste dos Estados Unidos utilizaram muito a agricultura, entretanto, nas últimas décadas a região tornou-se mais urbana e industrializada. Apesar dessa mudança, alguns estados do sudeste não adotaram estratégias sofisticadas de reutilização de água, destacando-se neste contexto, a Flórida (EPA, 2012).

A Flórida tem um dos maiores programas de reúso de águas residuárias do país, isso se deve ao aumento da urbanização e do uso da terra em torno dos grandes centros urbanos. Devido esses fatores, os recursos hídricos estão se esgotando e a reutilização de água tornou-se fator integrante para atender a demanda de água. Além disso, em relação à disponibilidade hídrica da região, cerca de 90% do fornecimento de água potável ocorre por meio de águas subterrâneas, o que exige a investigação de programas de reutilização (EPA, 2012).

De acordo com a EPA (2012), o estado da Flórida experimentou um crescimento exacerbado da população durante 1980 – 2010. Os estados da Georgia, Carolina do Norte e Tennessee também sofreram um crescimento populacional e urbanístico acima da média nacional. Dessa forma, estes apresentaram grandes projetos de reutilização de água, mesmo sendo detentores de precipitações acima da média nacional. A Flórida ainda surpreende neste caso, já que utiliza as águas residuárias para irrigação, sendo o maior reutilizador neste segmento do país.

O Departamento de Proteção Ambiental da Flórida implantou um programa de reúso para encorajar e promover o mesmo. O programa inclui regras governamentais e uma ampla abrangência de atividades de reúso. Pela alta qualidade dessa regulamentação, a Flórida foi uma forte base para o guia americano do reúso, o *EPA Guidelines for Water Reuse* em 1992. (ANTONIOSI, 2011).

Segundo EPA (2012), as formas de reutilização diferem um pouco entre os estados do Sudeste. Em geral, todos estes estados têm grandes oportunidades para a reutilização de água no setor de energia. Nos estados da Flórida e Mississippi, a demanda de irrigação é uma forma potencial de reúso promissora. A Figura 2 mostra a distribuição do uso de água doce por setores, em que se destaca o uso em termoeletricas, com 67% do total.

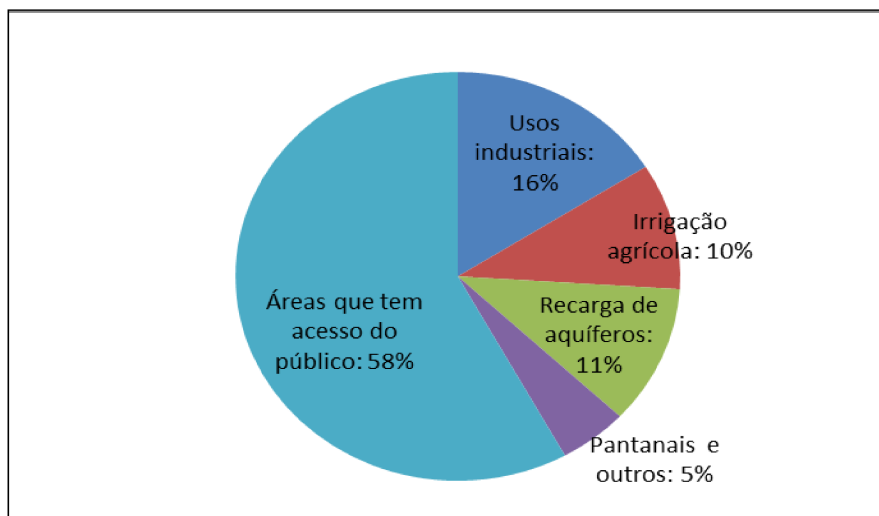
Figura 2 – Distribuição do uso de água doce nos estados do Sudeste dos Estados Unidos

Fonte: adaptado de EPA (2012)

Na Flórida, o uso de águas residuárias em irrigação representa 68% do total de reutilização, destes 58% destinam-se a irrigação que tem acesso da população e 10% para irrigação agrícola. Existem alguns fatores que afetam o uso de águas residuárias na irrigação agrícola, como a não aceitação dos agricultores e de seus clientes e o custo proveniente do fornecimento da água de reúso para essas áreas (EPA, 2012).

Os estados da região sudeste que tem um representativo número de indústrias, como Alabama, Georgia, Mississippi, Carolina do Sul e Tennessee utilizam maior parte das águas residuárias nas indústrias. Na Flórida, o sistema de distribuição de água recuperada inicialmente limitou-se a água de irrigação para campos de golfe, parques, recintos escolares, e grandes áreas comerciais (CROOK, 2005).

A Flórida, no ano de 2011, contava com um total de 487 instalações de tratamento de águas residuárias domésticas com capacidade em torno de 4,4 L/s. Estas servem 434 sistemas de reutilização, em que 31,6 m³/s de água recuperada é utilizada para variados fins. Neste mesmo ano, o uso estadual de água residuária per capita foi de 143,8 L/dia. Já nas áreas de Orlando e Tampa foi de 189 L/dia (EPA, 2012). A Figura 3 mostra os tipos de reutilizações mais comuns bem como sua ocorrência nesse estado.

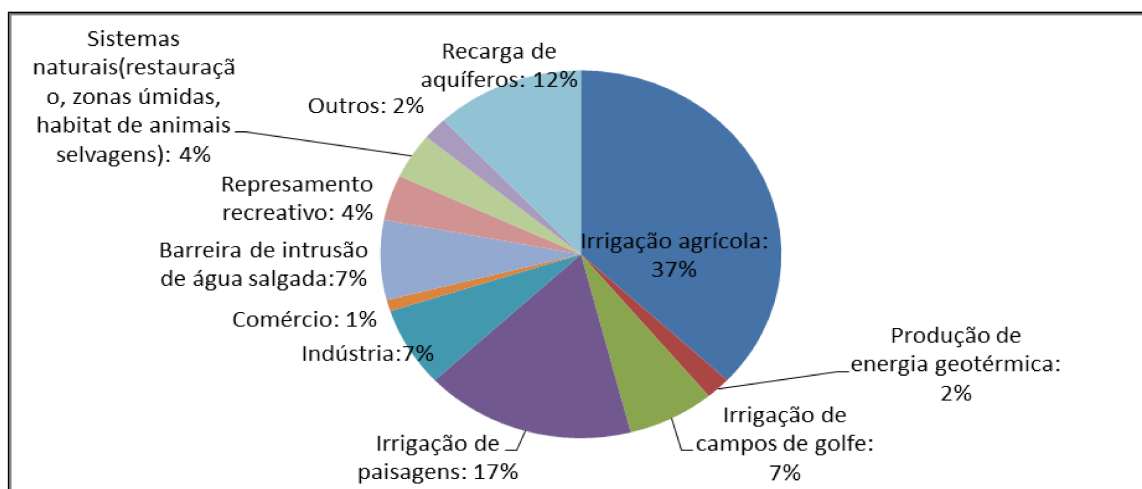
Figura 3 – Reúso de água residuária na Flórida por categoria

Fonte: adaptado de EPA (2012)

b) Região Sudoeste dos Estados Unidos

A região Sudoeste dos Estados Unidos inclui vários dos estados mais secos do continente norte americano. A Califórnia tem uma longa história de reutilização de água, diferentemente do Havaí em que sua experiência é mais recente. O uso de águas residuárias em irrigação é comum nos estados da Arizona, Nevada, Havaí e Califórnia. O estado do Arizona tem reúso de água significativo no setor de energia (EPA, 2012).

No estado da Califórnia, as primeiras regulamentações sobre reúso de água foram desenvolvidas em 1918, desde então estas vem sendo modificadas ao longo dos anos (CROOK, 1993). A Figura 4 apresenta os principais usos da água residuária na Califórnia.

Figura 4 – Reúso de água residuária na Califórnia por categoria

Fonte: adaptado de EPA (2012)

2.2.1.2 Japão

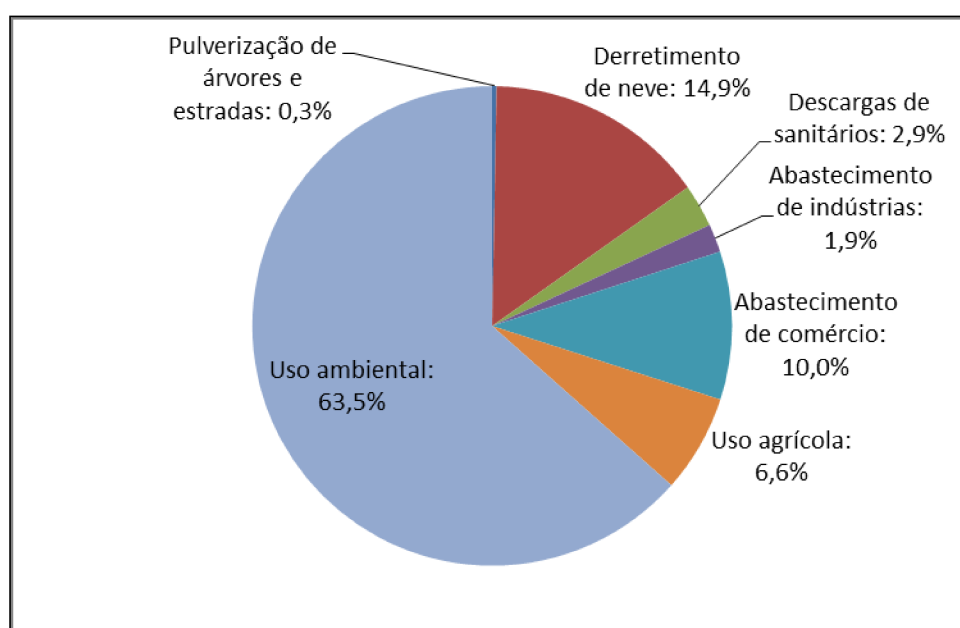
Embora o Japão tenha uma precipitação média anual considerável e inúmeros reservatórios e barragens construídos, secas frequentes assolam esse país. Por conta do rápido crescimento econômico e da população em áreas urbanas, houve uma busca por novas fontes de água, com custos econômicos e ambientais razoáveis. Dessa forma, a recuperação de águas residuárias e sua utilização foi implementada a partir de 1964, após uma rigorosa seca, tornando o Japão um dos países que mais reutiliza água residuária no mundo (SUZUKI et al., 2002).

A reutilização de água residuária é utilizada nesse país para vários segmentos, como descargas de sanitários, represamentos de lazer, usos industriais, agricultura e para o derretimento da neve. Diferentemente das estratégias adotadas inicialmente em outros países, de utilizar águas residuárias em irrigação, no Japão o reúso inclinou-se para sistemas do tipo circuito fechado e de uma mistura de fontes de água recuperada, como águas cinzas e águas pluviais (SUZUKI et al., 2002).

Segundo Suzuki et al. (2002), no ano de 1996 existiam cerca de 2100 edifícios utilizando água de reúso, em que o volume de água recuperada utilizado foi de aproximadamente 324000 m³/dia, representando quase 1 % do volume total de consumo doméstico japonês. Neste país são instalados por volta de 130 sistemas de reutilização de água anualmente,

sendo que estes sistemas de reutilização foram implantados principalmente em áreas urbanas como as metrópoles Tóquio e Fukuoka. Nestas cidades, o sistema de distribuição duplo é obrigatório para edifícios recém-construídos com área superior a 3000 m² e/ou para instalações hidráulicas com diâmetro do tubo de alimentação maior que 50 mm. Além disso, a reciclagem de água nas indústrias é muito praticada no Japão. A Figura 5 mostra o percentual em volume de águas residuárias utilizadas de acordo com a sua finalidade.

Figura 5 - Percentual do volume de reutilização de águas residuárias tratadas de acordo com sua finalidade



Fonte: Tajima, Minamiyama e Nakajima (2002)

É possível observar pela Figura 5 que o reúso de águas residuárias é maior para fins ambientais, logo em seguida, outro uso que se destaca é o derretimento da neve.

2.2.1.3 Israel

Diante de secas severas e de temperaturas elevadas, alguns países do Oriente Médio viram a necessidade de conservar seus recursos hídricos e buscar novas fontes de água. Em Israel, destaca-se a utilização de águas dessalinizadas e recicladas para agricultura. Neste país, até o ano de 2020, cerca de 95% da água utilizada na agricultura será água de reúso (DRISCOLL, 2012).

A situação de escassez de água, que predomina em todas as áreas do país, faz com que o país estabeleça como prioridade a introdução de inovações na gestão hídrica, adotando como princípios básicos: a exploração máxima dos recursos hídricos convencionais; a exploração de recursos não convencionais, a exemplo das águas residuais, e a adoção de práticas de uso racional de água. (ROCHA; SILVA; BARROS, 2010).

Soares (2013) coloca que a experiência em reúso de água em Israel se tornou uma política nacional em 1955. A utilização de águas residuárias iniciou-se por uma comunidade agrícola da região Sul do país para irrigação de suas culturas, devido à escassez hídrica e aumento por demanda de água a partir do crescimento populacional. Nessa época, essa alternativa não foi amplamente discutida e era temida a rejeição por parte da população.

As águas residuárias de Israel já são consideradas como parte integrante dos recursos hídricos há mais de quatro décadas. A reutilização neste país já abrange cerca de 75% dos efluente gerados contra 14% na Espanha, 9% na Austrália, 8% na Itália, 5% na Grécia e menos de 1% na Europa (JUANICÓ, 2007).

2.2.1.4 Namíbia

A primeira experiência em reúso de água potável aconteceu no país da Namíbia, na África, na capital Windhoek em 1969. Esta cidade com cerca de 250.000 habitantes se localiza no sudoeste da África, na região sul do deserto do Saara com precipitação média anual de 360 mm (PISANI, 2006).

Após a sua independência em 1990, ocorreu um crescimento da população da cidade de Windhoek, dessa forma houve aumento da demanda por água. Diante desta pressão, o governo da Namíbia obteve um empréstimo de instituições financeiras europeias para aumentar a planta de recuperação de águas residuárias de 4300 m³/dia para 21000 m³/dia. Dessa maneira, essa nova planta pode suprir a demanda por água potável em 35% na cidade de Windhoek (PISANI, 2006).

Os esgotos domésticos são tratados para posterior utilização em fins potáveis, já os esgotos industriais são coletados separadamente e tratados a parte. O efluente tratado é encaminhado posteriormente para a fase de potabilização (MUFFAREG, 2003).

A experiência de Windhoek mostra que o esgoto doméstico tratado pode ser reutilizado de maneira satisfatória para os usos com fins não potáveis. Neste caso, a experiência prova que pode obter sucesso mesmo sem muitos recursos financeiros, porém devem-se levar em consideração os riscos de reutilização potável (PISANI, 2006).

2.2.1.5 União Européia

De acordo com Paranychianakis et al. (2015), a maioria dos países da região norte da União Europeia possuem recursos hídricos abundantes. Mesmo considerando o cenário futuro de escassez hídrica, os países da União Europeia - UE não têm grandes projetos de reutilização de águas residuárias. No sul da Europa, embora a reutilização de águas residuárias seja ainda limitada, ela é uma fonte importante para irrigação de culturas, paisagens e campos de golfe.

Segundo a Comissão Europeia (2014), em comunicado dirigido à imprensa a reutilização de água ainda é um desafio na União Europeia, conforme descrito a seguir.

Reutilizar a água ainda não é uma prática muito comum na Europa. A maior parte da água das estações de tratamento de águas residuais urbanas é simplesmente despejada nos rios e nos lagos. O aumento da reutilização dessa água poderia ajudar-nos a resolver o problema crescente da escassez de água e da seca, reduzindo simultaneamente os riscos de contaminação das águas residuais e reduzindo os custos do seu tratamento. A reutilização da água tem também menor impacto ambiental do que obtê-la a partir de outras fontes, como a transferência de água inter-regional ou a dessalinização. Apesar destas vantagens e do seu grande potencial, o nível de reutilização da água ainda é muito reduzido, por vários motivos:

- Inexistência de normas ambientais/sanitárias da UE para a reutilização da água;
- Potenciais obstáculos à livre circulação dos produtos agrícolas irrigados com água reutilizada;
- Tarifação e modelos de negócio inadequados ;
- Pouca sensibilização dos interessados para os benefícios da reutilização da água
- Falta de aceitação pela opinião pública ;
- Obstáculos técnicos existentes e incertezas científicas. (COMISSÃO EUROPEIA, 2014).

No ano de 2006, foi estimado que o volume total de reutilização de águas residuárias tratadas na UE subiu a 964 mm³/ano, isto representa 2,4% dos efluentes de águas residuais urbanas tratadas. A Espanha reutiliza cerca de 347 mm³/ano, já a Itália cerca de 233 mm³/ano, sendo que o emprego mais comum da água residuária nestes países é na área

agrícola. Já Portugal tem um potencial estimado em 67 mm³/ano. Nos países de Chipre e Malta a reutilização é significativa, sendo representados por 100% e 60% respectivamente, dos efluentes tratados. No entanto, os países da Grécia, Itália e Espanha reutilizam de 5 a 12% dos efluentes tratados (ÁGUA & AMBIENTE, 2015).

2.2.2 Experiências Brasileiras

No Brasil, existem poucas experiências em reutilização de águas residuárias. A primeira experiência registrada é da Estação de Tratamento de Esgotos - ETE ABC da SABESP, uma das cinco estações de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo (ANTONIOSI, 2011).

Os principais responsáveis pelas experiências nacionais são as indústrias, seja por conta das imposições colocadas pelas certificações ISO 14000 ou pelo controle mais rigoroso dos órgãos ambientais. Mesmo tendo grande potencial de reutilização nas indústrias apenas 1% da água é reutilizada (ANTONIOSI, 2011). A seguir serão apresentadas algumas experiências brasileiras.

2.2.2.1 ETE ABC da SABESP

A estação de tratamento de esgotos ABC encontra-se no coração industrial da metrópole e é uma das cinco estações de tratamento de esgotos da região metropolitana de São Paulo que opera pelo processo de lodos ativados. O efluente tratado dessa estação sempre foi utilizado internamente nessa ETE para lavagens de pátios, irrigação de gramados, água de selagem de bombas e água de quebra de espuma nos tanques de aeração (SANTOS, 2003).

Através de uma parceria entre a prefeitura de São Caetano do Sul e a SABESP foi realizado um projeto de reúso para conservar a água tratada em fins que não exigiam um nível de qualidade tão elevado, como (SANTOS, 2003):

- jateamento do lodo e detritos acumulados nas ruas;
- rega de ruas sem calçamento para diminuir a poeira;
- lavagens de ruas após eventos, como feiras livres;

- desobstrução de redes de esgotos e galerias de águas pluviais;
- lavagens de prédios, pátios, calçadas, jardins, praças, veículos, etc.

2.2.2.2 ETE Jesus Netto da SABESP

Segundo Padula Filho (2003), a estação de tratamento de esgotos Dr. João Pedro de Jesus Netto foi inaugurada em 1934 como estação experimental e trata 60 L/s de esgotos sanitários a partir de tratamento por lodo ativado, reator anaeróbio de fluxo ascendente e filtro biológico. Esta estação ocupa uma área de 12300 m² no bairro Ipiranga próximo ao rio Tamanduateí na cidade de São Paulo.

A ETE Jesus Netto fornece cerca de 20 L/s de água de reúso para a indústria Coats Corrente, sendo que o contrato firmado entre as partes prevê certo nível de qualidade da água adequada ao seu respectivo uso (PADULA FILHO, 2003). A empresa Coats Corrente faz parte do programa de reúso de água da SABESP e desde 1997 vem economizando cerca de 70 mil litros de água por hora (ANTONIOSI, 2011).

Inicialmente, a indústria utilizava água de reúso para fins sanitários, quando aderiu ao programa de reúso da SABESP passou a utilizar água de reúso para as seguintes atividades (PADULA FILHO, 2003):

- lavagens de fios;
- tingimento;
- beneficiamento;
- mercerização e alvejamento de fios.

2.2.2.3 Parque de diversões Hopi Hari

O parque de diversões Hopi Hari localiza-se no município de Vinhedo no estado de São Paulo. O abastecimento do parque é feito por dois poços profundos com uma vazão média de 60 m³/h. O parque conta com um moderno sistema de tratamento de efluentes de tecnologia canadense, com uma área de apenas 300 m². Os efluentes são processados em contêineres fechados, para evitar mau cheiro, e o processo é automatizado. A água de reúso

é bombeada para um reservatório no ponto mais alto do parque, sendo utilizada para irrigação dos jardins e descargas sanitárias (BERNARDI, 2003).

2.3 REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS

Devido às diferenças ambientais e culturais dos países a legislação sobre reúso de água é diversificada por conta do enfoque particularizado dado em cada país. Países do norte europeu, por exemplo, por conta de seus recursos hídricos abundantes têm seu foco no reúso para a conservação e preservação destes. Já em países, como no sul europeu, América do Sul e algumas regiões dos Estados Unidos, em que a abundância de recursos hídricos não ocorre, a busca por novas fontes e utilização de águas residuárias são necessárias para atividades como agricultura, aquicultura, irrigação, entre outros (MUFFAREG, 2003).

Para uma melhor compreensão dos aspectos ambientais voltados ao uso dos recursos hídricos e de seu reaproveitamento de forma responsável serão apresentados os requisitos legais e normativos brasileiro e internacional concernente ao reúso de águas residuárias.

2.3.1 Legislação Brasileira

No Brasil, existem algumas normatizações técnicas incipientes sobre o reúso de água, como as Resoluções de nº 54/2005 e de nº121/2010 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Segundo Teixeira (2015), uma normatização mais específica está sendo debatida nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro e serão utilizadas as experiências internacionais como base e ainda será necessário decidir se enquadrará como lei, decreto ou norma.

A Lei Federal nº 6938 de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu Artigo 2, coloca a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental como os principais preceitos para assegurar o desenvolvimento socioeconômico e à proteção da dignidade da vida humana, tendo como um dos princípios a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar e o incentivo ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais.

Já a Lei nº 9433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos de acordo com seu artigo 1 a água é um recurso natural limitado e coloca como um de seus objetivos principais assegurar à atual e as futuras gerações a quantidade de água necessária e com qualidade adequada. Infere-se que a Política Nacional de Recursos Hídricos, mesmo não citando o reúso de água, preocupa-se com a situação futura de disponibilidade hídrica, já que em seus incisos cita ações que promovam o uso da água de uma forma sustentável. A seguir serão explanadas as principais Resoluções que se relacionam ao reúso de água no Brasil.

2.3.1.1 Resolução nº 54/2005 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

A Resolução de nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH instituiu-se como o primeiro tipo de legislação acerca de reúso de água no Brasil. Esta Resolução estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável direto de água. Ainda, considera que, o reúso de água se constitui como uma prática de conservação e de racionalização de recursos hídricos, podendo dessa forma, ser utilizada como instrumento regulador entre a oferta e a demanda, conforme estabelece os princípios da Agenda 21 (BRASIL, 2005a).

A prática de reúso de água diminui custos e contribui para a conservação dos recursos hídricos. Esta é viável para a diminuição da escassez de recursos hídricos, a elevação do custo de tratamento da água devido à piora da qualidade das águas dos mananciais, a redução das descargas de poluentes em corpos d'água mantendo dessa maneira os recursos hídricos para o abastecimento de água (BRASIL, 2005a).

A Resolução nº 54 traz consigo algumas definições a respeito do reúso de águas residuárias, como (BRASIL, 2005a):

- Água residuária: água descartada, esgoto, efluentes, tratados ou não;
- Água de reúso: é a água residuária, que possui os padrões exigidos para sua respectiva utilização;
- Reúso de água: é a utilização de águas residuárias;
- Reúso direto da água: uso da água de reúso sem a diluição prévia em corpos d'água ou lançamento;

- Produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, que produz água de reúso;
- Distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, que distribui água de reúso;
- Usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, que utiliza água de reúso.

Esta Resolução traz também as modalidades de utilização da água de reúso (BRASIL, 2005a):

- Reúso para fins urbanos: utilização para lavagens de veículos e ruas, irrigação de paisagens, desobstrução de tubulações, combate a incêndio, construção civil;
- Reúso para fins ambientais: utilização para recuperação do meio ambiente e implantação de projetos;
- Reúso para fins agrícolas e florestais: utilização para cultivo de florestas plantadas e produção agrícola;
- Reúso para fins industriais: utilização em processos e operações industriais;
- Reúso na aquicultura: utilização para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Segundo esta Resolução, a atividade de reúso de água deverá ser informada ao órgão gestor de recursos hídricos, informando quem é o produtor, distribuidor e o usuário, a localização geográfica da fonte e destino desta água de reúso, especificação da finalidade da produção e do reúso de água e a vazão e volume diário de água de reúso produzida. Além disso, a Resolução coloca que devem ser incentivados e promovidos programas sobre a importância do reúso e que o produtor, distribuidor e usuário não são eximidos da licença ambiental quando ela for exigida (BRASIL, 2005a).

2.3.1.2 Resolução nº 121/ 2010 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

A Resolução de nº 121 de 2010 estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água para modalidade agrícola e florestal. Esta coloca que as características físicas, químicas e biológicas para os fins agrícolas e ambientais deverão atender aos limites estabelecidos na legislação relacionada (BRASIL, 2010).

De acordo com esta Resolução, a caracterização e o monitoramento da água de reúso deve observar a natureza da água de reúso, a tipologia do processo de tratamento, o porte das instalações e vazão tratada, variações nos fluxos e o tipo de cultura envolvida a partir de critérios definidos pelo órgão competente. Cabe ao produtor o monitoramento e caracterização frequente da água de reúso, sendo que sua utilização para fins agrícolas e florestais não deve causar nenhum dano à saúde humana ou ao meio ambiente. Caso aconteça algum acidente ou impacto ambiental relacionado à utilização da água de reúso e que comprometa os demais usos próximos à área prejudicada, o órgão competente deverá ser devidamente informado (BRASIL, 2010).

2.3.1.3 Resolução n° 357/2005 – Conselho Nacional do Meio Ambiente

A Resolução n° 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente que dispõe sobre a classificação e enquadramento de corpos de água superficiais traz os valores máximos permitidos de parâmetros físicos, químicos e biológicos para cada classe de corpo de água. Considera ainda que o controle da poluição se relaciona de maneira direta com a saúde pública, com um meio ambiente ecologicamente equilibrado e com a melhoria na qualidade de vida, de acordo a classe ambiental exigida e os usos prioritários para um determinado corpo de água (BRASIL, 2005b).

Esta Resolução classifica as águas doces, salinas e salobras do Território Nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. As águas doces, que são águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰, são classificadas de acordo com os seus usos preponderantes e grau de tratamento necessário à água, conforme descrito a seguir (BRASIL, 2005b):

- Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento humano desde que aconteça pelo menos desinfecção em seu tratamento. Destinadas também à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe I: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à proteção das comunidades aquáticas; 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 películas e a proteção das comunidades aquáticas em Terras indígenas.

- Classe II: águas que podem ser destinadas 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; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir ter contato direto e à aquicultura e pesca.
- Classe III: águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado; pesca amadora; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; recreação de contato secundário e à para matar a sede de animais.
- Classe IV: águas que podem ser destinadas a paisagismo e navegação.

A Resolução em questão traz as condições e padrões de qualidade da água a partir de limites pré-estabelecidos para cada substância de acordo com sua respectiva classe. A classe especial deve manter suas condições naturais de corpo de água (BRASIL, 2005b).

2.3.2 Outras legislações

Pelo fato de não existir legislação específica no Brasil acerca do reúso de águas residuárias, as experiências brasileiras se baseiam nos parâmetros internacionais vigentes, na maioria das vezes, para a implementação dos projetos de reúso de água de forma segura. Já em alguns países as regulamentações foram desenvolvidas no século passado, como é o caso da Califórnia nos EUA. Crook (1993) coloca que o estado da Califórnia iniciou o desenvolvimento de sua regulamentação de reúso de águas residuárias em 1918. Além disso, a Califórnia é um estado com longa tradição em reúso de água residuária e enfatiza também que sua regulamentação é mais restritiva que a da Organização Mundial da Saúde - OMS, que é mais voltada para os países em desenvolvimento. O Quadro 2 apresenta algumas evoluções históricas da legislação sobre reúso de água no mundo.

Quadro 2 – Evolução histórica da legislação sobre reúso de águas residuárias

Ano	Fatos e Critérios de Qualidade
1918	Departamento de Saúde Pública da Califórnia estabelece os "Primeiros Regulamentos para utilização de esgotos com propósito de irrigação na Califórnia"
1952	Primeiras regras editadas por Israel
1973	WHO 100 CF/100ml em 80% das amostras
1978	Critério sobre reúso de águas residuárias do Estado da Califórnia: 2,2 CT/100 ml
1978	Israel: 12 CF/100 ml em 80% das amostras; 2,2 CT/100ml em 50% das amostras
1983	Relatório do Banco Mundial
1983	Estado da Flórida: nenhuma detecção de E.coli em 100ml
1984	Estado do Arizona: padrões para vírus (1 vírus/40L) e Giárdia (1 cist/40L)
1985	Relatório de Feachen et al., 1983
1985	Relatório de Engelberg (IRCWD, 1985)
1989	Recomendações da OMS para reúso de águas residuárias: 1000 CF/100ml, < 1 ovo de nematóide/L
1990	Estado do Texas: 75 CF/100 ml
1991	França: Recomendações sanitárias baseadas nas da OMS
1992	Guia da USEPA para reúso de águas: Nenhuma detecção de CF em 100ml (7d em média, não mais de 14 CF/100ml em qualquer amostra

Fonte: Salgot e Angelakis (2001) apud Muffareg (2003)

2.3.2.1 Estados Unidos

A regulamentação sobre reúso de águas residuárias nos Estados Unidos são de responsabilidade das agências de cada estado, não existindo regulamentação federal para reutilização. A United States Environmental Protection Agency – USEPA, órgão ambiental dos Estados Unidos, foi responsável pela elaboração do documento “Guidelines for Water Reuse” com diretrizes atualizadas sobre reutilização de água tendo como suporte regulamentos e diretrizes de diversos estados. Este documento foi elaborado a partir da necessidade do fornecimento de orientação nacional sobre o reúso de água (EPA, 2012).

Segundo Antoniosi (2011) o documento “Guidelines for Water Reuse”:

Aborda questões sobre a substituição de fontes, considerações sobre os tipos de tratamento e qualidade da água, e as questões técnicas sobre o planejamento e aplicação dos sistemas de reúso. Também relata todos os tipos de reúso conhecidos e utilizados no mundo e traz alguns estudos de caso dentro e fora dos Estados Unidos, e apresenta limites bem especificados para os indicadores de contaminação biológica. (ANTONIOSI, 2011).

Em 1980, foram delineadas as primeiras diretrizes da Environmental Protection Agency – EPA para a reutilização de água, a partir de um relatório de pesquisa técnica para o escritório de pesquisa e desenvolvimento da EPA. Já em 1992 este relatório foi atualizado para apoiar os planejadores de projetos e os regulamentos estaduais que tem como suporte a orientação da EPA a respeito da qualidade, usos e requisitos da água. A atualização de 2004 teve como objetivo resumir as diretrizes de reutilização de água, com apoio a pesquisa e informação, para o benefício das empresas de serviços públicos e agências reguladoras e teve uma influência global na reutilização de águas residuárias (EPA, 2012).

O estado da Califórnia foi o primeiro a desenvolver diretrizes sobre reúso de água em 1918, as quais vêm sendo atualizadas e expandidas ao longo dos anos. Os critérios deste estado para recuperação da qualidade das águas residuárias têm servido como base para outros estados e países (CROOK, 1993). Muffareg (2003) coloca ainda que,

Por muitos anos os regulamentos do Estado da Califórnia eram a única referência legal válida para recuperação, reúso e reciclagem de águas residuárias. Este fato, fez com que qualquer técnico de qualquer lugar do mundo assumisse esses conceitos ali introduzidos como a verdade, axiomático e indiscutível. Foi declarado até mesmo, que estes padrões foram copiados e recopiados até que fossem reconhecidos oficialmente. (MUFFAREG, 2003).

Até o ano de 2012, 30 estados e um território dos EUA tinham adotado regulamentos e 15 estados tinham diretrizes ou padrões de projeto para a reutilização de água. As diretrizes da EPA tiveram influência mundial, alguns países adotam os princípios descritos no documento. Muitos países também fazem referência às diretrizes da Organização Mundial da Saúde para a utilização segura de águas residuárias, excretas e águas cinzas (EPA, 2012).

As diretrizes atualizadas de 2012 foram fundamentadas tendo por base o avanço nas tecnologias de reutilização, no aumento de estados que implementaram suas regras ou diretrizes e no crescimento significativo na reutilização de água. Além do que, a demanda por novas fontes de água cresce num ritmo acelerado. A EPA enfatiza também que deve haver o “ajuste para os fins”, ou seja, projetar a reutilização de água para fins específicos com a tecnologia adequada para obter a qualidade necessária da água para o uso. Além disso, a incorporação das fontes não convencionais de água nas comunidades deve fazer parte da gestão da água (EPA, 2012).

As diretrizes da EPA contribuem no desenvolvimento de programas e regulamentos de reúso apropriados em estados e países que não possuem normas ou estão sendo atualizadas e também são úteis para engenheiros que projetam e gerenciam instalações de reúso de água (EPA, 2012).

De acordo com a EPA (2012), cada estado pode adotar regras e desenvolver os programas de reutilização de água para atender suas necessidades na ausência de normas e regulamentos federais. Os regulamentos são regras que são exigíveis e foram promulgadas e executadas por agências do governo, já as diretrizes não são exigíveis, mas podem servir como referência em programas de reutilização. Caso as diretrizes sejam incluídas nos regulamentos, passam a ser exigíveis. Os regulamentos e diretrizes contêm requisitos de qualidade da água bem como seu tratamento conveniente para a reutilização, assegurando dessa forma, que os projetos que atendam esses requisitos sejam permitidos.

O Quadro 3 traz as categorias de reutilização mais comuns observadas nos Estados Unidos e o número de estados que fazem uso dessas categorias. De acordo com a EPA (2012), a categoria que se enquadra como reúso urbano não restrito é aquela em que a exposição do público a água é bastante provável exigindo assim nível de tratamento elevado. Já o reúso urbano restrito é aquele em que a exposição ao público é controlada, dessa forma o nível de tratamento é menos rigoroso.

Quadro 3 - Relação entre o número de estados nos EUA que possuem regulamentos ou diretrizes de acordo com a sua categoria de reutilização

CATEGORIA DE REUTILIZAÇÃO		NÚMERO DE ESTADOS
Reúso urbano	Não restrito	32
	Restrito	40
Agricultura	Cultivo de alimentos	27
	Cultivo de não alimentos	43
Recreação	Restrito	13
	Não restrito	17
Ambiental		17
Industrial		31
Recarga de aquífero (não potável)		16
Reúso potável	Direto	9
	Indireto	0

Fonte: adaptado de EPA (2012)

2.3.2.2 Organização Mundial da Saúde – OMS

Conforme dito anteriormente o estado da Califórnia foi por muitos anos considerado referência em regulamentos para a reutilização de águas residuárias. Porém, Muffareg (2003) coloca que mais tarde nas décadas de 70 e 80 houve uma considerável evolução na produção de legislação em que várias agências internacionais, outros estados dos EUA e a OMS colaboraram. Além disso, a OMS e o Banco Mundial foram responsáveis pelo patrocínio de vários estudos na área.

Segundo Crook (1993), em 1971 a OMS patrocinou uma reunião de especialistas sobre reúso de efluentes, onde sequentemente foi elaborado um relatório técnico sobre tratamentos e processos para o reúso. Mais tarde, os critérios foram modificados pela OMS, como a indicação de tratamentos aplicáveis ao reúso de água potável, e foram reconhecidas as incertezas associadas a essa prática.

Alguns países adotam as diretrizes da OMS do ano de 1989 para nematóides intestinais e coliformes fecais para a reutilização de água, como:

- França, para reutilização de água na agricultura; (MUFFAREG, 2003)
- Espanha adota as diretrizes da OMS quando a exposição humana a água de reúso é restrita e quando for irrestrito da Califórnia; (EPA, 2004)
- Tunísia utiliza para irrigação de campos de golfe. (EPA, 2004).

Crook (1993) coloca que a regulamentação da Califórnia, que é típica dos padrões seguidos pelos países mais industrializados, é consideravelmente mais restritiva que da OMS, que é voltada especialmente para os países em desenvolvimento. E também, segundo Angelakis e Bontoux (2001), países como Israel, África do Sul, Japão e Austrália consideram as diretrizes da OMS muito fracas para a proteção da saúde humana. Muffareg (2003) coloca também que o país do Chipre utiliza padrões muito mais rígidos que os da OMS, levando em conta as especificidades do país.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO

A reutilização de água é dependente da sua qualidade química, física e microbiológica. Os parâmetros microbiológicos são mais difíceis de serem quantificados devido à multiplicidade de parâmetros e orientações de uso mundiais. Para a utilização de água residuária para fins não potáveis os efeitos de muitas substâncias químicas são conhecidos, sendo, portanto, de fácil determinação (CROOK, 1993).

Existem vários fatores que afetam a qualidade da água para o reúso, como por exemplo, a qualidade na fonte geradora, o tratamento da água, o projeto e a distribuição e a confiabilidade no tratamento da mesma (CROOK, 1993). Crook (1993) lista uma série de aspectos para a qualidade da água. Percebe-se que são várias as recomendações para o reúso o que dificulta o processo de reutilização na prática.

- Proteção à saúde pública: a água reutilizada deve assegurar a proteção à saúde das pessoas;
- Requisitos de uso: muitas indústrias possuem requisitos físico-químicos que estão relacionados diretamente à saúde das pessoas, podendo limitar a aceitabilidade desta água;
- Efeitos da irrigação: é de se considerar os efeitos da irrigação com água residuária nos solos, cultura e aquíferos;
- Considerações ambientais: a fauna e flora do entorno não devem ser afetadas pelo uso da água residuária;
- Efeitos estéticos: a aparência da água não deve ser diferente da água potável, devendo ser clara, sem cor e cheiro; para uso em represas de recreação a água não deve causar proliferação de algas;
- Percepção da população e/ou usuário: os órgãos de controle devem garantir e divulgar a água como aceitável e segura para o uso;
- Realidades políticas: as regulamentações são muitas vezes influenciadas pela política, crenças, custo e pela percepção da população.

2.4.1 Padrões de qualidade

A qualidade de uma água deve ser analisada de acordo com os padrões de qualidade existentes devendo estar, portanto, dentro dos limites impostos de acordo com a finalidade do uso requerido. Os padrões de qualidade para água são geralmente estabelecidos por lei e se baseiam não somente em valores de referência e estudos, mas também em condições locais. Além disso, estes padrões em regiões de maior escassez hídrica podem ser menos restritivos, desde que não provoque riscos à saúde humana (BLUM, 2003).

Blum (2003) coloca que a qualidade da água deve ser definida de acordo com o uso, permitindo uma classificação das águas adequadas ou não a determinados usos. Dessa forma, uma classificação dada como má ou boa só tem sentido quando o uso previsto é levado em consideração. Além disso, a adequação da água a seu uso final exige conhecimento sobre seus efeitos, riscos para a saúde humana e meio ambiente.

Para Antoniosi (2011),

No Brasil, os critérios com relação ao Padrão de Águas para Uso Potável são bem definidos. No entanto, falando em reúso, recorre-se a legislação de locais com maiores experiências desenvolvidas, como já citadas anteriormente. Também devem ser analisados riscos associados aos compostos químicos e às substâncias químicas presentes no esgoto sanitário. Segundo Blum (2003) ele é tanto maior quanto maior for a parcela de efluentes industriais que entram na composição desses esgotos. (ANTONIOSI, 2011).

Assim como Crook, Blum (2003) elencou os principais critérios de qualidade da água, que serão discutidos a seguir:

- Saúde pública: o reúso não deve trazer riscos à saúde das pessoas; dessa maneira, quanto maior o nível de contato humano com a água melhor deve ser a qualidade da água;
- Aceitação da água pelo usuário: a água que irá ser reutilizada não deverá causar nenhum tipo de objeção pelo usuário, dessa forma deve apresentar uma qualidade estética;
- Preservação do ambiente: o sistema de reúso não deve comprometer o meio ambiente;
- Qualidade da fonte: a fonte de água para o reúso deve ser quantitativamente e qualitativamente segura;

- Adequação da qualidade ao uso pretendido: a qualidade da água deve atender aos limites estabelecidos em relação ao uso pretendido.

O manual “Guidelines for Water Reuse” da EPA (2012), elenca alguns parâmetros de qualidade da água para diversos fins (Tabela 3), e para o fim dessa pesquisa considerando o reúso urbano não restrito, os parâmetros de qualidade da água para o estado da Flórida são:

Tabela 3 – Padrões de qualidade da água para irrigação do estado da Flórida nos EUA

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
DBO	máximo 60 mg/L
Sólidos suspensos totais (mg/L)	máximo 5 mg/L
Turbidez	Entre 2 e 2,5 UNT
Coliformes fecais	Em 75% das amostras, menos de 25 coliformes por 100 mL (máximo)

Fonte: EPA (2012)

A Resolução CONAMA n° 357/2005, que classifica os corpos d’água, estabelece os padrões de qualidade para a água de acordo com as classes relacionadas. Para cada classe são definidos os usos, bem como seus parâmetros e condições relacionados. A seguir serão apresentados alguns parâmetros de qualidade da água exigidos para os usos pretendidos na pesquisa que são de irrigação, lavagens de pisos e descargas de sanitários.

2.4.1.1 Padrões de qualidade para Irrigação

Conforme colocado por Blum (2003), a qualidade da água deve ser definida de acordo com a sua destinação e desta forma, para a definição da qualidade da água para reúso em irrigação de gramados e jardins do campus Santa Mônica da UFU, serão adotados os parâmetros da Classe II referente à água doce da Resolução CONAMA n° 357/2005. Isto se deve, pois, a Resolução CONAMA n°357/2005 traz que sua Classe II pode ser destinada a: “ irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato primário”.

O documento “Conservação e Reúso da água em Edificações”, que é uma publicação de responsabilidade da Agência Nacional das Águas – ANA, da Federação das Indústrias de São Paulo – FIESP e do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – SindusCon, traz consigo uma série de orientações sobre a implantação de programas de conservação da água em edificações. Dessa forma, essa publicação trouxe padrões de qualidade da água para reúso para cada Classe conforme definida neste manual. A seguir será enunciada a Classe caracterizada neste documento bem como seus padrões de qualidade da água exigidos apresentados na Tabela 4 para o uso preponderante irrigação.

(BRASIL, 2005c):

- Água de Reúso Classe III: destinada a irrigação de áreas verdes e jardins. A maior preocupação neste caso é com as concentrações de contaminantes químicos e biológicos que é incidido sobre o meio ambiente e o homem.

Tabela 4 – Padrões de qualidade da água de reúso para irrigação

PARÂMETROS			CONCENTRAÇÕES
pH			Entre 6,0 e 9,0
Salinidade			0,7 < EC (ds/m) < 3,0
			450 <SDT (mg/L) < 1500
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
		Cloretos (mg/L)	350 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1 mg/L
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	> ou = 3,0
		Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	< 1 mg/L
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias		0,7 mg/L
	Regas de jardim e similares		3,0 mg/L
Nitrogênio total (mg/L)			5 - 30 mg/L
DBO (mg/L)			< 20 mg/L
Sólido suspenso total (mg/L)			< 20 mg/L
Turbidez (UNT)			< 5 UNT
Cor aparente (UH)			< 30 UH
Coliformes fecais (mL)			≤ 200/ 100 mL

Fonte: Brasil (2005c)

O Japão, como já relatado anteriormente, apresenta muitas atividades em reúso aproveitando os efluentes para reutilização em irrigação, descargas sanitárias, derretimento de neve e fins recreacionais. Dessa forma, Suzuki (2002) elenca alguns parâmetros de

qualidade da água apropriados para o uso em irrigação e lavagens de ruas, cujos parâmetros de qualidade são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Padrões de qualidade da água de reúso no Japão para uso em irrigação

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
Coliformes fecais	Não detectável
Cloro residual	$\geq 0,4$ mg/L
Cor	Não desagradável
Turbidez	-
DBO	-
Odor	Não desagradável
pH	Entre 5,8 e 8,6

Fonte: Suzuki (2002)

2.4.1.2 Padrões de qualidade para Lavagens de Pisos

A Resolução CONAMA n° 357/2005 não classifica lavagens de pisos em uma de suas Classes. Dessa forma, será considerada a Classe II para a reutilização da água em lavagens de pisos, já que é um uso, que a exemplo da irrigação de gramados pode ocorrer contato direto ou primário do público com a água de reúso.

O documento Conservação e Reúso da água em Edificações (Brasil, 2005c) coloca a utilização de lavagens de pisos na Classe de reúso descrita a seguir:

- Água de Reúso Classe I: destinada a descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água, etc.), lavagem de roupas e de veículos. Os padrões de qualidade da água para estes fins se encontram na Tabela 6.

2.4.1.3 Padrões de qualidade para Descargas Sanitárias

Para o uso da água de reúso em descargas sanitárias será considerado também os padrões de qualidade da água da Classe II da Resolução CONAMA n° 357/2005, que são mais que suficientes para este tipo de uso e considerando que todas as formas de reúso mencionadas poderão ser supridas pelo mesmo reservatório.

Já no documento Conservação e Reúso da água em Edificações Brasil (2005c), a Classe correspondente ao uso em descargas sanitárias é a Classe I descrita anteriormente, e os seus padrões de qualidade se encontram na Tabela 6. Por esta Tabela é possível observar que as concentrações recomendadas são semelhantes aos valores permitidos da Classe II da Resolução CONAMA 357/2005. Porém, a recomendação para coliformes fecais foge muito do que a Resolução CONAMA 357/2005 indica chegando a ser padrão de potabilidade.

Tabela 6 – Padrões de qualidade da água para descargas sanitárias

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
Coliformes fecais	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10
Turbidez (UNT)	≤ 2
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleo e graxas (mg/L)	≤ 1
DBO (mg/L)	≤ 10
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Nitrato (mg/l)	< 10
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20
Nítrito (mg/L)	≤ 1
Fósforo total (mg/L)	$\leq 0,1$
Sólido suspenso total (mg/L)	≤ 5
Sólido dissolvido total (mg/L)	≤ 500

Fonte: Brasil (2005c)

Suzuki (2002) também coloca alguns parâmetros de qualidade da água apropriados para o uso em descargas sanitárias no Japão, país referência em reutilização de água, como mostrado na Tabela 7.

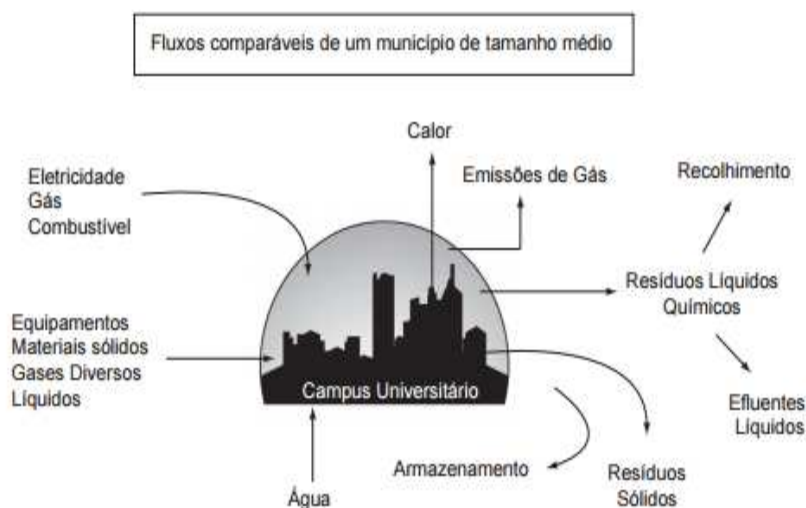
Tabela 7 – Padrões de qualidade da água de reúso no Japão para uso em descargas sanitárias

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
Coliformes fecais	≤ 10 UFC/mL
Cloro residual	Detectável
Cor	Não desagradável
Turbidez	-
DBO	-
Odor	Não desagradável
pH	Entre 5,8 e 8,6

Fonte: Suzuki (2002)

2.5 QUALIDADE DE EFLUENTES GERADOS EM LABORATÓRIOS DE IES

Uma Instituição de Ensino Superior pode ser comparada a um núcleo urbano, devido a suas atividades de ensino, pesquisa, extensão e unidades como lanchonetes, restaurantes, alojamentos, entre outros. Uma universidade também necessita de serviços básicos de infra-estrutura como: redes de abastecimento de água e energia, redes de esgoto e água pluviais e ruas de acesso. Estas ações geram resíduos sólidos e líquidos e um consumo de recursos naturais (TAUCHEN; BRANDLI, 2006). A Figura 6 apresenta os principais fluxos de entrada e saída em um campus universitário, onde se destaca o que é consumido e os resíduos gerados.

Figura 6 – Fluxos em um campus universitário

Fonte: Careto e Vendeirinho (2003)

2.5.1 Geração de resíduos em IES

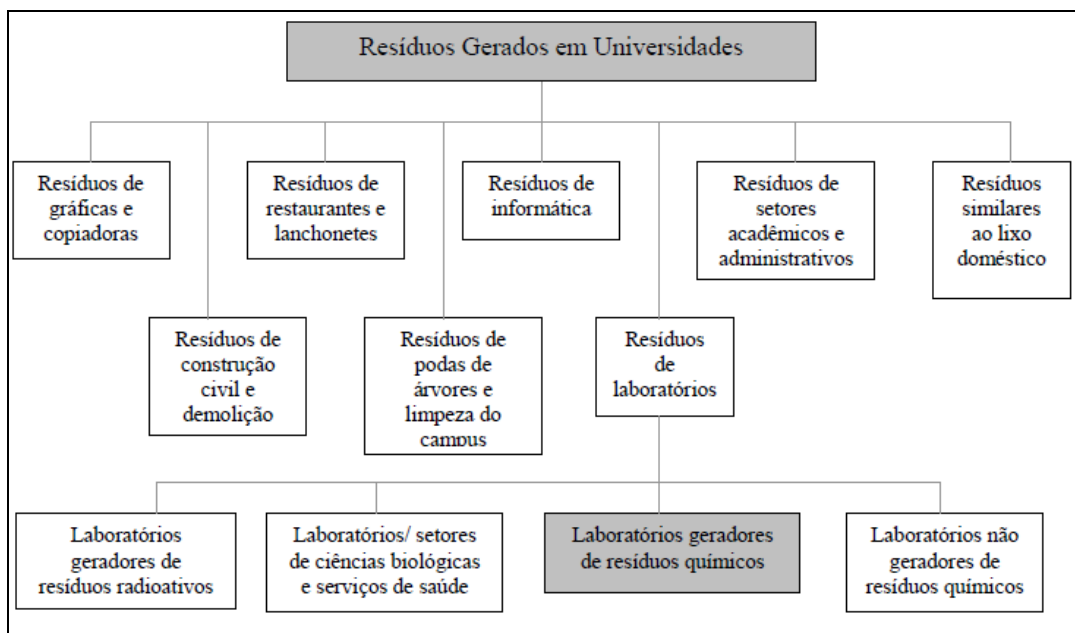
Com o crescimento da industrialização impulsionado principalmente pela Revolução Industrial do século XVIII, as indústrias se tornaram as principais fontes geradoras de resíduos e conseqüentemente de contaminação dos recursos naturais. Estas geravam os resíduos de uma forma indiscriminada sem se preocupar com o meio ambiente, e sempre foram o principal foco de cobrança de ambientalistas e da sociedade pela geração de resíduos.

Porém, é importante ressaltar que as indústrias não são de fato as únicas responsáveis pela contaminação dos corpos d'água e solos, mas também centros de pesquisa como, por exemplo, as universidades. Estas que há muito ignoraram seu papel na produção de resíduos e contaminação do meio ambiente, não devem ficar à margem destes problemas e continuarem como poluidoras. Para Saqueto (2010), as universidades ao realizarem experimentos de ensino ou pesquisa geram sempre algum tipo de resíduo químico e conseqüentemente efluentes potencialmente perigosos.

Isto pode ser visto ao analisar que todo experimento de laboratório emprega reagentes químicos e gera algum tipo de resíduo. Como consequência, tais efluentes podem possuir características bastante agressivas, como pH extremamente ácido ou alcalino, altos valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO), metais tóxicos, sulfetos, solventes e etc. (SAQUETO, 2010).

Souza (2005) coloca que as universidades podem ser comparadas às indústrias por terem um funcionamento e uma estrutura física semelhante, devido aos seus laboratórios experimentais. Porém, os resíduos de universidades se diferenciam dos resíduos industriais devido ao seu volume menor e por apresentarem compostos químicos muito heterogêneos (GERBASE et al., 2005). A Figura 7 exemplifica as principais fontes geradoras de resíduos encontrados nas universidades.

De acordo com Jardim (1998), as universidades não podem mais deixar de lado a sua posição de geradora de resíduos, pois isso vai de encontro ao próprio papel que a universidade desempenha quando avalia outras geradoras.

Figura 7 – Fontes geradoras de resíduos em universidades

Fonte: Souza (2005)

Segundo Ashbrook e Reilhardt (1985), as universidades e institutos de pesquisa representam cerca de 1% da produção de resíduos em países desenvolvidos. Estes 1% são significativos, pois, as universidades exercem grande influência quando avaliam os impactos causados por outros setores geradores de resíduos (SAQUETO, 2010).

Assim, o gerenciamento adequado dos resíduos e o tratamento destes nas universidades são importantes para que ela não tenha sua credibilidade questionada. Diante dessa questão, surge outra preocupação relacionada ao destino dado aos efluentes descartados nos laboratórios, pois, elas devem priorizar medidas de combate à poluição ambiental (ALVES, 2002).

Neste contexto, as universidades devem, de uma forma geral, primar pela educação ambiental e ser uma referência para a sociedade, devido principalmente a seu aspecto conscientizador. Dessa maneira, deve-se pautar pela sustentabilidade e medidas de minimização de impactos ambientais bem como de racionalização e reúso da água. Portanto, as universidades como modelo em educação ambiental e de conscientização para a sociedade devem buscar medidas de minimização e tratamento destes resíduos.

2.5.2 Resíduos de laboratórios químicos

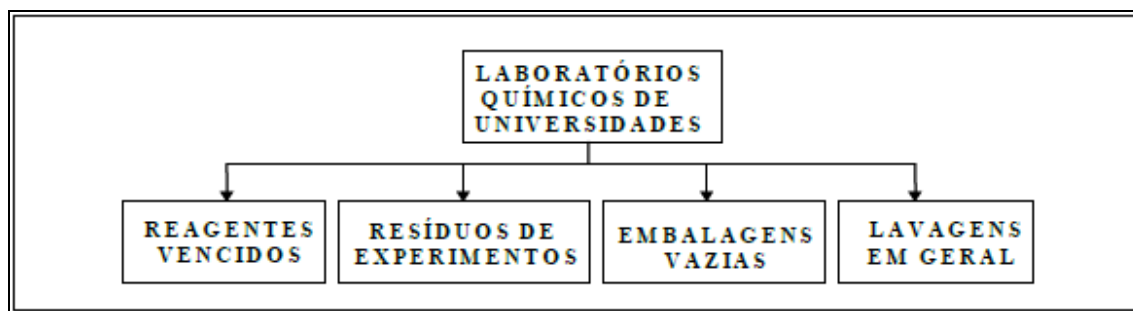
Segundo Nascimento e Tenuta Filho (2010), as instituições de ensino e pesquisa, na maior parte de suas atividades, e não somente as laboratoriais, produzem resíduos que podem ser potencialmente perigosos. Destes resíduos, alguns fazem parte de listas de agências governamentais ambientais devido a sua importância, como: metais, solventes, agentes químicos de elevada toxicidade, produtos de síntese e ácidos.

Nas universidades existem diversos tipos de laboratórios que podem gerar resíduos de diferentes origens, como por exemplo, os de Genética Molecular, Horticultura, Cultura de Tecidos, Anatomia, Química Analítica, Química de Solos entre muitos outros. Cada laboratório pode gerar resíduos que se enquadram em diferentes categorias: químicos, biológicos, de saúde e ou radioativos, como também podem gerar apenas resíduos considerados comuns (SAQUETO, 2010).

Para Saqueto (2010),

Um mesmo laboratório pode abranger atividades de ensino, pesquisa e/ou extensão, mas cada setor desses pode gerar resíduos específicos. Uma pesquisa geralmente tem sua duração definida, como uma pesquisa de mestrado ou doutorado. Em um laboratório várias pesquisas ocorrem ao mesmo tempo e os resíduos gerados nessa prática podem não ser conhecidos, pois a natureza dos reagentes pode ser desconhecida. Ou seja, os resíduos gerados pela pesquisa são de elevada complexidade, dada a diversidade de resíduos produzidos pela pesquisa, visto que dinamicidade é uma característica intrínseca a processos de inovação e difusão tecnológicos. Em contraposição, os resíduos laboratoriais de ensino podem ser facilmente caracterizados, têm uma frequência de geração definida e constante. (SAQUETO, 2010).

Os resíduos químicos de laboratórios são considerados resíduos perigosos, por apresentarem principalmente ácidos, bases, metais tóxicos, compostos orgânicos não halogenados e halogenados (SAQUETO, 2010). De acordo com Sassioto (2005), os laboratórios químicos apresentam também o produto resultante da lavagem de pisos, vidrarias, equipamentos, bancadas e capelas que pode ser considerado um resíduo perigoso, devido às substâncias químicas que o compõem. A Figura 8 apresenta os principais resíduos gerados em laboratórios químicos.

Figura 8 – Resíduos de laboratórios químicos

Fonte: Sassioto (2005)

De acordo com Blum (2003), os compostos químicos mais presentes nos esgotos municipais são classificados em orgânicos e inorgânicos. Os prejuízos à saúde devido à ingestão de substâncias inorgânicas são bem conhecidos em esgotos domésticos. Porém, em efluentes industriais existe o risco de conter compostos inorgânicos tóxicos, como metais pesados. Em relação às substâncias orgânicas o seu conhecimento ainda é muito limitado, principalmente a compostos orgânicos sintéticos, sendo que a principal fonte destes são os efluentes industriais.

A Unidade de Gestão de Resíduos (UGR) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) criou uma norma para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos. A norma traz uma relação de resíduos líquidos químicos mais comumente encontrados em laboratórios químicos de universidades (MACHADO e SALVADOR, 2005). Os Quadros 4 e 5 elencam os principais resíduos químicos encontrados nesses laboratórios.

Quadro 4 – Resíduos comumente encontrados em laboratórios químicos

TIPOS DE RESÍDUOS	EXEMPLOS
Ácidos	Soluções de ácido clorídrico, sulfúrico, fosfórico, nítrico, acético, perclórico, ácidos sólidos como oxálico e cítrico
Básicos	Aminas, soluções de hidróxidos, soda cáustica, solução alcoolato, amônia
Fortemente oxidantes	Soluções ou sais de dicromato, permanganato, hipoclorito, iodato, persulfato, bismuto (III). solução de bromo, iodo, peróxido de hidrogênio. Sólidos : bismutato de sódio, dióxido de chumbo, ácido crômico
Fortemente redutores (exceto metais e ligas)	Hidrazina, soluções ou sais de sulfito, iodeto, tiosulfato, oxalato, ferro (II), estanho (II), fósforo vermelho
Soluções aquosas contendo sais ou complexos de metais pesados que não se enquadram nas classes anteriores	Soluções contendo cromo(III), chumbo(II), níquel (II), cobre (II), cobalto(II), bismuto(III), manganês(II), cádmio(II), índio(III)
Resíduos sólidos contendo metais ou ligas (exceto hidrolisáveis)	Ferro, estanho, bronze, latão, zinco, solda, papel alumínio
Resíduos com substâncias hidrolisáveis	Sódio, potássio, cloretos de acila, pentóxido de fósforo, hidreto de sódio, pentacloreto de fósforo, anidridos de ácidos, cloreto de alumínio anidro, alquil alumínio
Resíduos com cianeto	Soluções e sólidos com sais de cianeto
Resíduos que sofrem polimerização violenta	Acrilonitrila, ácido acrílico
Outros resíduos perigosos	Brometo de etídio, nitrosaminas, aflatoxinas, PCB's, PCDD's, PCDF's
Sólidos inertes	Cloreto de sódio, cloreto de cálcio, sulfato de cálcio, fluoreto de sódio, alumina, sílica gel

Fonte: Machado (2005)

Quadro 5 – Principais resíduos líquidos encontrados no Departamento de Química da UFSCAR

RESÍDUOS
Ácido Inorgânico
Ácido Orgânico
Álcool / cetona
Agente Oxidante
Agente Redutor
Anilina
Bases
Cianeto
Chumbo
Cromo (II e III - solução)
Cromo (VI - sulfocrômica)
Fenol
Metais (Ni, Co, Fe, Ti, Sn, Mn, Mg, La, etc - solv. aq.)
Metais (Ni, Co, Fe, Ti, Sn, Mn, Mg, La, etc -solv, org.)
Merúrio (solv. aquoso)
Prata (solução)
Sal Inorgânico
Solvente orgânico. + acetonitrila
Solvente orgânico + polímeros
Solvente orgânico halogenado
Solvente orgânico não-halogenado
Xilol + acetona

Fonte: Modificado de Corneto; Santos (2004) apud Sassiotto; Salvador (2004)

Georgetti (2010) analisou amostras de efluentes provenientes de lavagens de vidrarias de três laboratórios químicos da UFSCAR, para análise de viabilidade de reúso. Georgetti realizou ensaios ecotoxicológicos e de determinação de metais pesados, em que foi utilizada a Classe II da Resolução CONAMA n° 357/2005 como padrão de qualidade aos fins pretendidos. Georgetti analisou a concentração de nove metais pesados presentes nos efluentes de lavagens de vidrarias, em que foi verificada concentrações superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA dos metais boro e cobre.

2.5.3 Padrões de qualidade das águas Classe II – Resolução CONAMA n° 357/2005

A Resolução CONAMA n° 357/2005 traz que a água de Classe II pode ser utilizada para a irrigação de hortaliças, parques, jardins com o qual o público possa vir ter contato direto ou primário. Dessa maneira, conforme mencionado, a avaliação da qualidade da água residuária foi realizada tendo por referência a Classe II da Resolução CONAMA n° 357/2005. A escolha pautou-se pelos usos destinados da água de Classe II citados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pelo fato de poder haver contato direto do público, o qual justificaria a utilização dos usos pretendidos de irrigação, lavagens de pisos e descargas sanitárias.

Os parâmetros da Classe II que apresentam importância aos usos pretendidos de lavagens de pisos, irrigação e descargas sanitárias, devido a sua periculosidade, podem ser classificados em três grupos:

- Metais pesados: arsênio, chumbo, mercúrio, cádmio, cromo etc;
- Orgânicos tóxicos: solventes, pesticidas, acetonitrila, hidrocarbonetos etc;
- Inorgânicos tóxicos: cianeto etc.

Os compostos pertencentes a estes grupos podem poluir o meio ambiente e causar doenças nas pessoas e dessa forma, mesmo em pequenas quantidades a presença destas substâncias deve ser analisada.

Ácidos e bases podem estar contidos na água residuária em estudo; porém, como a água residuária que será reutilizada é a água após o descarte do resíduo, a quantidade presente desses parâmetros é insignificante aos usos pretendidos. Estes compostos também não

apresentam alta periculosidade como os grupos citados anteriormente podendo, deste modo, não ser classificado como grupo de risco aos usos. A análise de coliformes poderá ser dispensada também, uma vez que para o reúso previstos é necessária à segregação da água residuária dos esgotos sanitários.

2.6 QUANTIDADE DE ÁGUA DE REÚSO DE LABORATÓRIOS

As universidades, assim como a grande maioria das atividades desenvolvidas no mundo, necessitam da água. Para o desenvolvimento da maioria de suas pesquisas, a utilização da água é imprescindível e seu uso é bem diversificado devido à particularidade de cada estudo.

Conforme discutido anteriormente, no item 3.1.2, os efluentes de laboratórios químicos podem ser considerados como uma fonte potencial de reutilização de água, devido ao grande volume de utilização, conforme colocado por Antoniosi (2011):

A indústria também tem grande potencialidade do uso da água de reúso, inclusive trabalhando a reciclagem dentro dos processos. Na universidade, laboratórios têm essa mesma característica, considerando o uso de equipamentos específicos, alguns grandes consumidores de água e conseqüentemente grandes geradores de água residuária, onde podem ser analisadas possibilidades de reuso e reciclagem. (ANTONIOSI, 2011).

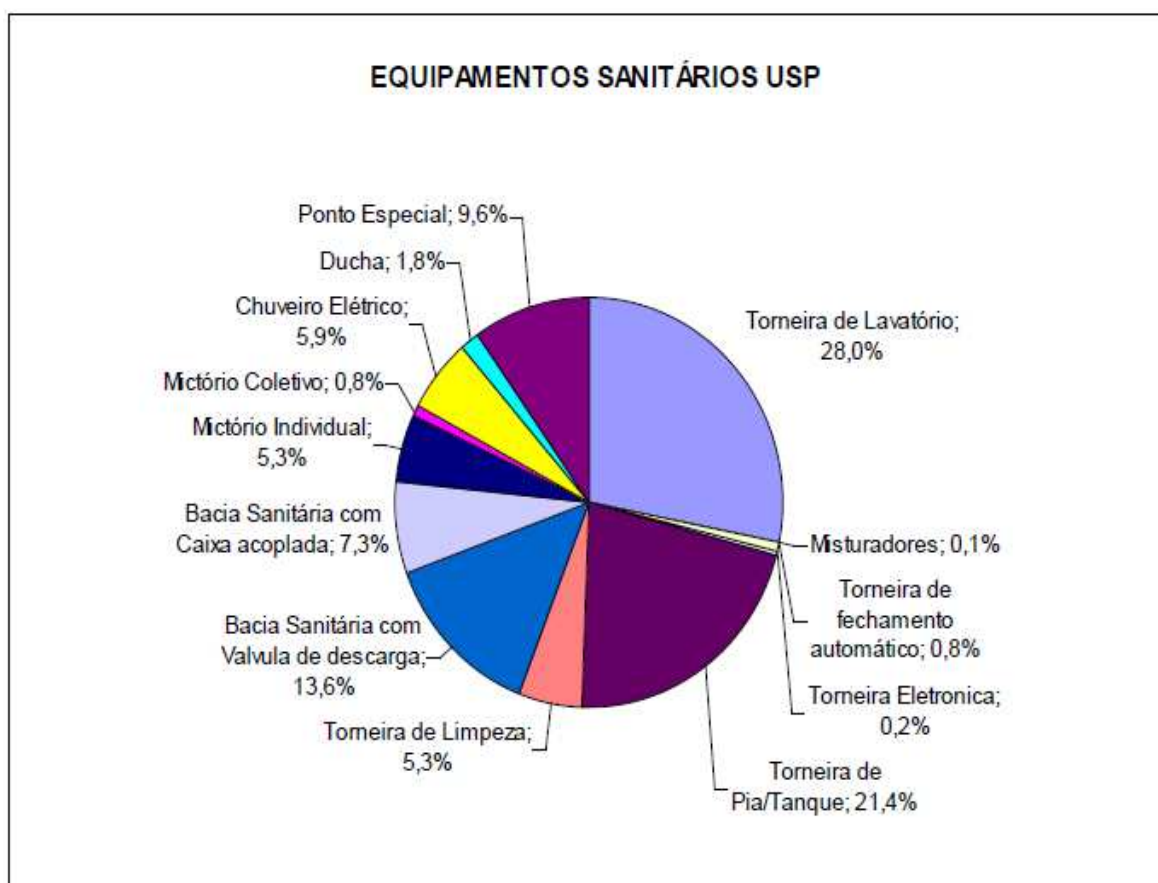
Silva (2004) também coloca que em relação ao reúso de água em processos, destacando os laboratórios de um campus universitário, o levantamento de equipamentos e processos que consomem água permite avaliar o volume de água descartado.

Antoniosi (2011), conforme relatado anteriormente, destaca que os laboratórios de universidades têm grande potencial de reutilização de água para reúso. Dessa maneira, o levantamento dos equipamentos e processos que consomem água permite estimar o volume de água descartado. A autora ressalta também que alguns equipamentos geram águas residuárias de qualidade excelente que podem atender demandas de qualidade da água compatíveis, em situações de reúso. No entanto, deve-se levar em consideração análises para cada particularidade de reúso.

Algumas universidades brasileiras possuem programas que focam na conservação dos recursos hídricos e não propriamente no reúso de água, como o Programa de Uso Racional

da Água - PURA da Universidade de São Paulo – USP, PRÓ-água da Universidade de Campinas, PROGESA da UFSCAR e alguns trabalhos na federal de Mato Grosso e da Universidade de Brasília-UNB. A Figura 9 apresenta a distribuição dos equipamentos sanitários da cidade universitária da USP, visto que, uma das finalidades de uma das etapas do PURA é o levantamento dos equipamentos consumidores de água. A Tabela 8 mostra um resumo do levantamento feito por Antoniosi (2011) dos equipamentos que consomem água em laboratórios da UFSCAR.

Figura 9 – Distribuição de equipamentos sanitários preexistentes na cidade universitária da USP



Fonte: EPUSP (1998/2003) apud Silva (2004)

A partir do levantamento mostrado na Figura 9 é possível notar que equipamentos como torneira de pia/tanque representam 21,4% do total de equipamentos consumidores de água no campus. Isto mostra que o consumo de água dos laboratórios em uma universidade é bastante expressivo. Silva (2004) coloca que os pontos especiais, que representam na universidade 9,6% dos equipamentos consumidores de água, incluem alguns equipamentos

utilizados em laboratórios como, torneiras especiais, lavador de pipeta, “lava-olhos”, bombas de vácuo, destilador, refrigeração e ar condicionado.

Tabela 8 – Equipamentos de uso específico da água em Laboratórios na UFSCAR

RESUMO DOS EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO DA ÁGUA				
SETORES		Banho Maria	Bomba de vácuo	Destiladores
SUL	SETOR 3 - Dep. Morfologia e Patologia	3	0	7
NORTE	Setor 3 - Dep. Eng. Materiais	10	0	10
	Setor 5 - Dep. Eng. Química	13	6	6
	Setor 7 - Dep. Química	65	6	17
	Setor 8 - Dep. Biologia	26	6	19
	Setor 9 - Dep. Física	0	1	2
	Total de equipamentos	117	19	61

Fonte: Antoniosi (2011)

Na Tabela 8 é possível observar que os setores da Engenharia Química e da Química possuem uma quantidade expressiva de equipamentos consumidores de água, sendo considerados um dos maiores consumidores deste insumo do campus.

Em alguns dos estudos do PURA USP houve um levantamento dos maiores consumidores de água da cidade universitária. Neste estudo, em sua etapa 1, foram levantadas 7 unidades que eram as maiores consumidoras de água, representando cerca de 50% do consumo total do campus (SILVA, 2004). Estas unidades representavam diferentes tipos como, hospital, humano, laboratorial e misto (laboratorial e humano). A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para as diferentes unidades analisadas, mostrando as porcentagens de redução do consumo de água devido à aplicação do programa. É possível observar que os três maiores consumidores são o Instituto de Química - IQ, Hospital Universitário-HU e a Escola Politécnica da USP-EP.

Tabela 9 – Consumo médio de água das unidades estudadas na USP

<i>Unidade</i>		<i>Consumo (m³/mês)</i>						
		<i>2ºsem98</i>	<i>1ºsem99</i>	<i>2ºsem99</i>	<i>1ºsem00</i>	<i>2ºsem00</i>	<i>1ºsem01</i>	<i>2ºsem01</i>
L	IQ	25.432	13.626	9.642	9.804	10.550	11.481	7.530
	FCF	456	477	436	198	154	150	143
	ICB	6.633	5.825	4.679	3.828	3.661	3.882	3.805
M	EP	18.209	15.661	12.312	14.251	12.487	12.152	11.075
H	HU	23.245	19.841	25.863	17.828	15.046	15.304	15.072
P	FEA	2.750	1.894	1.915	1.949	1.638	1.903	2.094
	FFLCH	4.423	4.335	3.727	3.041	3.336	3.320	3.518
TOTAL		81.147	61.658	58.574	50.899	46.872	48.193	43.236

Fonte: adaptado de Silva (2004)

A partir desses resultados pressupõe-se que os setores da química são os maiores consumidores de água de um campus universitário, gerando, dessa forma, uma grande quantidade de efluentes líquidos que podem ser potenciais para reutilização. Silva (2004) estimou o consumo de água per capita de diferentes tipologias em um campus universitário. Os resultados obtidos por esta autora mostraram que o consumo per capita em unidades com tipologia de uso humano é entre 10 a 20 L/dia/pessoa, uso misto por volta dos 50 L/dia/pessoa e uso laboratorial em torno de 200 L/dia/pessoa.

2.6.1 Consumo de água proveniente do processo de Lavagem de vidraria

Após a identificação dos grandes consumidores de água, Antoniosi (2011) levantou em cada setor, não somente os equipamentos sanitários maiores consumidores de água, mas também os processos que utilizam água, como por exemplo, as lavagens de vidrarias de laboratórios do Departamento de Química - DQ. Foram coletados dados de 04 laboratórios, sendo 02 de ensino e 02 de pesquisa, a escolha foi feita pela possibilidade de alto consumo de água informada pelo chefe do Departamento. Neste levantamento, Antoniosi colheu informações como:

- Torneiras de bancada utilizada nos experimentos;
- Pias para lavagem de vidrarias;
- Número de alunos que frequentam o laboratório;
- Número de lavagens por semana por aluno;
- Tempo de duração das lavagens;

- Tempo que a torneira fica aberta.

Com as informações coletadas acima foi possível calcular a vazão das torneiras e descobrir o consumo mensal de água por mês. Para este Departamento de Química os volumes encontrados estão apresentados na Tabela 10. É de se colocar que foram avaliados somente 04 laboratórios, multiplicando-se o valor obtido pelo número total de laboratórios do IQ que realizam lavagens, 15 laboratórios, chega-se a um valor de 260.951 L/mês.

Tabela 10 – Volumes mensais de água para lavagens de vidrarias do DQ da UFSCAR

Laboratório	Tipo	Volume L/mês
Laboratório de Produtos Naturais	Pesquisa	25560
Laboratório de Síntese de Produtos Naturais	Pesquisa	9585
Laboratório de Química Orgânica	Ensino	11690
Laboratório de Química Geral	Ensino	22752

Fonte: Antoniosi (2011)

2.6.2 Consumo de água proveniente do processo de destilação de água

Antoniosi (2011) destaca que o processo de destilação exige grandes gastos com água e que algumas universidades já possuem trabalhos, visando à redução desse desperdício.

Em ambientes laboratoriais, sobretudo em *campi* universitários, uma grande preocupação é a redução de perdas de água em processos, notadamente na destilação de água. Analisando esse fato, a Universidade conta com diversas unidades laboratoriais, possuindo vários equipamentos destiladores de água, que são considerados grandes consumidores. Algumas universidades já possuem trabalhos voltados a solucionar o problema do grande consumo de água em destiladores, como já apresentados os exemplos da Unicamp e da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, esta última elaborando um estudo de caso no departamento de engenharia sanitária sobre reutilização das águas oriundas das saídas dos destiladores. (ANTONIOSI, 2011).

A UNB também realizou trabalhos sobre a questão dos resíduos químicos e da água dentro do IQ, com o objetivo de fazer um levantamento do consumo de água dos equipamentos nos laboratórios. Foram investigados cerca de 270 laboratórios, quase 90% do total, e concluiu-se que a demanda por água potável para os equipamentos é cerca de 10m³ por semana, a partir das respostas obtidas pelos questionários aplicados. Os resultados obtidos mostraram que as trompas de vácuo são responsáveis por 46% do consumo de água e os

destiladores por 36%. Estes resultados mostram que os destiladores são responsáveis por boa parte do consumo de água dos laboratórios dos IQ (ANTONIOSI, 2011).

Em um dos trabalhos do PURA USP foi verificado um elevado desperdício de água durante o processo de destilação. Constatou-se que, na cidade universitária, existem cerca de 240 destiladores que participam por uma perda de aproximadamente 3000 m³/mês. Foi constatada também a existência de uma perda que varia de 10 a 200 litros de água de resfriamento para cada litro de água destilada (SILVA, 2004).

Um estudo realizado por Nakagawa, Kiperstok e Esquerre (2009) levantou a geração de água destilada e de água perdida de um destilador de água em campo e comparou com as vazões fornecidas pelo fabricante. Constatou-se desse levantamento, que as vazões encontradas em loco são maiores que as vazões recomendadas pelo fabricante, extrapolando muito a vazão de água perdida. A Tabela 11 mostra dados fornecidos pelo fabricante do destilador de água da marca QUIMIS.

Tabela 11 – Rendimento de água destilada e consumo de água dos destiladores da marca QUIMIS

Marca	Modelo	Potência (W)	Água destilada (L/h)	Consumo de água (L/h)
QUIMIS	Q341-12	1800	2	120
QUIMIS	Q341-22	1800	2	120
QUIMIS	Q341-25	3500	5	200
QUIMIS	Q341-210	7000	10	240
QUIMIS	Q341P-230T	21000	30	450

Fonte: QUIMIS (2017)

Silva (2004) realizou em sua pesquisa a determinação da influência da variação da vazão de água de entrada e as variações das vazões correspondentes de água destilada e de água de resfriamento, além de suas temperaturas. O resultado deste levantamento mostrou que existe uma pequena influência da vazão de água de entrada e consequentemente da de resfriamento na vazão de água destilada produzida. Dessa maneira, concluiu-se que há uma possibilidade de se aumentar a eficiência do sistema a partir da redução da vazão de água de entrada em vários casos, ocorrendo assim uma diminuição do consumo de água.

Portanto, é de se destacar que o consumo de água dos laboratórios dos Institutos de Química é elevado, devido aos processos que ocorrem, como lavagem de vidraria e destilação, e também aos seus próprios equipamentos consumidores de água. Dessa maneira, um programa de reutilização de água nas IES se justifica como de grande relevância, pois estará contribuindo com o meio ambiente sustentável e com a sociedade.

CAPÍTULO 3

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

3.1 MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

A cidade de Uberlândia tem uma população estimada em 604.013 habitantes e possui uma área em torno de 4.115,206 km² de acordo com o último censo de 2010 (IBGE, 2010). Este município que foi fundado em 1888, é a maior cidade do Triângulo Mineiro e ocupa a segunda posição de pólo econômico de Minas Gerais. Este está situado em áreas do cerrado mineiro e encontra-se interligado por ferrovia, rodovias e fluxo aéreo. A cidade está a 550 km da capital Belo Horizonte/MG, 430 km de Brasília/DF, 360 km de Goiânia/GO e 590 km de São Paulo/SP (UFU, 2016a).

O clima da cidade de Uberlândia é tropical, caracterizado por um verão úmido com chuvas recorrentes entre novembro e abril. Já o inverno é seco no período de maio a outubro com tempo estável, aquecimento diurno, resfriamento noturno e céu limpo. A precipitação média por ano gira em torno de 1576,8 mm e as médias das temperaturas variam em torno de 24,7°C no verão e de 18,8°C no inverno (UFU, 2016a). A Figura 10 mostra a localização de Uberlândia no estado.

Figura 10 – Localização da cidade de Uberlândia no estado de Minas Gerais

Fonte: UFU (2016a)

3.2 CAMPUS SANTA MÔNICA

A Universidade Federal de Uberlândia é uma fundação pública integrante da Administração Federal Indireta e foi fundada em 1969, mas foi federalizada em 1978. A UFU é constituída por sete campi, sendo quatro em Uberlândia, um em Ituiutaba, Monte Carmelo e Patos de Minas. Em Uberlândia encontram-se os seguintes campus: Umuarama, Educação Física, Glória e o Santa Mônica que é o objeto deste estudo (UFU, 2016b).

O campus Santa Mônica encontra-se na zona leste da cidade de Uberlândia, no bairro Santa Mônica mais especificamente na latitude $-18^{\circ}55'$, longitude de $-48^{\circ}15'$ e altitude de 863 m, ocupando uma área de aproximadamente 280.119 m². Nele, se encontra a Reitoria e alguns órgãos administrativos sendo considerado um campus sede. Este campus oferece cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de ciências humanas, ciências sociais aplicadas, ciências exatas e da terra, engenharias e artes, sendo que são 41 cursos de graduação. O referido campus está estruturado em 67 blocos (Figura 11), dos quais a relação abaixo é de laboratórios (UFU, 2016c):

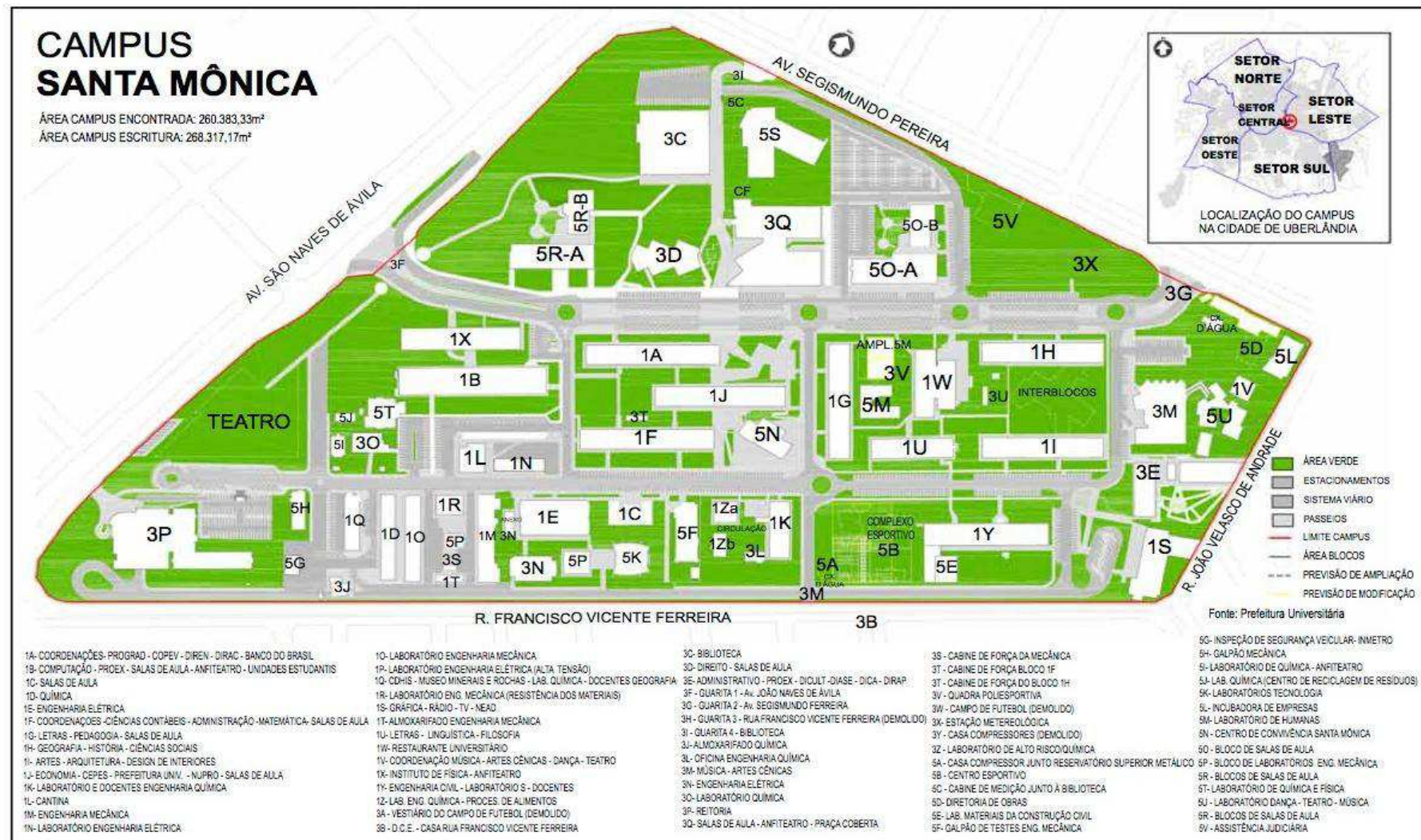
- Bloco 1K: Laboratório Engenharia Química e Docentes;
- Bloco 1N: Laboratório Engenharia Elétrica;
- Bloco 1O: Laboratório Engenharia Mecânica;
- Bloco 1P: Laboratório Engenharia Elétrica (Alta Tensão);

- Bloco 1Q: Museo Minerais e Rochas – Docentes Geografia;
- Bloco 1R: Laboratório Engenharia Mecânica (Resistência dos Materiais);
- Bloco 1D: Laboratórios Química;
- Bloco 1Y: Laboratório Engenharia Civil e Docentes;
- Bloco 1Z (1ZA e 1ZB): Laboratório Engenharia Química - Processamento de Alimentos;
- Bloco 3O: Laboratórios Química;
- Bloco 3Z: Laboratório de Alto Risco/Química;
- Bloco 5E: Laboratório Materiais da Construção Civil;
- Bloco 3Q: Laboratórios informática e salas de aula;
- Bloco 5I: Laboratório de Química – Anfiteatro;
- Bloco 5J: Laboratório de Química (Centro de Reciclagem de Resíduos);
- Bloco 5K: Laboratórios Tecnologia (parte dele tem Laboratório de Química e Engenharia Química);
- Bloco 5M: Laboratórios de Humanas
- Bloco 5P: Laboratórios Engenharia Mecânica;
- Bloco 5T: Laboratório de Química e Física;
- Bloco 5U: Laboratório Dança, Teatro e Música.

Como é possível notar existem 20 Blocos com laboratórios distribuídos pelo campus. Destes 20, 6 Blocos de laboratórios pertencem a Química e 2 a Engenharia Química.

O campus Santa Mônica conta ainda com o Laboratório de Resíduos Químicos – LRQ com aproximadamente 100 m² situado no Bloco 5J. Este laboratório está apto a receber para armazenamento os resíduos químicos provenientes das atividades acadêmicas da UFU contribuindo para a não contaminação do meio ambiente. A equipe do LRQ juntamente com a Diretoria de Sustentabilidade Ambiental – DIRSU elaboraram o Manual para Gerenciamento de Resíduos Químicos da UFU auxiliando, dessa forma, o descarte adequado dos resíduos químicos (UFU, 2016d).

Figura 11 – Croqui do campus Santa Mônica



Fonte: UFU (2016c)

Em busca de uma Política Ambiental mais efetiva na UFU, Coelho; Maragno e Burjaili (2016) levantaram os resíduos sólidos ativos e passivos gerados na UFU por setor. Foram levantados resíduos comuns, como papel, papelão e copos descartáveis, resíduos de poda e varrição, resíduos da construção civil, radioativos, resíduos de serviços de saúde e resíduos químicos. A seguir serão mostradas quais as unidades relativas ao campus Santa Mônica, daquelas que informaram sobre seus resíduos, foram identificadas com a presença de resíduos sólidos químicos (COELHO; MARAGNO; BURJAILI, 2016).

- FECIV – Faculdade de Engenharia Civil;
- FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica;
- FEMEC – Faculdade de Engenharia Mecânica;
- FEQUI – Faculdade de Engenharia Química;
- INFIS – Instituto de Física;
- INHIS – Instituto de História;
- IQUFU – Instituto de Química da UFU.

A Universidade Federal de Uberlândia implantou em 2012 a Resolução nº 26, que estabelece a Política Ambiental da UFU. Nesta Resolução, o Artigo 2 destaca, que a Política Ambiental é um conjunto de princípios e diretrizes, que tem o intuito de implantar ou alterar ações da instituição possibilitando o desenvolvimento sustentável da referida universidade e da sociedade.

A Política Ambiental da UFU tem como objetivos:

I - implementar e desenvolver a gestão ambiental, incorporando-a no planejamento institucional; II - prevenir danos ambientais no desenvolvimento de suas atividades; III - promover a educação ambiental, desenvolvendo uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, incorporando a ética ambiental em todas as suas atividades; IV - difundir tecnologias de manejo do meio ambiente, divulgar dados e informações ambientais e formar uma consciência pública ambiental; V - estabelecer comunicação e interação permanentes com a comunidade interna e externa, promovendo sua participação ativa na gestão ambiental, em um processo participativo, contínuo e permanente; VI - promover a integração, intercâmbio e cooperação permanentes em assuntos e atividades relacionados ao meio ambiente, com outras instituições públicas e privadas e com a sociedade em

geral; VII - usar e ocupar de forma ambientalmente adequada os seus espaços físicos, com a consideração de variáveis ambientais nos projetos de expansão, obras e atividades de operação e manutenção nos campi; e VIII - internalizar as questões ambientais em todas as atividades acadêmicas e administrativas da UFU. (UFU, 2012).

Percebe-se, deste modo, que a Política Ambiental da UFU traz medidas ambientalmente sustentáveis, justificando assim a implantação de programas ambientais bem como de um programa de reúso de água.

CAPÍTULO 4

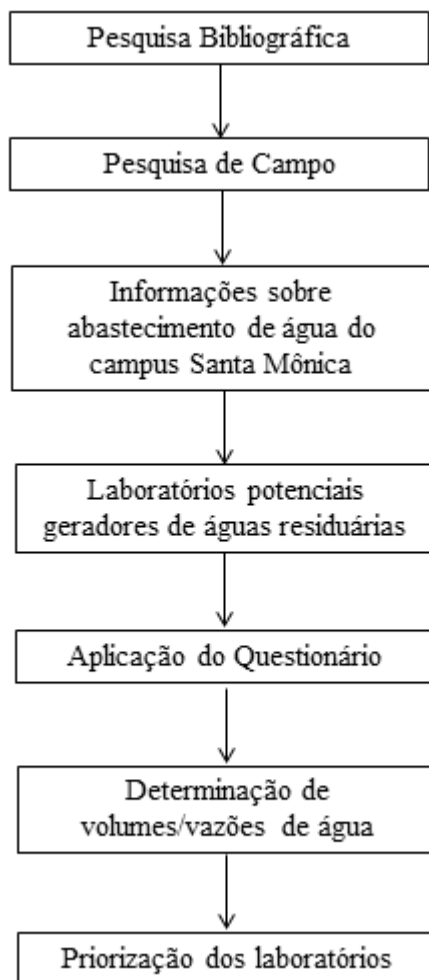
METODOLOGIA

4 INTRODUÇÃO A METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho teve como embasamento a pesquisa do tipo exploratória, envolvendo a pesquisa bibliográfica e um estudo de caso no campus Santa Mônica. A Figura 12 apresenta um fluxograma com as principais etapas de trabalho da pesquisa.

Segundo Gil (2002), pesquisa bibliográfica é aquela realizada por meio de consulta a material já elaborado, como por exemplo, artigos científicos e livros. Yin (2001) descreve como estudo de caso aquele em que surgem as perguntas do tipo “por que” e “como” e também quando o pesquisador não tem controle sobre os eventos que ocorrem e os fatos pesquisados são atuais fazendo parte de um contexto da vida real. A Pesquisa Bibliográfica deste trabalho está detalhada no Capítulo 2.

O presente trabalho avaliou a possibilidade de reutilização de águas residuárias de laboratório provenientes da lavagem de vidraria e da água de resfriamento da destilação, para posterior utilização nas formas de reúso urbano não potável, mais especificamente em irrigação de gramados, lavagens de pisos e descargas sanitárias. Dessa maneira, foi realizado um levantamento quantitativo e qualitativo em laboratórios que fazem análises químicas no campus Santa Mônica da UFU.

Figura 12 – Fluxograma das etapas de trabalho

Fonte: Autora (2017)

O levantamento qualitativo constou de informações sobre o abastecimento de água do campus Santa Mônica através de consultas às diretorias responsáveis, de visitas aos laboratórios e aplicação de questionários para se obter, dentre outras informações, as substâncias químicas utilizadas nos mesmos. Para este levantamento foi considerada a Classe II da Resolução CONAMA nº 357/2005, conforme colocado anteriormente, com a finalidade de comparar as substâncias citadas no questionário com os padrões da referida Resolução. Já o levantamento quantitativo baseou-se na determinação do consumo de água per capita do processo de lavagem de vidraria dos laboratórios de ensino e pesquisa do campus em estudo e da vazão de água perdida do processo de destilação.

4.1 Pesquisa de Campo

A Pesquisa de Campo é uma investigação *in loco*, que focaliza uma comunidade de trabalho, estudo, lazer ou qualquer outra atividade humana. Este tipo de pesquisa baseia-se na observação das atividades do grupo estudado, e por meio de entrevistas para coleta das informações necessárias (GIL, 2002).

A Pesquisa de Campo foi realizada em laboratórios de ensino e pesquisa do campus Santa Mônica da UFU e dessa forma, foi necessário um pré-levantamento sobre informações do campus necessárias à ela, uma etapa preliminar de identificação dos laboratórios mais consumidores de água, aplicação de questionários e levantamento das vazões de água.

4.1.1. Informações sobre abastecimento de água do campus Santa Mônica

Antes de iniciar a identificação dos laboratórios foi realizado um pré-levantamento juntamente a Prefeitura Universitária, mais especificamente nas Diretorias de Sustentabilidade Ambiental (DIRSU), de Infraestrutura (DIRIE), de Execução Física (DIEFI) e de Administração e Controle Acadêmico (DIRAC) do campus Santa Mônica. Este pré-levantamento buscou obter informações sobre o tipo de sistema de abastecimento do campus, consumo de água, existência de medição setorizada e de reservatórios nos prédios, mapas do campus, localização dos seus laboratórios (ANEXO A) e número de discentes, docentes e técnicos do campus.

O campus Santa Mônica é abastecido por poço profundo próprio e pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE). O levantamento do consumo de água foi realizado por meio de dados obtidos junto ao DMAE e também pela estimativa do consumo de água, considerando o número de ocupantes na universidade e a contribuição diária de esgoto para o tipo de ocupação estudada, e pela vazão fornecida pelo poço.

A estimativa do consumo de água foi realizada a partir do número de alunos, técnicos e professores fornecido pela DIRAC e da contribuição de esgoto diária considerando o tipo de ocupação escola, conforme a ABNT NBR 7229/1993. Como a NBR 7229/1993 fornece a contribuição diária de esgoto, deve-se multiplicá-la pelo número de alunos, professores e

técnicos e dividir este resultado pelo coeficiente de retorno para obter o consumo de água do campus. Para este cálculo de consumo de água, foi levantada também a vazão de contribuição do poço por meio de leituras semanais do hidrômetro pelo período de três meses. O levantamento do consumo de água, realizado por meio destes dois métodos, foi feito a fim de comparar os dados obtidos pelo DMAE e do levantamento em campo verificando diferenças e/ou semelhanças nos resultados.

4.1.2 Laboratórios potenciais geradores de águas residuárias

Foi realizada uma identificação preliminar dos laboratórios maiores consumidores de água, através de visitas *in loco* a cada laboratório potencialmente consumidor de água no campus Santa Mônica, selecionados através de uma listagem contendo todos os laboratórios do campus. Laboratórios que não utilizam água para suas atividades ou não realizam análises químicas foram excluídos da pesquisa. Nas visitas foram realizadas entrevistas com coordenadores de programas de pós-graduação, professores, alunos pesquisadores e responsáveis técnicos pelos laboratórios, sobre a utilização de água para lavagem de vidraria e geração de água destilada. Desta análise inicial foi possível identificar os laboratórios que utilizam água e, dessa forma, o seu possível potencial para reúso.

A visita aos laboratórios de ensino e pesquisa e a entrevista realizada com coordenadores, professores, alunos e técnicos teve o intuito de identificar os possíveis laboratórios com maior potencial de reúso no campus, de acordo com a utilização de água para lavagem de vidraria e geração de água destilada. A entrevista foi baseada nas questões do questionário, na qual foram levantados os seguintes temas:

- Frequência de aulas práticas e de pesquisas;
- Utilização de água em pesquisas e aulas práticas;
- Frequência de lavagem de vidraria nas aulas práticas e pesquisas;
- Identificação dos laboratórios que consomem água em seus processos.

4.1.3 Aplicação do Questionário

Após a identificação dos Laboratórios potenciais geradores de águas residuárias, foi realizada a aplicação do questionário. Das 43 unidades consideradas como potenciais foi

possível a aplicação em 39 laboratórios, tendo como respondentes alunos e técnicos. O questionário teve o objetivo de identificar os principais resíduos químicos utilizados nos laboratórios, que dessa forma podem estar presentes nos efluentes e também de identificar os maiores consumidores de água com base no número de equipamentos que utilizam água para suas atividades.

O questionário foi elaborado para levantar dados como:

- Número de pessoas que trabalham no laboratório (iniciação científica, mestrado, doutorado, pós-doutorado);
- Tipos de segregações de resíduos existentes;
- Destinação de resíduos gerados;
- Quantidade de destiladores e sua concentração nos laboratórios identificados como potenciais;
- Marca, modelo e potência de destiladores;
- Frequência de uso de destiladores;
- Quantidade de equipamentos como deionizadores, osmose reversa, refrigeração, ultrafiltração;
- Classificação do consumo de água no laboratório (alto/médio/baixo);
- Ocorrência de lavagem de vidraria e equipamentos;
- Substâncias/reagentes químicos que são utilizados no laboratório.

O questionário encontra-se no **APÊNDICE A**, sendo o mesmo constituído de nove questões abertas e fechadas. Por meio do questionário foram levantados os principais equipamentos consumidores de água dos laboratórios, bem como suas quantidades, e as substâncias químicas utilizadas nos mesmos. A partir das substâncias químicas informadas foi realizada a identificação dos resíduos potencialmente perigosos para os usos propostos, através de uma lista contendo informações sobre produtos químicos da CETESB, e posterior comparação com os padrões da Classe II da Resolução CONAMA nº 357/2005. As substâncias químicas citadas no Questionário foram correlacionadas com os seus respectivos laboratórios e organizadas em Tabelas.

Para o processo de lavagem de vidraria e de destilação, focos deste trabalho, foi levantada através do questionário a sua frequência de ocorrência e também a utilização de

equipamentos de purificação da água como deionizadores e osmose reversa, já que são aparelhos que consomem água em suas atividades, embora em menor quantidade.

Com as respostas obtidas do questionário e também pelas observações feitas durante as visitas, foi realizada a classificação dos laboratórios potencialmente consumidores de água nas categorias alto, médio e baixo consumo. Esta classificação foi feita em função do número de equipamentos de uso específico da água, frequência de lavagem de vidraria e consumo de água informados, e também com base nas observações realizadas durante as visitas, tendo por base a frequência de utilização da pia para lavagens de vidraria.

4.1.4 Consumo de água dos laboratórios de ensino e pesquisa

Nessa etapa, o objetivo foi estimar o volume de água que os laboratórios potenciais consomem nos processos de lavagem de vidraria e destilação de água. O consumo de água nos laboratórios acadêmicos pode ser afetado devido a diversas variáveis, como: manipulação da torneira, pressão, tipo de aula prática, quantidade de alunos e época do ano, sendo assim, o volume determinado é uma estimativa.

A estimativa de volume de água gasto em um mês no processo de destilação de água foi feita a partir de dados obtidos do questionário aplicado, como:

- Marca, modelo e potência do destilador;
- Quantidade de destiladores;
- Frequência de utilização;
- Vazão de água destilada e vazão de água descartada.

O volume de água descartada foi obtido através do produto da vazão de água descartada, tempo de funcionamento diário, número de dias de funcionamento no mês e pela quantidade de destiladores. Com base nas observações das atividades rotineiras dos laboratórios foi estimado um tempo diário de funcionamento dos destiladores em torno de 8 horas.

Já a estimativa de consumo de água utilizada na lavagem de vidraria foi realizada por meio de medição em campo através do Método Volumétrico, a partir do registro das vazões das

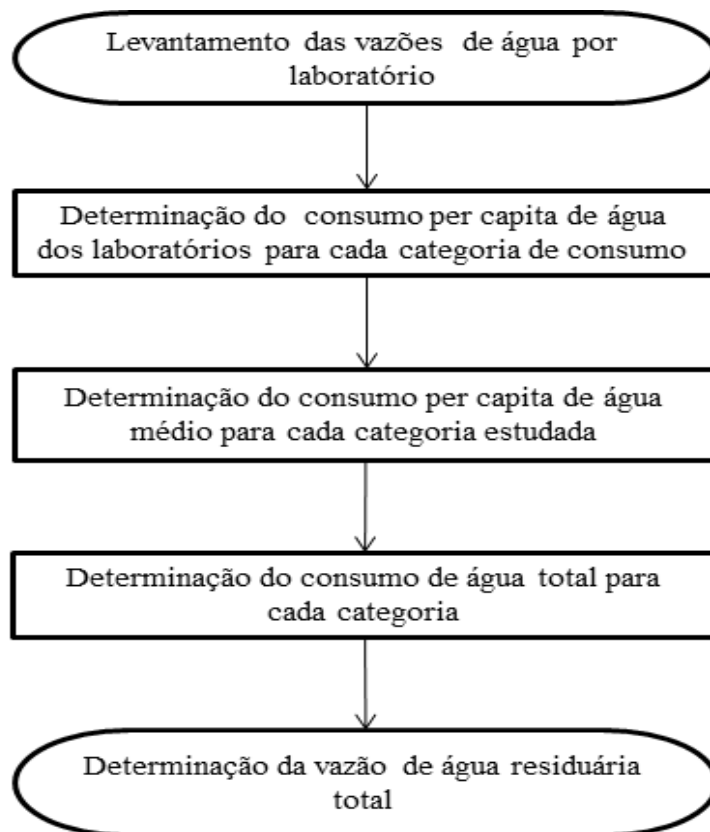
torneiras e do tempo em que a torneira permanece aberta durante as lavagens, permitindo a determinação do volume de água utilizado no dia. A partir da classificação feita na etapa anterior, alto, médio e baixo consumo, foram escolhidos aleatoriamente três laboratórios de cada categoria para o levantamento de vazões/volumes de água. Para este levantamento, pelo menos um dos laboratórios pesquisados de cada categoria era de ensino.

O levantamento do volume de água foi realizado em dias aleatórios da semana em cada laboratório escolhido pelo período de três dias, identificados no questionário como dia de maior consumo. Deste levantamento foram colhidas as seguintes informações:

- Número de alunos que lavaram vidrarias no dia;
- Número de alunos que frequentaram o laboratório no dia;
- Número total de alunos da turma;
- Tempo em que as torneiras permaneceram abertas durante a lavagem;
- Vazões das torneiras a cada lavagem.

A partir desses dados foi possível determinar o consumo per capita de água do processo de lavagem para cada laboratório de sua respectiva categoria, através da média ponderada entre as vazões e o número de alunos que frequentaram o laboratório no dia. A determinação do per capita médio de cada categoria foi realizada através da média aritmética do per capita de água dos laboratórios estudados. Já o consumo de água total de cada categoria estudada foi obtido através do produto do per capita médio pelo número de alunos dos laboratórios obtido através do questionário (**APÊNDICE A**) e pela DIRAC. Dessa maneira, foi possível obter a vazão de água residuária total através do somatório da vazão de água residuária obtida de cada categoria. A Figura 13 apresenta as etapas desse levantamento descrito. No **APÊNDICE B** encontra-se a folha de registro que foi utilizada para o levantamento dos volumes de água utilizada nas lavagens.

Figura 13 – Fluxograma das etapas do levantamento do consumo de água total dos laboratórios do processo de lavagem de vidraria



Fonte: Autora (2017)

4.1.5 Priorização dos laboratórios

A priorização foi realizada com base nas respostas obtidas do questionário definido na Etapa 4.1.3 e nos volumes de águas levantados, conforme descrito na Etapa 4.1.4.

Para a priorização sob aspectos qualitativos, foram analisadas substâncias químicas citadas no questionário, sendo elaborado um Quadro resumo (Quadro 10) com as substâncias consideradas potencialmente perigosas aos usos propostos. A análise das substâncias citadas foi realizada tendo por base a lista de identificação de produtos químicos da CETESB. Em relação ao aspecto quantitativo, foi elaborada a Curva ABC ou Diagrama de Pareto das vazões de água levantadas no processo de lavagem de vidraria e, assim, a identificação dos laboratórios com maior potencial para reúso, responsáveis pelo maior consumo de água.

De acordo com Banas (2017), a Curva ABC distribui a frequência de ocorrência de determinado evento, da maior para a menor, permitindo assim, a identificação e priorização de problemas. Já para Bezerra (2014), as empresas selecionam prioridades através dessa curva quando existe um grande número de problemas, pois a estratificação por meio do Diagrama de Pareto utiliza-se da estatística para tomada de decisão. Ainda para Bezerra os itens mais importantes de um grupo normalmente representam uma pequena proporção do total. Assim, verificou-se que os laboratórios com maior potencial para reúso, ou seja, com maior vazão acumulada representam pequena parte do total de laboratórios.

A Curva ABC vem sendo utilizada pela CETESB há longo tempo para priorização do controle de fontes de poluição (CAMPOS e ONISHI, 1975) e foi utilizada por Salvador, Figueiredo e Machado (2008) para priorização dos laboratórios geradores de resíduos químicos do Campus de São Carlos da UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. Nesse trabalho, chegou-se a conclusão de que apenas 4 laboratórios dentre 50 pesquisados respondiam pela geração em peso de cerca de 71% dos resíduos químicos daquele Campus.

Para a construção da Curva ABC foi necessário o levantamento do número de alunos frequentadores dos laboratórios em um determinado dia de aula, assim, esse número foi obtido pelo questionário, e quando não possível, a partir de dados fornecidos pela DIRAC ou ainda de visita nesses laboratórios. A DIRAC forneceu extensas planilhas com a relação de dados mostrados no Quadro 6.

Quadro 6 – Formato planilhas fornecidas pela DIRAC

Campus	Ano	Período	Quantidade de alunos	Bloco	Dia_Semana	Capacidade	Nome_Sala	Cod_Disciplina	Nome_Disciplina
Campus Santa Mônica	2017	1º Semestre	13	1B	2Seg	80	1B 102	GCI015	Resistência dos Materiais I
Campus Santa Mônica	2017	1º Semestre	9	1B	2Seg	80	1B 102	GCI015	Resistência dos Materiais I
Campus Santa Mônica	2017	1º Semestre	19	1B	2Seg	80	1B 102	GCI015	Resistência dos Materiais I
Campus Santa Mônica	2017	1º Semestre	16	1B	2Seg	80	1B 102	GCI015	Resistência dos Materiais I
Campus Santa Mônica	2017	1º Semestre	56	1B	2Seg	80	1B 102	GCI019	Cálculo Diferencial e Integral III
Campus Santa Mônica	2017	1º Semestre	48	1B	2Seg	80	1B 102	GCI022	Resistência dos Materiais II

Fonte: DIRAC (2017)

Para os laboratórios de pesquisa, que se abstiveram de responder o questionário ou para aqueles que não entregaram o mesmo, o número de alunos foi obtido através de entrevista realizada nos laboratórios baseada nas questões do questionário. Já para os laboratórios de ensino, esse número foi obtido a partir da relação de disciplinas, bloco, sala e quantidade de alunos fornecidos pela DIRAC, a partir da escolha de um determinado dia de aula. As disciplinas oferecidas foram levantadas durante o levantamento *in loco* das vazões de água residuárias do processo de lavagem de vidraria.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5 RESULTADOS

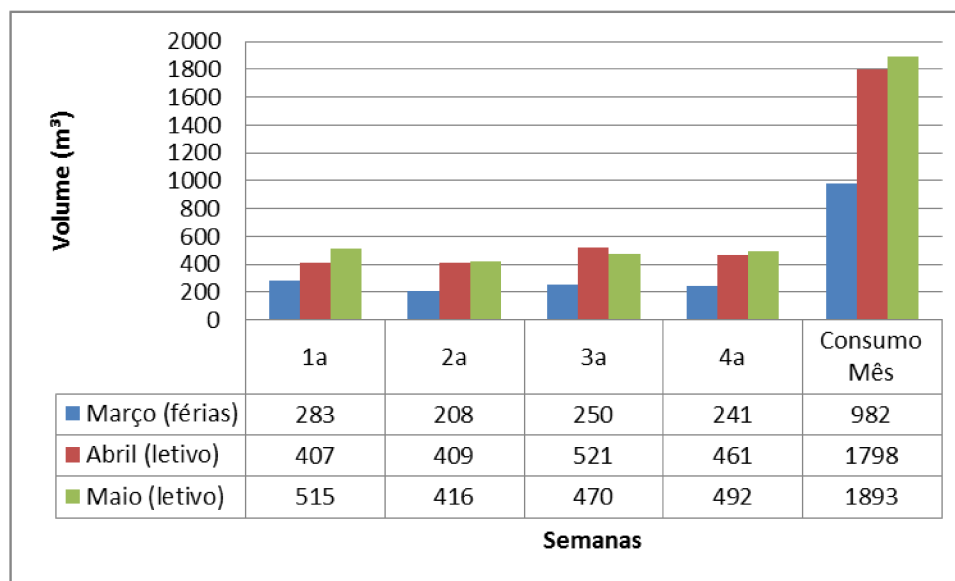
Este capítulo apresenta os resultados nos aspectos quantitativos e qualitativos obtidos para as fases descritas na metodologia, com a descrição dos dados levantados e discussão dos resultados a partir da pesquisa de campo e do questionário aplicado.

5.1 Abastecimento de água do campus Santa Mônica

O diagnóstico inicial, como descrito na metodologia, foi realizado através de dados obtidos juntamente a DIRSU, DIRIE, DIEFI e DIRAC do campus Santa Mônica. A DIEFI informou que o sistema de abastecimento do campus é misto, através de 5 poços profundos próprios, onde somente um deles é hidrometrado e encontra-se em funcionamento, e pela rede de abastecimento da concessionária pública de Uberlândia – DMAE.

A DIEFI comunicou também que não se sabe qual a vazão fornecida pelo poço que se encontra em funcionamento; dessa maneira o volume de água foi registrado por meio de leituras semanais do hidrômetro instalado no poço pelo período de três meses. A Figura 14 apresenta os volumes semanais em m³ obtidos por meio da leitura do hidrômetro realizada nos meses de março, abril e maio.

Figura 14 – Volumes de água semanais fornecido pelo poço do campus Santa Mônica nos meses de março, abril e maio de 2017



Fonte: Autora (2017)

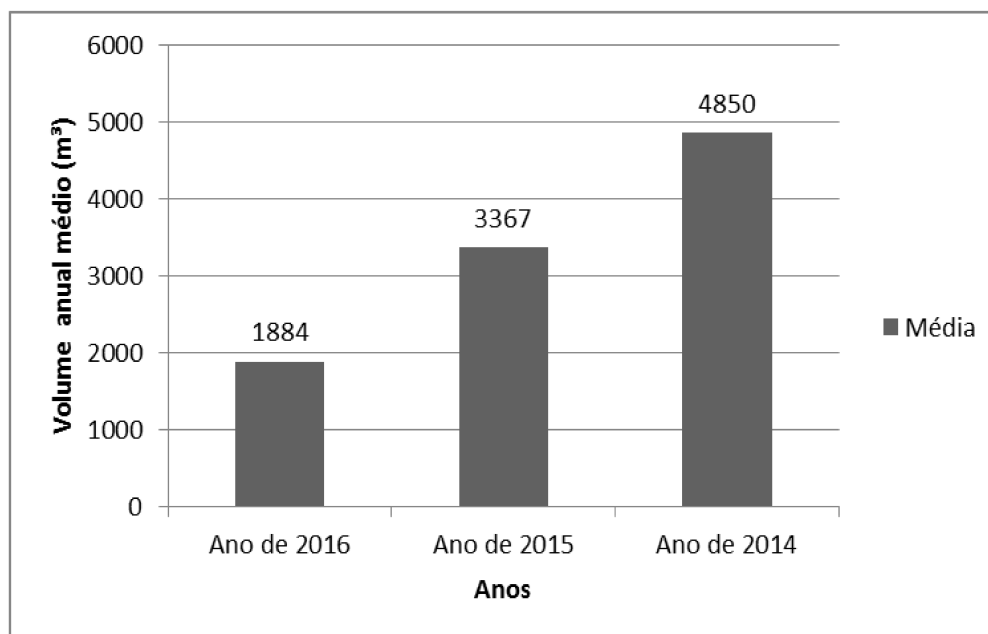
O volume semanal médio de água fornecido pelo poço varia em torno de 246 m³ semanais durante o mês de férias contra 473 m³ dos meses letivos, notando-se, dessa forma, um acréscimo de quase 50% do volume de água no período de ocorrência de aulas. Assim, o fornecimento mensal de água do poço em período de aulas gira em torno de 1800 m³.

No campus Santa Mônica não existe medição setorizada de água por hidrômetros nos edifícios, não sendo possível, desse modo, indicar de forma precisa os maiores consumidores de água do campus. A DIRIE informou também que não existem dados sobre o número de reservatórios dos prédios do campus, já que a maioria destes é alimentada pela rede principal e somente alguns dos prédios mais novos possuem reservatórios. O Instituto de Química foi diagnosticado com reservatórios em todos os seus blocos (3O, 5I, 1D e 5T), porém desconhece-se as suas capacidades, conforme plantas analisadas junto a DIRIE.

A universidade não possui dados sobre o volume de água mensal fornecido pela rede principal do DMAE para o campus Santa Mônica, apresentando somente faturas de água consolidadas, ou seja, de todos os *campi* da UFU em Uberlândia. Dessa maneira, o consumo de água mensal gasto no campus Santa Mônica foi obtido com a concessionária

de abastecimento público. A Figura 15 apresenta o consumo médio de água dos anos de 2014, 2015 e 2016 do campus Santa Mônica fornecido pelo DMAE.

Figura 15 – Consumo médio de água dos anos de 2014, 2015 e 2016 no campus Santa Mônica



Fonte: DMAE (2017)

A Figura 15 apresenta que o volume mensal médio de água fornecido pelo DMAE, considerando os três anos levantados, está em torno de 3367 m³. O consumo médio de água total para o campus Santa Mônica deve levar em consideração a contribuição do poço; dessa forma, o consumo médio mensal está em torno de 5170 m³ para o período letivo. Portanto, o consumo médio diário em um mês letivo, considerando 20 dias, é cerca de 260 m³.

Através da DIRAC foi possível obter o número atual de alunos da graduação, pós-graduação, técnicos e professores do campus Santa Mônica. A Tabela 12 mostra essa relação.

Tabela 12 – Relação do número de discentes, docentes e técnicos do campus Santa Mônica - UFU em 2017

Categoria	Número
Graduação	12401
Pós-graduação	3009
Técnicos	910
Docentes	1041
Total	17361

Fonte: DIRAC (2017)

Pode-se observar que a população atual do campus Santa Mônica é de 17361 pessoas, considerando discentes, docentes e técnicos. A ABNT NBR 7229/93, que dispõe sobre Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, coloca que a taxa de contribuição de esgoto diária, considerando a tipologia prédio com ocupação temporária é de 50L/dia por pessoa.

Assim, a estimativa de geração de água residuária para este campus é de 868,1 m³/dia. Já o consumo de água atualmente do campus é de 1.085,1 m³/dia, considerando o coeficiente de retorno água/esgoto de 0,8. Considerando então, um consumo mensal de 20 dias, o consumo de água estimado do campus estudado é cerca de 21.701,0 m³. As faturas mensais de água chegam a valores da ordem de R\$ 120.000,00, como é o caso da fatura fornecida pela DIRSU relativa ao mês de março do ano de 2017, com cobrança de R\$ 126.441,43.

O consumo de água fornecido pelo DMAE e o consumo de água levantado a partir do per capita da ABNT NBR 7229/93, que foram obtidos resultados diferentes, com 260 m³/dia contra 1085 m³/dia respectivamente. Esta elevada discrepância denota-se pelo fato, principalmente, do campus em estudo não possuir hidrômetros em suas edificações, impossibilitando o levantamento real do consumo de água. Pelo exposto, o consumo considerado foi o maior obtido.

A partir das informações colhidas, pode-se observar que a universidade ainda é incipiente nas questões sustentáveis relativas à diminuição do desperdício de água. A implantação de hidrômetros nos edifícios e o armazenamento de informações sobre o consumo de água são importantes para o controle do consumo de água. Estas medidas possibilitariam melhores

mecanismos de implantação de programas de uso racional da água, cujo primeiro passo é a identificação dos maiores consumidores de água.

5.2 Laboratórios potenciais geradores de águas residuárias

Alguns laboratórios, como por exemplo, de Humanas e de Dança, Música e Teatro e Engenharia Elétrica não foram identificados como potenciais geradores de águas residuárias, já que não foi constatada utilização de água em processos de lavagem de vidraria e nem equipamentos consumidores de água como destiladores. As unidades identificadas como potenciais consumidoras são mostradas no Quadro 7.

Quadro 7 – Unidades/setores identificadas como potenciais geradoras de águas residuárias

Bloco	Instituto/Faculdade
3O	Química
1D	Química
5K	Química/Engenharia Química
5T	Química
5I	Química
1Y	Engenharia Civil
1K	Engenharia Química
1Z	Engenharia Química
1H	Geografia
Total de unidades	9

Fonte: Autora (2017)

Após a identificação das unidades maiores consumidoras de água foi realizado outro levantamento dos laboratórios potenciais geradores de águas residuárias desses setores. Os laboratórios considerados como potenciais são aqueles que utilizam água com certa frequência para lavagem de vidraria e que possuem destiladores de água, conforme observado nas visitas realizadas aos laboratórios. A designação de potenciais consumidores de água, considerando os destiladores de água relaciona-se, como mencionado anteriormente por Antoniosi (2011), ao consumo elevado de água desses equipamentos no processo da destilação de água. O Quadro 8 apresenta os laboratórios considerados como potenciais geradores de águas residuárias.

Quadro 8 – Laboratórios identificados como potenciais geradores de águas residuárias

Institutos/Faculdades	<i>IQ</i>	<i>FEQ</i>	<i>FECIV</i>	<i>INGEO</i>
Laboratórios	Ensino: 1D01,1D02,1D03, 1D04,1D05, QAN, FISQUI, QINOR, AINST.	Ensino: 1K01,1K02,1K03,1K04, 1K05,1K06.	Misto:LABSAN	Misto:LAGES
	Pesquisa: DIAAQ, LAFOT, ESP,PNANO, SING, NUPE,QAMB, NUPPEN, POL.	Pesquisa: PSEP,1Za1,1Za2,1Za3,1Za4,1 Za5,1Zb101, 1Zb102, 1Zb103, 1Zb104, 1Zb110,1Zb111,1Zb112, BIOQ1,BIOQ2,BIOQ3, BIOQ4.		
Total de laboratórios	18	23	1	1

IQ: Instituto de Química, **FEQ:** Faculdade de Engenharia Química, **FECIV:** Faculdade de Engenharia Civil, **INGEO:** Instituto de Geografia, **QAN:** Química Analítica, **FISQUI:** Físico-Química, **QINOR:** Química Inorgânica, **AINST:** Análise Instrumental, **DIAAQ:** Análises Químicas, **LAFOT:** Fotoquímica, **ESP:** Espectroscopia Aplicada, **PNANO:** Filmes Poliméricos e Nanotecnologia, **SING:** Síntese Inorgânica, **NUPE:** Núcleo de Pesquisa em Eletroanalítica, **QAMB:** Química Ambiental, **NUPPEN:** Núcleo de Pesquisa em Produtos Naturais, **POL:** Polímeros, **PSEP:** Processo de Separação, **1Za:** Laboratórios de Catálise, **1Zb:** Laboratórios de Análises de Alimentos; **BIOQ:** Bioquímica, **LABSAN:** Laboratório de Saneamento, **LAGES:** Geomorfologia e Erosão dos Solos.

Fonte: Autora (2017)

Pode-se observar que foram identificados 43 laboratórios potenciais. O Bloco 1Y da Engenharia Civil apresentou somente um laboratório identificado como potencial, o laboratório de Saneamento (LABSAN). O Instituto de Geografia também contabilizou somente um laboratório significativo para a pesquisa. O Instituto da Química e a Faculdade de Engenharia Química são responsáveis por 95% dos laboratórios classificados como mais consumidores de água no campus Santa Mônica em uma análise inicial.

Foram notáveis as dificuldades encontradas no levantamento dos maiores consumidores de água no campus Santa Mônica da UFU, visto que os seus prédios não apresentam hidrometração. Pode-se observar também, que os indivíduos consumidores deste insumo não sabem quantificar o volume gasto de água nos seus processos, o que atualmente, devido à escassez de água potável enfrentada, não deveria ocorrer.

5.3 Aplicação do Questionário

Foram aplicados 39 questionários, mas 5 não foram entregues pelo respondente, sendo 1 do IQ e 4 da FEQ. Em 4 laboratórios não foi possível a aplicação devido a abstenção em

respondê-lo. Assim, o número de respondentes foi responsável por 79,1% dos questionários aplicados. A Tabela 13 mostra o número de questionários aplicados por Instituto/Faculdade.

Tabela 13 – Relação de número de questionários aplicados por Instituto/Faculdade

Instituto/Faculdade	Questionários aplicados
IQ	18
FEQ	19
FECIV	1
INGEO	1
Total	39

IQ: Instituto de Química, **FEQ:** Faculdade de Engenharia Química, **FECIV:** Faculdade de Engenharia Civil, **INGEO:** Instituto de Geografia.

Fonte: Autora (2017)

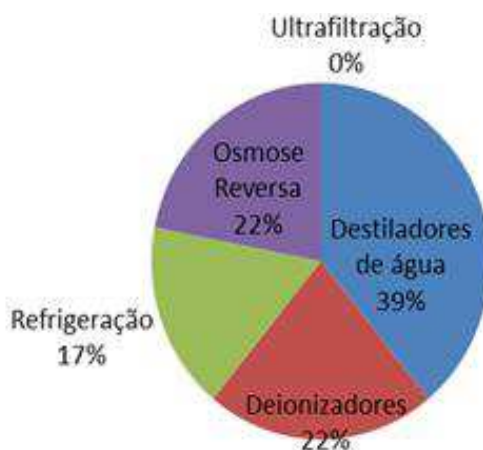
A partir das respostas obtidas pelo questionário aplicado, foi possível levantar o número de equipamentos de uso específico de água nos laboratórios. A Tabela 14 apresenta os equipamentos de uso específico de água dos Institutos de Química e Geografia e das Faculdades de Engenharia Química e Civil.

Tabela 14 – Equipamentos de uso específico da água nas unidades maiores consumidoras de água

EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO DA ÁGUA					
Instituto/Faculdade	Destiladores de água	Deionizadores	Refrigeração	Osmose Reversa	Ultrafiltração
IQ	14	7	7	7	0
FEQ	0	0	0	2	0
FECIV	1	1	0	0	0
INGEO	1	1	0	0	0
Total	16	9	7	9	0

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 14 mostra que o Instituto de Química é responsável por 88% dos destiladores de água dos setores considerados como maiores consumidores de água. Sabe-se que, conforme citado por Antoniosi, que os destiladores de água utilizam uma quantidade muito expressiva de água no processo da destilação. A Figura 16 mostra a distribuição percentual do número de equipamentos de uso específico da água nos laboratórios estudados.

Figura 16 – Equipamentos de uso específico da água nos laboratórios selecionados

Fonte: Autora (2017)

Nota-se que os equipamentos purificadores, que utilizam menos água em seus processos, como os deionizadores e osmose reversa, encontram-se em quantidade inferior em relação aos destiladores de água.

Com as respostas obtidas em relação aos equipamentos consumidores de água, lavagens de vidrarias e consumo de água e também pelas observações realizadas durante as visitas, foi feita a classificação dos laboratórios potenciais nas categorias alto, médio e baixo consumo de água. O Quadro 9 apresenta essa classificação.

Quadro 9 – Classificação dos laboratórios potenciais em alto, médio e baixo consumo de água

Instituto/Faculdade	Classificação dos Laboratórios		
	Alto	Médio	Baixo
IQ	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, 1D05, LAFOT, ESP, PNANO, SING, QAMB, POL.	FISQUI, QAN, QINOR, AINST, DIAAQ, NUPE, NUPPEN.	-
FEQ	BIOQ1, BIOQ2, BIOQ3, BIOQ4.	1Za1, 1Za2, 1Za3, 1Za4, 1Za5.	1K01, 1K02, 1K03, 1K04, 1K05, 1K06, 1Zb101, 1Zb102, 1Zb103, 1Zb104, 1Zb110, 1Zb111, 1Zb112, PSEP.
FECIV	-	-	LABSAN
INGEO	-	LAGES	-
Total	15	13	15

IQ: Instituto de Química, **FEQ:** Faculdade de Engenharia Química, **FECIV:** Faculdade de Engenharia Civil, **INGEO:** Instituto de Geografia, **QAN:** Química Analítica, **FISQUI:** Físico-Química, **QINOR:** Química Inorgânica, **AINST:** Análise Instrumental, **DIAAQ:** Análises Químicas, **LAFOT:** Fotoquímica, **ESP:** Espectroscopia Aplicada, **PNANO:** Filmes Poliméricos e Nanotecnologia, **SING:** Síntese Inorgânica, **NUPE:** Núcleo de Pesquisa em Eletroanalítica, **QAMB:** Química Ambiental, **NUPPEN:** Núcleo de Pesquisa em Produtos Naturais, **POL:** Polímeros, **PSEP:** Processo de Separação, **1Za:** Laboratórios de Catálise, **1Zb:** Laboratórios de Análises de Alimentos; **BIOQ:** Bioquímica, **LABSAN:** Laboratório de Saneamento, **LAGES:** Geomorfologia e Erosão dos Solos.

Fonte: Autora (2017)

Dos 43 laboratórios considerados como maiores consumidores de água do campus, a categoria alto consumo de água prevalece nos laboratórios do Instituto de Química e da Faculdade de Engenharia Química. Nota-se também, que o número de laboratórios classificados como de alto consumo representam cerca de 54% do total de laboratórios consumidores de água. A partir dessa listagem, foram escolhidos três laboratórios aleatoriamente de cada categoria, para o levantamento de vazões/volume de água dos laboratórios significativos.

Obtiveram-se também as substâncias utilizadas no laboratório, dando-se ênfase nas substâncias consideradas como perigosas. O **APÊNDICE C** mostra as principais substâncias químicas inorgânicas e orgânicas utilizadas nos laboratórios pesquisados.

5.4 Determinação de volumes/vazões de água nos laboratórios

A determinação dos volumes/vazões de água relacionou-se aos processos de destilação de água e de lavagem de vidraria. Foi realizada uma estimativa do volume de água gasto nos processos citados, já que as variáveis inerentes ao levantamento são inúmeras.

5.4.1 Estimativa do volume de água gasto no processo de destilação de água no campus Santa Mônica

Na falta de dados suficientes de vazão de água perdida, esta foi obtida mediante consulta ao catálogo do fabricante. A Tabela 15 apresenta a marca dos destiladores informados nos questionários, bem como as vazões de água descartada e de destilação.

Tabela 15 – Relação de destiladores e suas vazões de água destilada e água descartada conforme questionários por blocos

Bloco	Marca	Modelo	Potência (W)	Quantidade	Vazão destilada (L/h)	Vazão descartada (L/h)	Frequência de utilização
1D	FANEM	724	1600	5	5	-	Diariamente
1D	QUIMIS	Q 341-25	3500	1	5	200	2 vezes por semana
5I	QUIMIS	Q 341-22	1800	1	2	120	1 vez por semana
5K	BIOPAR	BD 10L	7000	1	10	-	3 vezes por semana
5K	MARTE	MB 1002	1800	1	2,5	50	1 vez por semana
3O	GEHAKA	O510L7	-	1	-	-	Diariamente
3O	QUIMIS	Q 341-25	3500	1	5	200	Diariamente
5T	BIOPAR	BD 10L	7000	3	10	-	1 vez por semana
1Y	BIOMATIC	-	-	1	5	-	2 vezes por semana
1H	QUIMIS	Q 341-210	7000	1	10	240	Mensalmente

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 15 mostra que a vazão de água descartada é considerável. Algumas vazões de água descartada por alguns destiladores não foram informadas e também não foram encontradas nos seus respectivos catálogos de fabricação. Dessa maneira, foram levantadas em campo as vazões de água destilada e de água descartada durante o processo de destilação. A Tabela 16 apresenta o resultado dessas vazões.

Tabela 16 – Vazões de água destilada e água descartada medidas *in loco*

Bloco	Marca	Modelo	Potência (W)	Vazão destilada (L/h)	Vazão descartada (L/h)
1D	FANEM	724	1600	3,1	82,0
5K	BIOPAR	BD 10L	7000	8,2	310,0
3O	GEHAKA	O510L7	-	2,3	74,0
5T	BIOPAR	BD 10L	7000	9,1	318,0
1Y	BIOMATIC	-	-	1,9	62,0

Fonte: Autora (2017)

As vazões de água destilada e descartada medidas em campo (Tabela 16) são diferentes daquelas informadas no questionário ou até mesmo do catálogo de fabricantes. A vazão de água perdida levantada é considerável, caracterizando um significativo consumo de água. A Tabela 17 apresenta o resultado da vazão mensal de água descartada pelos destiladores.

Tabela 17 – Vazão de água perdida mensalmente pelo processo de destilação de água

Marca	Modelo	Quantidade	Vazão destilada (L/h)	Vazão descartada (L/h)	Frequência de utilização	Vazão descartada mensal (L/mês)
FANEM	724	5	3,1	82,0	Diariamente	65600
QUIMIS	Q 341-25	1	5,0	200,0	2 vezes por semana	12800
QUIMIS	Q 341-22	1	2,0	120,0	1 vez por semana	3840
BIOPAR	BD 10L	1	8,2	310,0	3 vezes por semana	29760
MARTE	MB 1002	1	2,5	50,0	1 vez por semana	1600
GEHAKA	O510L7	1	2,3	74,0	Diariamente	11840
QUIMIS	Q 341-25	1	5,0	200,0	Diariamente	32000
BIOPAR	BD 10L	3	9,1	318,0	1 vez por semana	30528
BIOMATIC	-	1	1,9	62,0	2 vezes por semana	3968
QUIMIS	Q 341-210	1	10,0	240,0	Mensalmente	1920

Fonte: Autora (2017)

A vazão de água descartada durante o processo de destilação alcança o valor de 193,9 m³/mês para 16 destiladores verificados, enquanto no estudo de Silva (2004) foi constatado que 240 destiladores respondem por uma perda de aproximadamente 3000 m³/mês.

5.4.2 Volume per capita de água consumido no processo de lavagem de vidraria em laboratórios do Campus Santa Mônica

A partir da classificação nas categorias baixo, médio e alto consumo de água realizada na Etapa 5.3, foram escolhidos aleatoriamente três laboratórios de cada categoria para o levantamento de vazões/volume de água durante três dias de funcionamento dos mesmos. Os laboratórios escolhidos aleatoriamente foram: 1D01, LAFOT, QAMB, DIAAQ, LAGES, QAN, PSEP, LABSAN e 1K03. A Figura 17 ilustra as vidrarias em banho estático e enxaguadas, durante um levantamento das vazões.

Figura 17 – Vidraria no Laboratório de Química Ambiental do Campus Santa Mônica

Fonte: Autora (2017)

As vazões levantadas nos laboratórios foram anotadas em uma folha de registro, apresentada no **APÊNDICE B**. Através do registro do tempo em que a torneira ficava aberta e da vazão da torneira foi possível estabelecer o volume de água consumido no processo de lavagem. Na ocorrência de utilização de mais de duas pias para lavagem de vidraria no mesmo intervalo de tempo, não houve a realização do registro do tempo em que a torneira ficava aberta nem da vazão. Assim, por conta desse problema operacional a vazão de água residuária pode ser maior do que a registrada. A Tabela 18 apresenta o resultado da determinação das vazões diárias de cada laboratório e número de alunos que frequentaram o laboratório amostrado, no dia da realização das medições. A mesma apresenta as vazões de acordo com a classificação dos laboratórios em alto, médio e baixo consumo, realizada previamente.

Tabela 18 – Vazões diárias de águas residuárias do processo de lavagem de vidraria dos três laboratórios amostrados

Categoria	Laboratório	Vazões (L/dia)	Alunos que frequentaram o laboratório no dia
ALTO CONSUMO	QAMB	103,8	4
	QAMB	87,1	2
	QAMB	220,2	3
	LAFOT	19,3	5
	LAFOT	4,8	7
	LAFOT	8,4	5
	ID01	27,2	72
	ID01	160,1	35
	ID01	118,0	29
MÉDIO CONSUMO	DIAAQ	17,8	2
	DIAAQ	4,7	2
	DIAAQ	15,6	2
	LAGES	7,2	7
	LAGES	5,5	6
	LAGES	0 ¹	7
	QAN	54,3	46
	QAN	106,2	30
	QAN	20,5	8
BAIXO CONSUMO	PSEP	0 ¹	2
	PSEP	19,8	3
	PSEP	0 ¹	1
	LABSAN	31,6	2
	LABSAN	19	2
	LABSAN	0 ¹	1
	1K03	74,5	26
	1K03	82,2	21
	1K03	0 ¹	22

¹ Não foi realizada lavagem de vidraria naquele dia

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 18 foi elaborada com base nas categorias de consumo previstos a partir das informações dos questionários (APÊNDICE A). Entretanto, alguns laboratórios não apresentaram nos levantamentos de vazão os consumos inicialmente previstos. Exemplo: o laboratório LAFOT que foi classificado como de alto consumo, na prática teve um baixo consumo, sendo então reclassificado na categoria. O mesmo ocorreu com mais 3 laboratórios, sendo então elaborada a Tabela 19, organizada de acordo com as vazões obtidas, a partir da readequação de cada laboratório a sua categoria e com a classificação definitiva, efetuada com base nos dados coletados. A Tabela 20 apresenta as vazões médias dos laboratórios estudados.

Tabela 19 – Classificação final dos laboratórios e vazão das águas residuárias do processo de lavagem de vidraria

Categoria	Laboratório	Vazões (L/dia)	Alunos que frequentaram o laboratório no dia
ALTO CONSUMO	QAMB	103,8	4
	QAMB	87,1	2
	QAMB	220,2	3
	1D01	27,2	72
	1D01	160,1	35
	1D01	118,0	29
	QAN	54,3	46
	QAN	106,2	30
	QAN	20,5	8
MÉDIO CONSUMO	1K03	74,5	26
	1K03	82,2	21
	1K03	0 ¹	22
	DIAAQ	17,8	2
	DIAAQ	4,7	2
	DIAAQ	15,6	2
	LABSAN	31,6	2
	LABSAN	19	2
	LABSAN	0 ¹	1
BAIXO CONSUMO	LAFOT	19,3	5
	LAFOT	4,8	7
	LAFOT	8,4	5
	LAGES	7,2	7
	LAGES	5,5	6
	LAGES	0 ¹	7
	PSEP	0 ¹	2
	PSEP	19,8	3
	PSEP	0 ¹	1

¹ Não foi realizada lavagem de vidraria naquele dia

Fonte: Autora (2017)

Tabela 20 – Vazões médias de cada laboratório estudado

Categoria	Laboratório	Vazões médias (L/dia)
ALTO CONSUMO	QAMB	137,0
	1D01	101,8
	QAN	60,3
MÉDIO CONSUMO	1K03	52,2
	DIAAQ	12,7
	LABSAN	16,9
BAIXO CONSUMO	LAFOT	10,8
	LAGES	4,2
	PSEP	6,6

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 21 apresenta o resultado do consumo per capita de água de cada laboratório para cada categoria de consumo. O cálculo do consumo per capita foi realizado através da média ponderada das vazões encontradas em cada laboratório pelo número de alunos que frequentaram o laboratório no dia.

Tabela 21 – Consumo per capita de água do processo de lavagem de vidraria por laboratório de cada categoria estudada

Categoria	Laboratório	Per capita laboratórios (L/aluno.dia)
ALTO CONSUMO	QAMB	138,9
	1D01	80,8
	QAN	69,6
MÉDIO CONSUMO	1K03	77,9
	DIAAQ	12,7
	LABSAN	25,3
BAIXO CONSUMO	LAFOT	10,1
	LAGES	6,4
	PSEP	19,8

Fonte: Autora (2017)

O valor do per capita de água dos laboratórios do Instituto de Química é superior aos demais. Pode-se encontrar também o consumo per capita médio dos laboratórios estudados para o processo de lavagem de vidraria, sendo encontrado o valor geral médio de 49 L/aluno.dia. Este valor médio é muito próximo ao da contribuição unitária de esgoto diário, que é de 50 L/aluno.dia segundo a NBR 7229/93, mostrando que somente o consumo de água para o processo de lavagem é bastante significativo.

A Tabela 22 apresenta o consumo per capita e a vazão de água residuária médios do processo de lavagem de vidrarias, por categoria de consumo. Esses valores foram obtidos da Tabela 21, calculando-se a média dos per capitas das três categorias.

Tabela 22 – Per capita e vazão de água médios por categoria de consumo de água do processo de lavagem de vidraria

Categoria	Per capita médio (L/aluno.dia)	Total de alunos ¹	Vazão média de água residuária (L/dia)
ALTO CONSUMO	96,4	458	44161,8
MÉDIO CONSUMO	38,6	301	11632,7
BAIXO CONSUMO	12,1	377	4566,6

¹ Dado obtido pelo Questionário e pela DIRAC.

Fonte: Autora (2017)

A vazão média de água residuária do processo de lavagem de vidraria, foi obtida através do somatório das vazões de cada categoria de consumo da Tabela 22, obtendo-se o valor de 60,4 m³/dia e, de 1.208,0 m³/mês, considerando um mês com 20 dias.

5.4.3 Volume total consumido de água – lavagem de vidraria e destilação

O volume total de água consumido durante o período de um mês, considerando 20 dias úteis, dos processos de destilação de água e de lavagem de vidraria é de 1.400,00 m³/mês. Ao considerar uma residência com 4 habitantes e de padrão socioeconômico baixo, com uma contribuição de esgoto diária de 100 L/pessoa, conforme NBR 7229/93, e dessa forma, com um consumo de água de 125 L/pessoa, o volume de água consumida nesses processos seria suficiente para abastecer 94 residências deste padrão durante o período de um mês. O consumo de água do processo de lavagem de vidraria e destilação de água representa cerca de 7,0% do consumo total de água do campus, podendo ser considerado uma quantidade expressiva para um programa de reúso da água residuária.

5.5 Priorização dos laboratórios

Foi construído um quadro resumo com as substâncias consideradas potencialmente perigosas para a saúde das pessoas e ao equilíbrio do meio ambiente e, conseqüentemente aos usos propostos. O Quadro 10 mostra a relação de laboratórios e as substâncias identificadas.

Quadro 10 – Substâncias utilizadas nos laboratórios e identificadas como potencialmente perigosas

Substâncias	Laboratórios
Ácido crômico	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, FISQUI, QINOR, AINST, DIAAQ, NUPPEN
Cloreto de cromo	QAN
Ferrocianeto de potássio	PNANO, FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Nitrato de chumbo	FISQUI, QINOR, AINST, LABSAN
Nitrato de cobalto	SING, FISQUI, QINOR, AINST, LABSAN
Nitrato de cromo	FISQUI, QINOR, AINST, LABSAN
Nitrato de mercúrio	FISQUI, QINOR, AINST, LABSAN
Nitrato de níquel	ESP, SING, FISQUI, QINOR, AINST, LABSAN
Sais de cobre	SING, FISQUI, QINOR, AINST, LABSAN
Sais de dicromato	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, 1D05, ESP, QAMB, FISQUI, QINOR, AINST, DIAAQ
Sulfato de mercúrio	QAMB, LABSAN
Tiocianatos	FISQUI, QINOR, AINST
Dióxido de chumbo	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, 1D05, FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Óxido de antimônio	ESP
Óxido de arsênio III	ESP
Óxido de chumbo II	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, ESP
Óxido de cobre II	FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Óxido de cromo III	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, ESP
Óxido de cromo VI	ESP
Óxido de mercúrio	ESP
Óxido de metil mercúrio	ESP
Óxido de níquel II	ESP
Óxido de selênio	ESP
Benzeno	FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Diclorometano	1Za1, 1Zb101, 1Zb102, 1Zb103, 1Zb104, 1Zb110, 1Zb111, 1Zb112
Naftaleno	FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Tolueno	LAFOT, ESP
Xileno	FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Metanol	1Zb104, 1Zb110, 1Zb111, 1Zb112
Aminofenóis	PNANO
Aminotiofenóis	PNANO
Diclorofenol indofenol	1Za1, 1Zb101, 1Zb102, 1Zb103, 1Zb104, 1Zb110, 1Zb111, 1Zb112
Fenol	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, 1D05, ESP, FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Éter metílico	ESP
1,10-fenantrolina	QAMB
Formaldeído	ESP, FISQUI, QAN, QINOR, AINST,
Acetato de etila	ESP, 1K01, 1K02, 1K03, 1K04, 1K05, 1K06
Dimetilformamida	NUPE
Acetonitrila	1D01, 1D02, 1D03, 1D04, 1D05, LAFOT, ESP, PNANO, SING, QAMB, DIAAQ, NUPE, NUPPEN, 1Za1, 1Zb101, 1Zb102, 1Zb103, 1Zb104, 1Zb110, 1Zb111, 1Zb112
Clorofórmio	ESP, SING, FISQUI, QAN, QINOR, AINST
Brometo de etídio	PNANO

Fonte: Autora (2017)

A partir da análise do Quadro 10 pode-se verificar que pelo menos em 32 laboratórios dos 43 estudados foram identificados a presença de pelo menos uma substância potencialmente perigosa. Pode-se notar pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que algumas substâncias identificadas como tóxicas apresentam uma restrição bem significativa, como é o caso, do mercúrio, cromo, chumbo, xileno, tolueno, benzeno, diclorofenol, diclorometano. Percebe-se também a presença de todos os grupos considerados como de risco aos usos pretendidos: metais pesados, orgânicos e inorgânicos tóxicos.

As águas residuárias do estudo, resultantes do processo de lavagem de vidraria após o descarte dos resíduos, apresentarão, dessa maneira, baixas concentrações de resíduos em sua composição, já que as substâncias presentes foram diluídas com o enxague. Porém, como as substâncias identificadas como perigosas aos usos propostos podem estar presentes na água residuária a ser reutilizada, deve-se fazer uma análise mais detalhada sobre os constituintes e concentrações presentes nas amostras, já que estes compostos podem fazer mal a saúde das pessoas e ao meio ambiente mesmo em concentrações pequenas. Assim, uma caracterização qualitativa posterior mais detalhada, como bioensaios e ensaios de toxicidade das amostras de água residuária é recomendada, para todos os laboratórios onde se identificou substâncias potencialmente tóxicas.

Em relação ao aspecto quantitativo, foi construída a curva ABC das vazões levantadas no processo de lavagem de vidraria para melhor identificação dos laboratórios maiores consumidores de água e, dessa forma, potenciais ao reúso. A Tabela 23 apresenta a relação de dados necessários para construção da Curva ABC.

Tabela 23 – Porcentagem relativa e acumulada de vazões de água do processo de lavagem de vidraria

Laboratórios	Per capita (L/aluno.dia)	Número de alunos	Vazão (L/dia)	% relativa	Vazão acumulada (L/dia)	% acumulada	Classe
ID01	96,4	100	9640,0	16,4	9640,0	16,4	A
ID02	96,4	100	9640,0	16,4	19280,0	32,8	
ID05	96,4	39	3759,6	6,4	23039,6	39,2	
QAN	96,4	32	3084,8	5,2	26124,4	44,4	
PNANO	96,4	30	2892,0	4,9	29016,4	49,3	
POL ¹	96,4	22	2120,8	3,6	31137,2	52,9	
BIOQ1 ¹	96,4	20	1928,0	3,3	33065,2	56,2	
FISQUI	38,6	46	1775,6	3,0	34840,8	59,2	
BIOQ2 ¹	96,4	18	1735,2	3,0	36576,0	62,2	
QINOR	38,6	44	1698,4	2,9	38274,4	65,1	
ID04	96,4	15	1446,0	2,5	39720,4	67,5	
BIOQ3 ¹	96,4	15	1446,0	2,5	41166,4	70,0	
AINST	38,6	36	1389,6	2,4	42556,0	72,4	B
BIOQ4 ¹	96,4	14	1349,6	2,3	43905,6	74,7	
1K03	38,6	34	1312,4	2,2	45218,0	76,9	
ID03	96,4	11	1060,4	1,8	46278,4	78,7	
ESP	96,4	11	1060,4	1,8	47338,8	80,5	
SING	96,4	11	1060,4	1,8	48399,2	82,3	
QAMB	96,4	11	1060,4	1,8	49459,6	84,1	
NUPE	38,6	24	926,4	1,6	50386,0	85,7	
1Za1	38,6	24	926,4	1,6	51312,4	87,3	
1Za2 ²	38,6	19	733,4	1,2	52045,8	88,5	
1Za3 ²	38,6	17	656,2	1,1	52702,0	89,6	
1K01	12,1	42	508,2	0,9	53210,2	90,5	
1Za4 ²	38,6	13	501,8	0,9	53712,0	91,3	
1K05	12,1	39	471,9	0,8	54183,9	92,1	
1K04	12,1	36	435,6	0,7	54619,5	92,9	
NUPPEN	38,6	10	386	0,7	55005,5	93,5	C
1Za5 ²	38,6	10	386	0,7	55391,5	94,2	
1K02	12,1	29	350,9	0,6	55742,4	94,8	
LAFOT	12,1	26	314,6	0,5	56057,0	95,3	
1K06	12,1	25	302,5	0,5	56359,5	95,8	
1Zb101	12,1	24	290,4	0,5	56649,9	96,3	
1Zb102	12,1	24	290,4	0,5	56940,3	96,8	
1Zb103	12,1	24	290,4	0,5	57230,7	97,3	
1Zb104	12,1	24	290,4	0,5	57521,1	97,8	
1Zb110	12,1	24	290,4	0,5	57811,5	98,3	
1Zb111	12,1	24	290,4	0,5	58101,9	98,8	
1Zb112	12,1	24	290,4	0,5	58392,3	99,3	
LABSAN	38,6	4	154,4	0,3	58546,7	99,6	
DIAAQ	38,6	3	115,8	0,2	58662,5	99,8	
PSEP	12,1	5	60,5	0,1	58723,0	99,9	
LAGES	12,1	7	84,7	0,1	58807,7	100,0	
Total		1110	58807,7	100,0	2023151,7	100	

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

Fonte: Autora (2017)

Pela Tabela 23 é possível notar, que além do per capita de cada laboratório, foi necessário levantar o número de alunos frequentadores em um dia de aula, para a construção da Curva ABC. Deste modo, nos laboratórios em que não foi possível a aplicação e entrega dos questionários e também em laboratórios em que o número de alunos não foi fornecido no questionário, o número de alunos foi obtido através de visita aos laboratórios, no caso dos laboratórios de pesquisa, e de dados fornecidos pela DIRAC (Quadro 6), para os laboratórios de ensino, de acordo com as disciplinas oferecidas no dia.

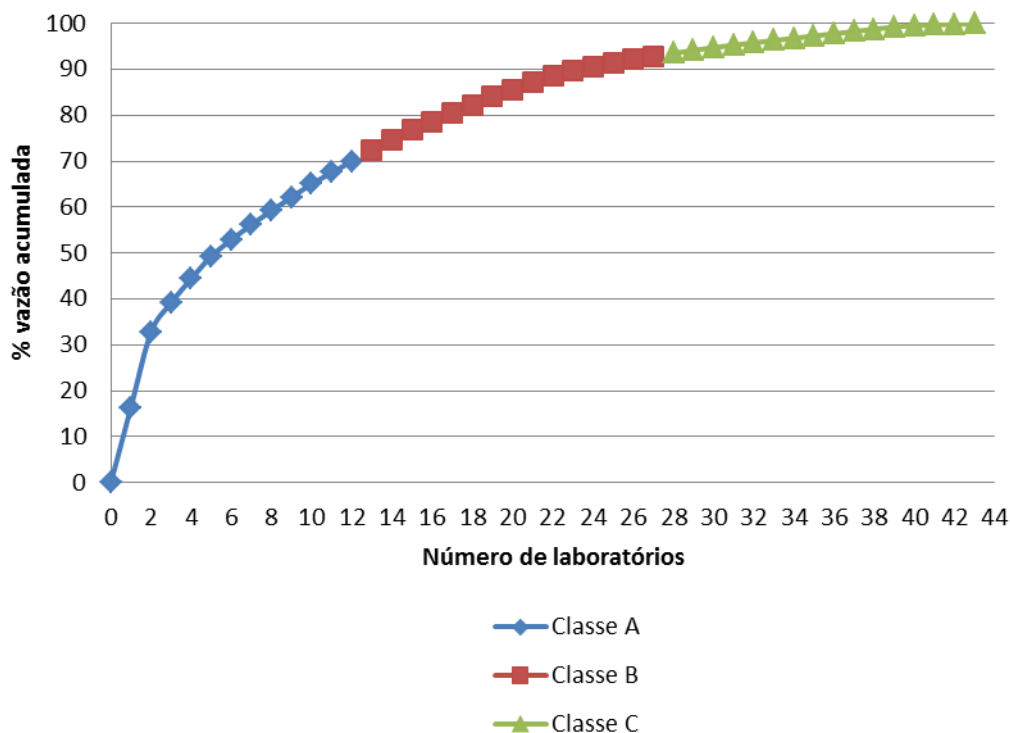
Dos 12 laboratórios que representam a Classe A, 10 pertencem ao Instituto de Química e 2 a Faculdade de Engenharia Química. Esses laboratórios respondem pela vazão de 41.166,4 L/dia do total de 58.807,7 L/dia. A Tabela 24 apresenta a porcentagem de laboratórios e de vazão acumulada que cada laboratório representa, indicando sua respectiva classe.

Tabela 24 – Relação do número de laboratórios, porcentagem de vazão acumulada e do total de laboratórios da Curva ABC

Classe	Número de laboratórios	% de vazão acumulada	% do total de laboratórios
A	12	70	28
B	15	23	35
C	16	7	37
Total	43	100	100

Fonte: Autora (2017)

Apenas 12 (28%) dos 43 laboratórios estudados respondem por 70% da vazão acumulada, enquanto que 31 laboratórios (30% do total) representam somente 30% da vazão acumulada, mostrando que poucos laboratórios são responsáveis por grande parte da água residuária gerada. Este resultado é coerente com aquele encontrado por Salvador, Figueiredo e Machado (2008) para o Campus de São Carlos da UFSCar, onde apenas 4 laboratórios dentre 50 pesquisados respondiam pela geração em peso de cerca de 71% dos resíduos químicos daquele Campus. A Figura 18 apresentada a seguir mostra a classificação segundo a curva ABC para os laboratórios estudados do Campus Santa Mônica da UFU.

Figura 18 – Curva ABC das vazões de água residuárias do processo de lavagem de vidraria

Fonte: Autora (2017)

De acordo com a curva ABC e as Tabelas 23 e 24, foram classificados na Classe A doze laboratórios, que representam 70% da vazão de águas residuárias, passível de reúso. Portanto, uma minoria dos laboratórios é responsável pela maior parte da vazão gerada, sendo estes os que são prioritários para se implementar um programa de reúso no Campus Santa Mônica.

Portanto, foi verificado o possível potencial de reúso de água residuária dos laboratórios que realizam análises químicas no campus Santa Mônica, em que constatou-se a participação de 7% do consumo de água total do campus dos processos de lavagem de vidraria e destilação de água. Verificou-se também que o processo de lavagem de vidraria consome cerca de 1.208,0 m³/mês de água para os 43 laboratórios estudados, já para Antoniosi (2011) o consumo de água referente ao processo de lavagem de vidraria em 15 laboratórios estudados na UFSCAR foi de 260,9 m³/mês.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As dificuldades encontradas durante os levantamentos de aspectos qualitativos e quantitativos, necessários à pesquisa, foram inúmeras. A escassez de informações importantes ao campus, como consumo de água mensal e a inexistência de medição setorizada de água por hidrômetros dificultaram o levantamento do consumo de água do campus e dos laboratórios.

Portanto, a inexistência de informações sobre o consumo de água nos laboratórios, consumo de água do campus e a dificuldade na aplicação e recolhimento do questionário mostraram que as atividades de pesquisa sobre este tema na UFU ainda são incipientes e sua Política Ambiental não tão efetiva. A implantação de hidrômetros nos edifícios e o armazenamento de informações sobre consumo de água são importantes para o controle do consumo de água, possibilitando melhores mecanismos de implantação de programas de uso racional da água, cujo primeiro passo é a identificação dos maiores consumidores de água.

A avaliação da qualidade da água residuária do processo de lavagem de vidraria, que foi realizada mediante a aplicação de questionário, foi uma avaliação preliminar, em que os

respondentes podem não ter respondido de forma precisa as questões levantadas sobre os laboratórios, por diversos motivos, incluindo o receio do fornecimento de informações.

Recomenda-se uma caracterização qualitativa detalhada da água residuária proveniente do processo de lavagem de vidraria dos laboratórios estudados, principalmente, daqueles identificados com substâncias perigosas aos fins propostos de reúso - lavagens de piso, irrigação e descargas sanitárias. Já a qualidade da água descartada do processo da destilação pode ser considerada como adequada para as finalidades de reúso propostas, pois essa água normalmente não entra em contato com substâncias químicas ou nenhum outro produto que possa ser perigoso ao reúso proposto.

Sob o aspecto quantitativo, constatou-se o possível potencial para reúso da água residuária dos laboratórios estudados, pois sua vazão estimada, de 1.400 m³/mês, corresponde a cerca de 7,0% do consumo de água mensal total do campus, podendo ser considerada uma quantidade expressiva para um programa de reúso. Porém, tendo em vista as dificuldades de pesquisa mencionadas, supõem-se que esta quantidade possa ser ainda maior.

Observou-se também, que dos laboratórios estudados, aqueles identificados com maior consumo per capita de água fazem parte do Instituto de Química. Em relação aos equipamentos de uso específico da água, pode-se notar, que os destiladores representam 39% do total de equipamentos levantados.

Entretanto, para a realização de um programa de reúso será necessário um estudo de viabilidade técnico-econômica de sua implantação. A implantação de um sistema de reúso deverá priorizar também os laboratórios com maior facilidade de segregação da água residuária e também aqueles que estejam mais próximos ao reservatório de armazenagem de água de reúso, a ser implantado. Outro aspecto a ser considerado na priorização dos laboratórios para o sistema de reúso é buscar incluir primeiramente aqueles classificados como Classe A da Curva ABC, por representarem um maior potencial de geração de água de reúso, em termos quantitativos.

Finalmente, o controle da água de reúso deve envolver ações de diminuição da quantidade de resíduos no efluente, como descarte adequado dos resíduos, banho estático com

detergente (“molho”) da vidraria, assim como não se deve misturar a água de reúso com reagentes ou resíduos das análises e práticas químicas nem com esgotos sanitários.

REFERÊNCIAS

ÁGUA&AMBIENTE. **Europeus defendem normas comuns para a reutilização de águas**. 2015. Disponível em: <<http://www.aepsa.pt/media-center/noticias/337-europeus-defendem-normas-comuns-para-a-reutiliza%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua.html>>. Acesso em: 12 de outubro de 2016.

ALVES, L. C. **Caracterização e tratamento de efluentes de laboratório de análises químicas**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, 163p. 2002.

ANGELAKIS, A. N.; BONToux, L. **Wastewater Reclamation and Reuse in Eureau Contries**. Water Policy, 2001.
[https://doi.org/10.1016/S1366-7017\(00\)00028-3](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(00)00028-3)

ANTONIOSI, P. M. P. B. **Estudo de oportunidades de reúso de águas residuárias em campi universitários**: Estudo de caso da Universidade Federal de São Carlos. 166 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós - graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

ASHBROOK, P. C.; REILHARDT, P. A.; Hazardous waste in academia, **Environ. Sci. Technol**, vol. 19, n. 12, 1985.
<https://doi.org/10.1021/es00142a002>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. **NBR 14724**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: **NBR 7229**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Resíduos Sólidos – Classificação: **NBR 10004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BANAS, F. **Ferramentas da Qualidade: Diagrama de Pareto**. 16 slides. 2017.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. 63f. Monografia (Pós-graduação), Programa de pós-graduação Lato Sensu em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, ISEA-FGV, Distrito Federal, 2003.

BEZERRA, F. Diagrama de Pareto: o que é e como fazer? **Portal Administração**, 2014. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/04/diagrama-de-pareto-passo-a-passo.html>>. Acesso em: setembro de 2017.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In: MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F. (Eds.). Reúso de Água. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-173.
BOFF, L. A água no mundo e sua escassez no Brasil. **JBonline**, Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. 2005a. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 24 de agosto de 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), **Resolução nº 121**, de 16 de dezembro de 2010. 2010. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 04 de novembro de 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. 2005b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>>. Acesso em: 03 de novembro de 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: PROL Editora Gráfica. 2005c. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em setembro de 2016.

CAMPOS, J. F. F.; ONISHI, E. Y. **Utilização do Método ABC para o planejamento e controle objetivo da poluição das águas**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 8. Rio de Janeiro, ABES/CETESB, 1975.

CARETO, H.; VENDEIRINHO, R. **Sistemas de Gestão Ambiental em Universidades: Caso do Instituto Superior Técnico de Portugal**. Relatório Final de Curso, 2003.

CARVALHO et al. Reutilização de águas residuárias. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, v.14, n.2, p. 3164-3171, mar., 2014.

COELHO, M. G.; MARAGNO, A. L. F. C.; BURJAILI, M. M. Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia: da concepção à implantação. **Revista Gestão, Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v.4, n.2, p.292-328, 2016. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v4e22015292-328>

COMISSÃO EUROPEIA. **Reutilizar a água na Europa – o que acha desta ideia?**. 2014. Disponível em: <http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-904_pt.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Reúso de água**. 2016. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/8-2/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 24 agosto de 2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lista completa de todos os produtos químicos**. 2017. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/produto_consulta_completa.asp>. Acesso em: agosto de 2017.

CROOK, J. Critérios de qualidade da água para reúso. Trad. Hilton Felício dos Santos. **Revista DAE – SABESP**, São Paulo, n. 174, p. 10-18, nov./dez. 1993.

CROOK, J. **St. Petersburg, Florida, Dual Water System: A Case Study**. In Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop, National Academy Press. 2005. Disponível em: <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11241&page=175>. Acesso em: agosto de 2016.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (DMAE). **Dados de consumo de água do campus Santa Mônica**. Uberlândia, 2017.

DRISCOLL, C. Israel leads on water reuse and recovery. **Chemistry&Industry**, Londres, 2012. Disponível em: <<https://www.soci.org/chemistry-and-industry/cni-data/2012/12/Article-Listing?at=News>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Guidelines for Water Reuse**. Estados Unidos, 2004.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Guidelines for Water Reuse**. Estados Unidos, 2012.

GENERINO, R.C.M. **Contribuição da análise multi-critério na seleção de alternativas de reúso de água**: aplicação em um caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal. 202 p. Tese (Doutorado), Programa de pós-graduação em saúde pública da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GEORGETTI, M.S. **Avaliação química e ecotoxicológica de efluentes químicos, visando seu reúso**. 190 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

GERBASE et al. Gerenciamento de Resíduos Químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 28, n. 1, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GOOGLEEARTH. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2016.

HAFNER, A. V. **Conservação e Reúso de água em edificações**: experiências nacionais e internacionais. 177 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico – Parte I: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico financeiras e Sócio-culturais**, Engenharia, Instituto de Engenharia de São Paulo, n. 523, ano 55, São Paulo, 1997.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico** – uma visão realista. In: REBOUÇAS, A. C.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil*. São Paulo, Escrituras Editora, 1999, p. 229-304.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v.7, n.4, p.75-95, Out./Dez. 2002.

HUERTAS, E. et al. Key objectives for water reuse concepts. **SCIENCE DIRECT**, Barcelona, v. 218, p. 120-131, 2008.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.09.032>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. 2010. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317020>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Latitude e longitude**. 2010. Disponível em: <
http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.php>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, Campinas, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40421998000500024>

JUANICÓ, M. Reutilización de aguas residuales. Qué se puede aprender de la experiencia israelí. **Revista Tecnología Del Agua**, p. 58-67, 2007.

LARA, P. T. R. Sustentabilidade em Instituições de Ensino Superior. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, v.7, n.7, p. 1646-1656, mar./jun., 2012.

MACHADO, A. M. R. **Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais**. São Carlos: Unidade de Gestão de Resíduos, 2005. 102 slides.

MACHADO, A. M. R.; SALVADOR, N. N. B. **Normas de Procedimentos para Segregação, Identificação, Acondicionamento e coleta de resíduos químicos**. UFSCAR, Unidade de Gestão de Resíduos, 2005.

MANCUSO, P.C.S.; BREGA FILHO, D. **Conceito de reúso de água**. In: MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (Eds.). *Reúso de Água*. São Paulo: Editora Manole, 2003. p. 21-36.

MUFFAREG, M. R. **Análise e discussão dos conceitos e legislação sobre reúso de águas residuárias**. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2003.

NAKAGAWA, A.K.; KIPERSTOK, A.; ESQUERRE, K.P.O. **Estudo dos equipamentos consumidores de água: Destiladores**. In: 25º CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Recife, PE: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

NASCIMENTO, E.S.; TENUTA FILHO, A. Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratories activities in research and teaching institutions. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 46, n. 2, abr./jun., 2010.

OTERO, G. G. P. **Gestão ambiental em Instituições de Ensino Superior**: Práticas dos campi da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PADULA FILHO, H. **Sistemas de reúso de água: projetos e estudos de caso – Estação experimental Jesus Netto da SABESP**. In: MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (Eds.). **Reúso de Água**. São Paulo: Editora Manole, 2003. p. 479-490.

PARANYCHIANAKIS, N. V. et al. Water reuse in EU states: Necessity for uniform criteria to mitigate human and environmental risks. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, Londres, v. 45, p. 1409-1468, 2015.
<https://doi.org/10.1080/10643389.2014.955629>

PEREIRA, H. S. **Estudo da caracterização do efluente do campus universitário Capão do Leão e possibilidade de reúso**. 64 f. Monografia – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

PISANI, P. L. Direct reclamation of potable water at Windhoek's Goreangab reclamation plant. **Desalination**, Austrália, v.188, p. 79-88, 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.104>

QUIMIS. **Fabricantes de aparelhos científicos da América Latina**. Disponível em:<<http://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/destilador-de-agua-tipo-pilsen>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

ROCHA, F. A.; SILVA, J. O.; BARROS, F. M. Reúso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira. **Enciclopédia Biosfera** – Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, p. 01-09, 2010.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 192 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SALVADOR, N. N. B.; FIGUEIREDO, R. A.; MACHADO, A. M. R. **The use of the ABC method to prioritize the control of laboratory chemical waste in a university campus**. Anais do IX Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ANDIS, Florença, 2008.

SANTOS, G. J. **Sistemas de reúso de água: projetos e estudos de caso – Água de reúso para lavagens de ruas e rega de parques.** In: MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (Eds.). *Reúso de Água*. São Paulo: Editora Manole, 2003. p. 501-512.

SANTOS, J. S.; BIBIANO, B. Como São Paulo pode superar a crise hídrica. **Revista Veja**, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/como-sao-paulo-pode-superar-a-crise-hidrica/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2016.

SAQUETO, K. C. **Estudo dos resíduos perigosos do campus de Araras da Universidade Federal de São Carlos visando a sua gestão.** 168 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SASSIOTO, M. L. P. **Manejo de resíduos de laboratórios químicos em Universidades:** Estudo de caso do departamento de Química da UFSCAR. 223 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SASSIOTO, M. L. P.; SALVADOR, N. N. B. **Manejo de resíduos de laboratórios químicos em Universidades:** Estudo de caso do departamento de Química da UFSCAR. In: ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis, 2004.

SILVA, G. S. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários:** O programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SOARES, T. **Reúso de águas em Israel.** O que você fez pelo Planeta hoje?, 2013. Disponível em: <<http://www.oquevocefezpeloplanetahoje.com.br/reuso-de-aguas-residuais-em-israel-fazem-parte-dos-recursos-hidricos-do-pais/>>. Acesso em: 05 de outubro de 2016.

SOUZA, K. E. **Estudo de um método de priorização de resíduos industriais para subsídio à minimização de resíduos químicos de laboratórios de universidades.** 134 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SUZUKI, Y. et al. **Large-area and on-site water reuse in Japan.** In: World Water Day Seminar, Kuantan, Malaysia, 2002.

TAJIMA, A.; MINAMIYAMA, M.; NAKAJIMA, H. **Present State of the Treated Wastewater Reuse in Japan.** 2002. Disponível em: <<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0264pdf/ks0264029.pdf>>. Acesso em: outubro de 2016.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L.L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, Passo Fundo – RS, v.13, n.3, p.503-515, set.-dez., 2006.

TEIXEIRA, I. Governo busca regulamentação de norma nacional para água de reúso. **Portal Brasil**, 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/04/governo-busca-regulamentacao-de-norma-nacional-para-agua-de-reuso>>. Acesso em: outubro de 2016.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. 3ª Ed. São Carlos – SP: RiMa, 2009. 271 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU). **Resolução nº26/2012, do conselho universitário**. Uberlândia, 2012. 9 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU). **A cidade de Uberlândia**. 2016a. Disponível em: <http://www0.ufu.br/catalogo_novo/idiomas/pt/cidade.htm>. Acesso em: 15 de dezembro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU). **Conheça a UFU**. 2016b. Disponível em: <<http://www.ufu.br/universidade>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU). **Campus Santa Mônica**. 2016c. Disponível em: <<http://www.ufu.br/unidades-organizacionais/campus-santa-monica>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU). **Laboratório de Resíduos Químicos - LRQ**. 2016d. Disponível em: <<http://www.sustentavel.ufu.br/lrq>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2016.

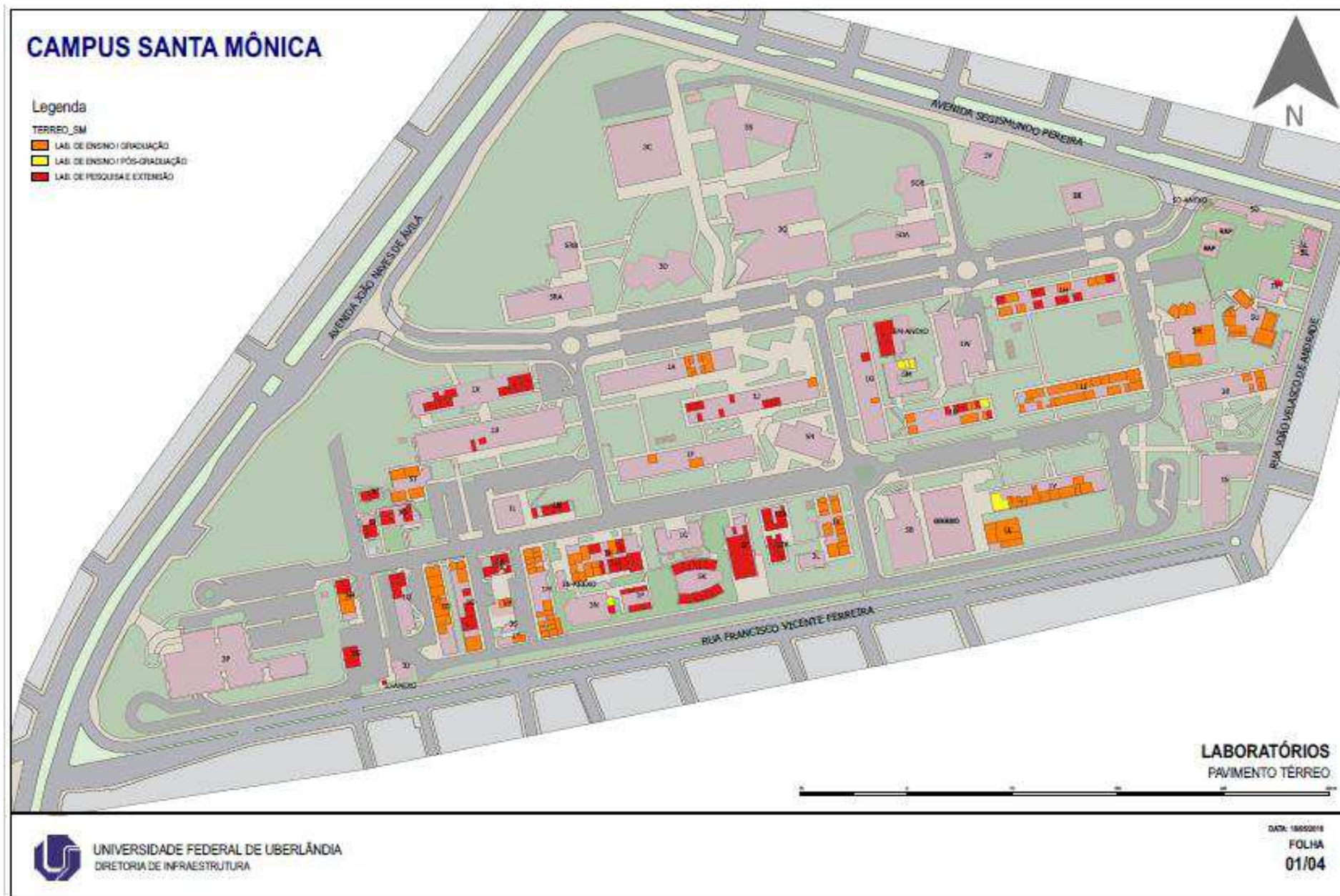
WERNECK FILHO, S. As vantagens da água de reúso. **Revista Cidadania e Meio Ambiente**. 2014. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/10/22/as-vantagens-da-agua-de-reuso-artigo-de-sergio-verneck-filho/>>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.

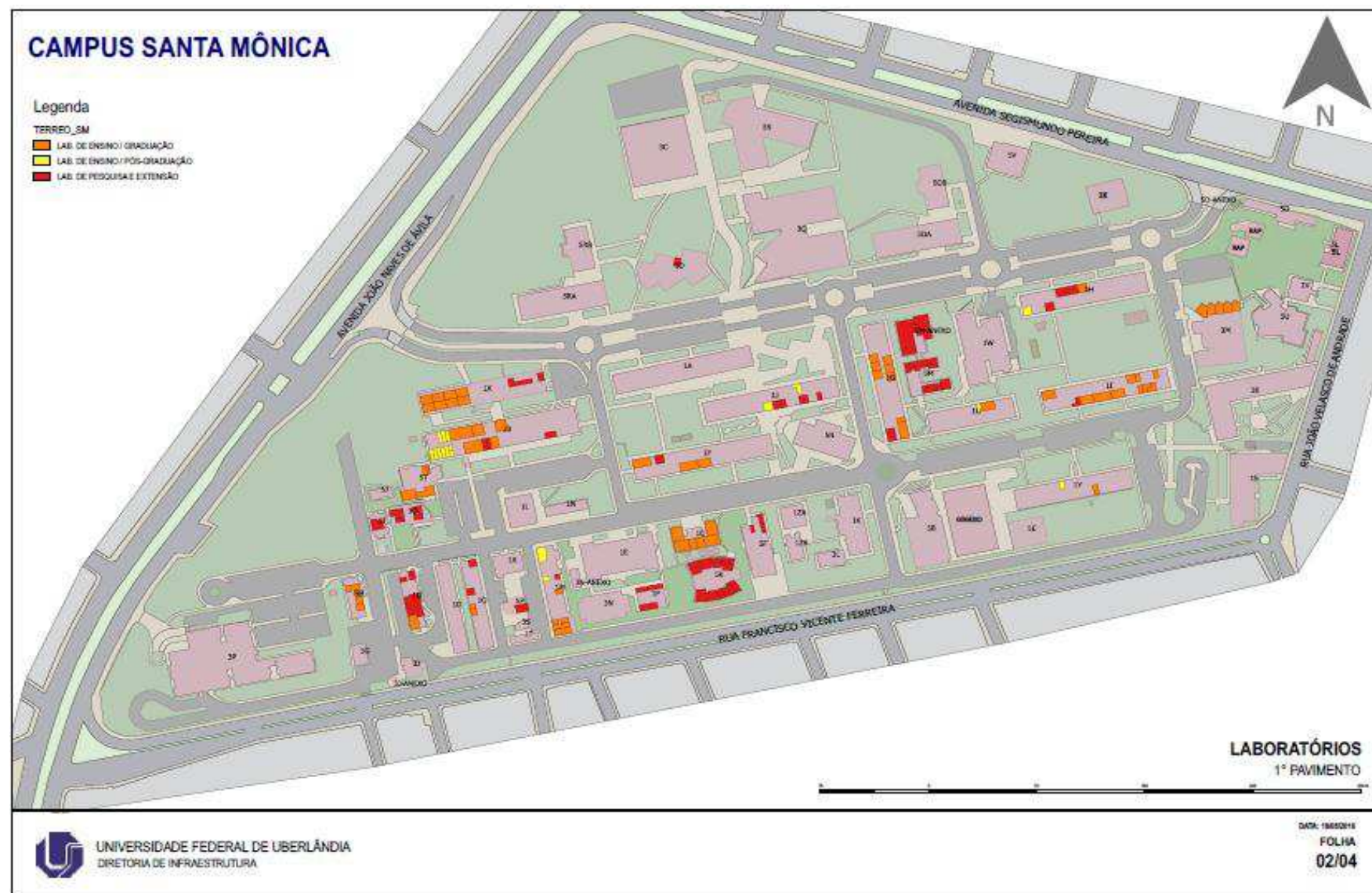
WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Geneva, 1989.

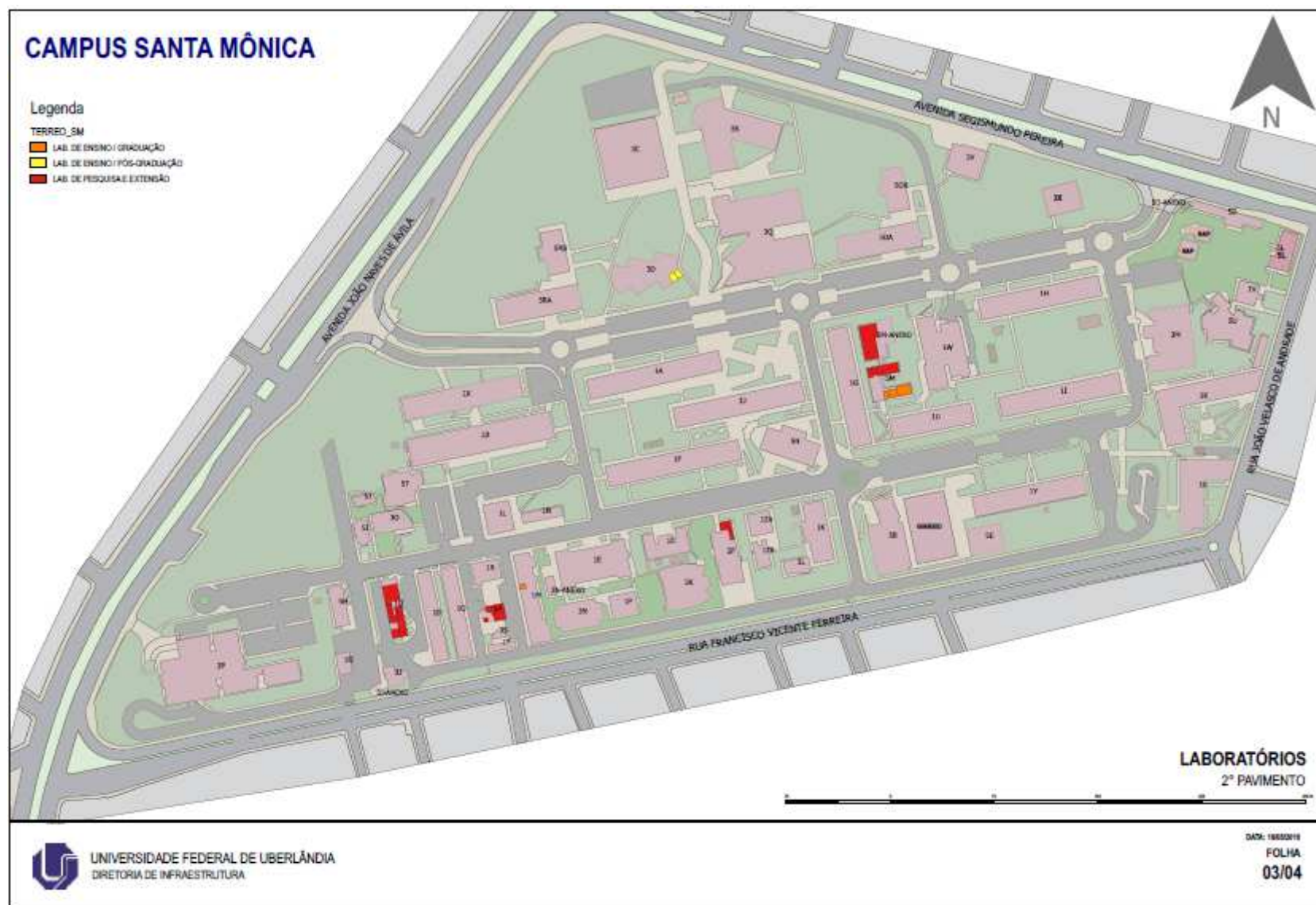
YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 164 p.

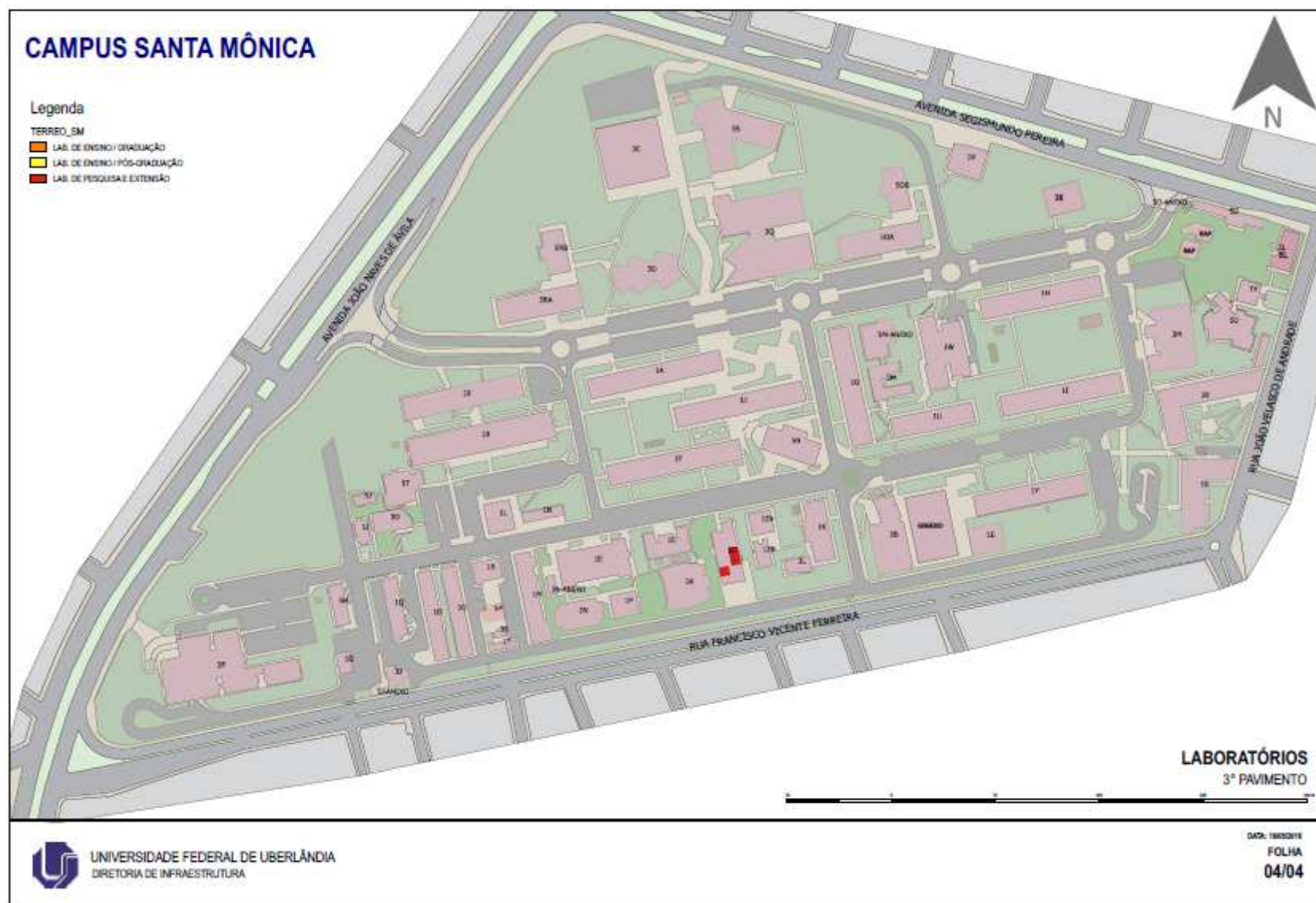
ANEXO A

Mapa dos Laboratórios









APÊNDICE A

Questionário de Aplicação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE
QUESTIONÁRIO DE APLICAÇÃO EM LABORATÓRIOS



QUESTIONÁRIO

Departamento: _____ Nome Laboratório: _____
Tipo de laboratório: _____ Ensino _____ Pesquisa _____ Extensão _____ Bloco: _____ Sala: _____
Responsável: _____
Entrevistado: _____ Função: _____

1) Número de pessoas que trabalham atualmente no laboratório:

Iniciação Científica: _____ Mestrado: _____ Doutorado: _____ PósDoutorado: _____ Técnico(s): _____

2) Os resíduos gerados são:

Identificados: _____ Estocados: _____ Rotulados: _____ Segregados: _____

Quais tipos de segregações existentes?(sanitário, solventes halogenados/não-halogenados, sanitário, orgânico/inorgânico) _____

3) Os resíduos que são gerados durante ou após a execução de aulas práticas/pesquisas ou outras atividades vão para onde?

Não sei: _____ Um técnico é responsável por buscá-los no laboratório: _____ São enviados para o Centro de Gerenciamento de Resíduos da UFU: _____ Os resíduos permanecem dentro do laboratório _____ São descartados nas pias ou lixeiras: _____

4) O consumo de água no laboratório é? Alto: _____ Médio: _____ Baixo: _____

É possível estimar qual esse volume em L/dia? Volume: _____

5) Equipamentos consumidores de água

5.1) Destiladores de água:

a) Marca _____ Modelo _____ Potência(W) _____

Quantidade _____ Frequência de utilização _____

Vazão de água destilada _____ Vazão de água perdida _____

b) Marca _____ Modelo _____ Potência(W) _____

Quantidade _____ Frequência de utilização _____

Vazão de água destilada _____ Vazão de água perdida _____

5.2) Quais as quantidades desses outros equipamentos?

Deionizadores: _____ Caldeiras: _____ Refrigeração: _____

Osmose reversa: _____ Ultrafiltração: _____

Outros: _____

6) Usa água para lavagens de vidrarias e de equipamentos? _____

Esse consumo de água é: Alto: _____ Médio: _____ Baixo: _____

É possível estimar qual esse volume em L/dia? Volume: _____



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE
QUESTIONÁRIO DE APLICAÇÃO EM LABORATÓRIOS



7) Quais os dias da semana de maior volume de lavagens ?

Segunda:____ Terça:____ Quarta:____ Quinta:____ Sexta:____

8) As lavagens de vidrarias e de equipamentos são realizadas todos os dias?_____

Quais os horários de lavagens?_____

Quanto tempo em média dura estas lavagens?_____

Quantos alunos que lavam suas vidrarias são frequentadores do laboratório?_____

9) Cite as substâncias químicas mais utilizadas no laboratório ou as que você mais utiliza em seus experimentos e que considere importante. A Tabela em anexo pode servir como consulta para esta questão.

ATENÇÃO! Ao responder esta questão favor atentar para citar as substâncias químicas perigosas que são utilizadas no laboratório que são do seu conhecimento. Como: Cianeto; Acetonitrila; Cromo bivalente, trivalente e hexavalente; Mercúrio; Cádmio; Chumbo; Cobre; Arsênio entre outros.

Inorgânicas

Ácidos:_____

Bases:_____

Sais:_____

Óxidos:_____

Orgânicas

Hidrocarbonetos:_____

Álcoois:_____

Fenóis:_____

Éteres:_____

Aldeídos:_____

Cetonas:_____



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE
QUESTIONÁRIO DE APLICAÇÃO EM LABORATÓRIOS



Ácidos
carboxílicos: _____

Ésteres: _____

Aminas: _____

Amidas: _____

Nitrilas e
Isonitrilas: _____

Haletos de
Alquila: _____

Haletos de
Arla: _____

Solventes halogenados: _____

Solventes não halogenados: _____

- Sugestões de substâncias normalmente encontradas em laboratórios químicos (Machado, 2005):

Sais de dicromato
Permanganato
Hipoclorito
Iodato
Persulfato
Bismuto III
Solução de bromo
Iodo
Peróxido de hidrogênio
Bismutato de sódio
Dióxido de chumbo
Ácido crômico
Hidrazina
Sais de sulfito
Iodeto
Tiosulfato
Oxalato
Ferro II
Estanho II
Fósforo vermelho
Cloretos de acila
Pentóxido de fósforo
Hidreto de sódio
Pentacloreto de fósforo
Anidridos de ácidos
Cloreto de alumínio anidro

Alquil alumínio
Cianeto
Acetonitrila
Ácido crômico
Brometo de etídio
Nitrosaminas
Aflatoxinas
PCB's
PCDD's
PCDF's
Cloreto de sódio/cálcio
Sulfato de cálcio
Alcool/Cetona
Agente oxidante
Agente redutor
Cromo III
Chumbo II
Níquel II
Cobre II
Cobalto II
Bismuto III
Manganês II
Cádmio II
Índio III
Sódio
Potássio

APÊNDICE B

Registro das Lavagens



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE



REGISTRO – Lavagens de vidrarias

Departamento/ Instituto: _____

Nome Laboratório: _____

Tipo de laboratório: ____ Ensino ____ Pesquisa ____ Extensão Bloco: ____ Sala: ____

Data: _____ Dia da semana: _____

Horário: _____

Número de alunos que frequentaram o laboratório no dia: _____

Número total de alunos da turma: _____

Número de alunos que lavaram vidrarias: _____

Lavagens de vidrarias e vazão das torneiras (Método Volumétrico)

Lavagens	Tempo em que a torneira permanece aberta	Vazão (L/s)	Volume (L)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
Volume total (L)			

APÊNDICE C

Substâncias químicas citadas no Questionário

Apêndice C1 – Ácidos inorgânicos utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Ácidos Inorgânicos							
	Ácido bórico	Ácido crômico	Ácido clorídrico	Ácido nítrico	Ácido nítrico fumegante	Ácido perclórico	Ácido sulfâmico	Ácido sulfúrico
1D01	-	X	X	X	X	-	-	X
1D02	-	X	X	X	-	X	-	X
1D03	-	X	X	X	-	X	-	X
1D04	-	X	X	X	-	X	-	X
1D05	-	-	X	X	-	X	-	X
LAFOT	-	-	X	X	-	-	-	X
ESP	-	-	X	X	-	X	-	X
PNANO	-	-	X	X	-	X	-	X
SING	-	-	X	-	-	-	-	-
QAMB	-	-	X	X	-	-	-	X
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	X	X	X	X	X	X	X
QAN	-	-	-	-	-	X	X	-
QINOR	X	X	X	X	X	X	X	X
AINST	X	X	X	X	X	X	X	X
DIAAQ	-	X	X	X	-	-	-	X
NUPE	-	-	X	X	-	X	-	X
NUPPEN	-	X	X	X	-	X	-	X
1Za1	-	-	-	-	-	-	-	X
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	X	-	-	-	-	X
1K02	-	-	X	-	-	-	-	X
1K03	-	-	X	-	-	-	-	X
1K04	-	-	X	-	-	-	-	X
1K05	-	-	X	-	-	-	-	X
1K06	-	-	X	-	-	-	-	X
1Zb101	-	-	-	-	-	-	-	X
1Zb102	-	-	-	-	-	-	-	X
1Zb103	-	-	-	-	-	-	-	X
1Zb104	-	-	-	-	-	-	-	X
1Zb110	-	-	-	-	-	-	-	X
1Zb111	-	-	-	-	-	-	-	X
1Zb112	-	-	-	-	-	-	-	X
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	X	X	-	-	-	X
Total	3	9	23	16	4	12	4	30

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C2 – Bases utilizadas nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Bases						
	Hidróxido de alumínio	Hidróxido de amônio	Hidróxido de bário	Hidróxido de cálcio	Hidróxido de lítio	Hidróxido de potássio	Hidróxido de sódio
ID01	X	X	X	X	-	X	X
ID02	X	X	X	X	-	X	X
ID03	X	X	X	X	-	X	X
ID04	X	X	X	X	-	X	X
ID05	X	X	X	X	-	X	X
LAFOT	-	-	-	-	-	-	X
ESP	-	-	-	-	-	-	X
PNANO	-	X	-	-	-	-	X
SING	-	-	-	-	-	-	X
QAMB	-	-	-	-	-	-	X
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	X	X	X	X	X	X
QAN	-	-	-	-	-	-	-
QINOR	X	X	X	X	X	X	X
AINST	X	X	X	X	X	X	X
DIAAQ	X	X	X	X	-	X	X
NUPE	-	-	-	-	X	X	X
NUPPEN	-	-	-	X	-	-	X
IZa1	-	-	-	-	-	-	X
IZa2 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa3 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa4 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	X
IK01	-	-	-	-	-	X	X
IK02	-	-	-	-	-	X	X
IK03	-	-	-	-	-	X	X
IK04	-	-	-	-	-	X	X
IK05	-	-	-	-	-	X	X
IK06	-	-	-	-	-	X	X
IZb101	-	-	-	-	-	-	X
IZb102	-	-	-	-	-	-	X
IZb103	-	-	-	-	-	-	X
IZb104	-	-	-	-	-	-	X
IZb110	-	-	-	-	-	-	X
IZb111	-	-	-	-	-	-	X
IZb112	-	-	-	-	-	-	X
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	X
Total	9	10	9	10	4	16	32

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C3 – Sais utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica (continua)

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Sais						
	Bicarbonato de sódio	Citrato de amônio e ferro III	Cloreto de alumínio	Cloreto de cromo	Cloreto de estrôncio	Cloreto de sódio	Cloreto de potássio
ID01	-	-	X	-	-	X	-
ID02	-	-	X	-	-	X	-
ID03	-	-	X	-	-	X	-
ID04	-	-	X	-	-	X	-
ID05	-	-	X	-	-	X	-
LAFOT	-	-	X	-	-	X	-
ESP	X	-	-	-	-	X	X
PNANO	-	-	-	-	-	X	X
SING	-	-	-	-	-	-	-
QAMB	-	X	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	-	-	-	-	-	X	X
QAN	-	-	-	X	X	-	-
QINOR	-	-	-	-	-	X	X
AINST	-	-	-	-	-	X	X
DIAAQ	-	-	-	-	-	X	X
NUPE	-	-	-	-	-	X	X
NUPPEN	-	-	-	-	-	X	X
IZa1	-	-	X	-	-	-	-
IZa2 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa3 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa4 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-
IK01	-	-	-	-	-	-	-
IK02	-	-	-	-	-	-	-
IK03	-	-	-	-	-	-	-
IK04	-	-	-	-	-	-	-
IK05	-	-	-	-	-	-	-
IK06	-	-	-	-	-	-	-
IZb101	-	-	X	-	-	-	-
IZb102	-	-	X	-	-	-	-
IZb103	-	-	X	-	-	-	-
IZb104	-	-	X	-	-	-	-
IZb110	-	-	X	-	-	-	-
IZb111	-	-	X	-	-	-	-
IZb112	-	-	X	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	-
Total	1	1	14	1	1	14	8

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C3 – (continuação) Sais utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Sais						
	Cloreto de zinco	Ferrocianeto de potássio	Fosfato de sódio	Iodeto de sódio	Metavanadato de amônio	Molibdato de amônio	Nitrato de chumbo
ID01	-	-	-	X	-	-	-
ID02	-	-	-	X	-	-	-
ID03	-	-	-	X	-	-	-
ID04	-	-	-	X	-	-	-
ID05	-	-	-	X	-	-	-
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-
ESP	-	-	X	-	-	-	-
PNANO	-	X	X	-	-	-	-
SING	-	-	-	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-	X	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	-	X	X	X	-	-	X
QAN	X	X	X	X	-	X	-
QINOR	-	X	X	X	-	-	X
AINST	-	X	X	X	-	-	X
DIAAQ	-	-	-	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	-
IZa1	-	-	-	-	-	-	-
IZa2 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa3 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa4 ²	-	-	-	-	-	-	-
IZa5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-
IK01	-	-	-	-	-	-	-
IK02	-	-	-	-	-	-	-
IK03	-	-	-	-	-	-	-
IK04	-	-	-	-	-	-	-
IK05	-	-	-	-	-	-	-
IK06	-	-	-	-	-	-	-
IZb101	-	-	-	-	-	-	-
IZb102	-	-	-	-	-	-	-
IZb103	-	-	-	-	-	-	-
IZb104	-	-	-	-	-	-	-
IZb110	-	-	-	-	-	-	-
IZb111	-	-	-	-	-	-	-
IZb112	-	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	X	X	-	-	X
Total	1	5	6	10	1	1	4

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C3 – (continuação) Sais utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Sais						
	Nitrato de cobalto	Nitrato de cromo	Nitrato férrico	Nitrato de mercúrio	Nitrato de níquel	Nitrato de sódio	Oxalato
1D01	-	-	-	-	-	-	X
1D02	-	-	-	-	-	-	X
1D03	-	-	-	-	-	-	X
1D04	-	-	-	-	-	-	X
1D05	-	-	-	-	-	-	X
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-
ESP	-	-	-	-	X	X	-
PNANO	-	-	-	-	-	-	-
SING	X	-	-	-	X	-	-
QAMB	-	-	X	-	-	-	X
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	X	-	X	X	X	X
QAN	-	-	-	-	-	-	X
QINOR	X	X	-	X	X	X	X
AINST	X	X	-	X	X	X	X
DIAAQ	-	-	X	-	-	-	X
NUPE	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	-
1Za1	-	-	-	-	-	X	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-	-	X	-
1Zb102	-	-	-	-	-	X	-
1Zb103	-	-	-	-	-	X	-
1Zb104	-	-	-	-	-	X	-
1Zb110	-	-	-	-	-	X	-
1Zb111	-	-	-	-	-	X	-
1Zb112	-	-	-	-	-	X	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	X	X	X	X	X	X	-
Total	5	4	3	4	6	13	11

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C3 – (continuação) Sais utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Sais						
	Permanganato	Sais de brometo	Sais de carbonato	Sais de cloreto	Sais de cobre	Sais de Dicromato	Sais de fosfato
1D01	X	-	X	X	-	X	-
1D02	X	-	X	X	-	X	-
1D03	X	-	X	X	-	X	-
1D04	X	-	X	X	-	X	-
1D05	X	-	X	X	-	X	-
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-
ESP	X	-	X	-	-	X	-
PNANO	-	-	-	-	-	-	-
SING	-	-	-	-	X	-	-
QAMB	X	-	-	-	-	X	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	X	X	X	X	X	X
QAN	-	-	-	-	-	-	-
QINOR	X	X	X	X	X	X	X
AINST	X	X	X	X	X	X	X
DIAAQ	X	-	-	-	-	X	-
NUPE	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	X	X	-	-	-	-	-
1Za1	-	-	X	X	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	X	X	-	-	-
1Zb102	-	-	X	X	-	-	-
1Zb103	-	-	X	X	-	-	-
1Zb104	-	-	X	X	-	-	-
1Zb110	-	-	X	X	-	-	-
1Zb111	-	-	X	X	-	-	-
1Zb112	-	-	X	X	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	X	X	-	X
Total	12	4	17	17	5	11	4

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C3 – (continuação) Sais utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Sais						
	Sais de nitrato	Sais de paládio	Sais de platina	Sais de sulfato	Sais de sulfeto	Sulfato de amônio	Sulfato de cálcio
1D01	-	-	-	X	X	-	X
1D02	-	-	-	X	X	-	X
1D03	-	-	-	X	X	-	X
1D04	-	-	-	X	X	-	X
1D05	-	-	-	X	X	-	X
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-
ESP	-	-	-	-	X	-	X
PNANO	-	-	-	-	-	-	-
SING		X	X	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	-	-	X	X	-	X
QAN	X	-	-	-	-	X	-
QINOR	X	-	-	X	X	-	X
AINST	X	-	-	X	X	-	X
DIAAQ	-	-	-	-	-	-	X
NUPE	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	X
1Za1	-	-	-	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-	-	-	-
1Zb102	-	-	-	-	-	-	-
1Zb103	-	-	-	-	-	-	-
1Zb104	-	-	-	-	-	-	-
1Zb110	-	-	-	-	-	-	-
1Zb111	-	-	-	-	-	-	-
1Zb112	-	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	X	-	-	X	-	-	-
Total	5	1	1	9	9	1	11

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C3 – (continuação) Sais utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Sais				
	Sulfato ferroso	Sulfato de mercúrio	Sulfato de sódio	Tiocianatos	Tiossulfatos
1D01	-	-	-	-	-
1D02	-	-	-	-	-
1D03	-	-	-	-	-
1D04	-	-	-	-	-
1D05	-	-	-	-	-
LAFOT	-	-	-	-	-
ESP	-	-	-	-	X
PNANO	-	-	-	-	-
SING	-	-	-	-	-
QAMB	X	X	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-
FISQUI	X	-	X	X	X
QAN	-	-	X	-	-
QINOR	X	-	X	X	X
AINST	X	-	X	X	X
DIAAQ	X	-	-	-	X
NUPE	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-
1Za1	-	-	X	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	X	-	-
1Zb102	-	-	X	-	-
1Zb103	-	-	X	-	-
1Zb104	-	-	X	-	-
1Zb110	-	-	X	-	-
1Zb111	-	-	X	-	-
1Zb112	-	-	X	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-
LABSAN	X	X	-	-	-
Total	6	2	12	3	5

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C4 – Óxidos utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica (continua)

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Óxidos								
	Antimônio	Arsênio III	Cálcio	Chumbo II	Cobre II	Cromo III	Cromo VI	Dióxido de chumbo	Dióxido de manganês
1D01	-	-	-	X	-	X	-	X	-
1D02	-	-	-	X	-	X	-	X	-
1D03	-	-	-	X	-	X	-	X	-
1D04	-	-	-	X	-	X	-	X	-
1D05	-	-	-	-	-	-	-	X	-
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP	X	X	-	X	-	X	X	-	-
PNANO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SING	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	-	-	X	-	X	-	-	X	X
QAN	-	-	X	-	X	-	-	X	X
QINOR	-	-	X	-	X	-	-	X	X
AINST	-	-	X	-	X	-	-	X	X
DIAAQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb111	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb112	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1	1	4	5	4	5	1	9	4

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C4 – (continuação) Óxidos utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Óxidos								
	Estanho	Ferro II	Ferro III	Magnésio	Manganês	Mercurio	Metilmercúrio	Níquel II	Pentóxido de fósforo
1D01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP	X	X	X	X	-	X	X	X	-
PNANO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SING	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	-	-	-	X	X	-	-	-	-
QAN	-	-	-	X	X	-	-	-	-
QINOR	-	-	-	X	X	-	-	-	-
AINST	-	-	-	X	X	-	-	-	-
DIAAQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	-	-	X
1Za1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb111	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb112	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1	1	1	5	4	1	1	1	1

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C4 – (continuação) Óxidos utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Inorgânicas - Óxidos			
	Peróxido de hidrogênio	Selênio	Óxido de titânio	Óxido de tungstênio
1D01	-	-	-	-
1D02	-	-	-	-
1D03	-	-	-	-
1D04	-	-	-	-
1D05	-	-	-	-
LAFOT	-	-	x	x
ESP	x	x	-	-
PNANO	x	-	-	-
SING	-	-	-	-
QAMB	x	-	x	-
POL ¹	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-
FISQUI	x	-	-	-
QAN	x	-	-	-
QINOR	x	-	-	-
AINST	x	-	-	-
DIAAQ	x	-	-	-
NUPE	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-
1Za1	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-
1Zb102	-	-	-	-
1Zb103	-	-	-	-
1Zb104	-	-	-	-
1Zb110	-	-	-	-
1Zb111	-	-	-	-
1Zb112	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-
Total	8	1	2	1

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C5 – Hidrocarbonetos utilizados no campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Hidrocarbonetos								
	Benzeno	Diclorometano	Gasolina	Heptano	Hexano	Naftaleno	Querosene	Tolueno	Xileno
1D01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAFOT	-	-	-	-	X	-	-	X	-
ESP	-	-	-	-	X	-	-	X	-
PNANO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SING	-	-	-	-	X	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	-	X	X	X	X	X	-	X
QAN	X	-	X	X	X	X	X	-	X
QINOR	X	-	X	X	X	X	X	-	X
AINST	X	-	X	X	X	X	X	-	X
DIAAQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za1	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	X	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	X	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	X	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	X	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	X	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	X	-	-	-	-
1Zb101	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Zb102	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Zb103	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Zb104	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Zb110	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Zb111	-	X	-	-	-	-	-	-	-
1Zb112	-	X	-	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	4	8	4	4	13	4	4	2	4

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C6 – Álcoois utilizados nos laboratórios do campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Álcoois					
	Etanol	Isoamílico	Isopropanol	Isopropílico	Metanol	n butanol
1D01	-	-	-	-	-	-
1D02	-	-	-	-	-	-
1D03	-	-	-	-	-	-
1D04	-	-	-	-	-	-
1D05	-	-	-	-	-	-
LAFOT	x	-	x	-	x	-
ESP	x	-	-	-	x	-
PNANO	x	-	-	-	-	-
SING	x	-	-	-	x	-
QAMB	x	-	-	-	x	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-
FISQUI	x	x	x	x	x	x
QAN	x	x	x	x	x	x
QINOR	x	x	x	x	x	x
AINST	x	x	x	x	x	x
DIAAQ	-	-	-	-	-	-
NUPE	x	-	-	-	x	-
NUPPEN	x	-	-	-	x	-
1Za1	x	-	-	-	x	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-
1K01	x	x	-	-	-	-
1K02	x	x	-	-	-	-
1K03	x	x	-	-	-	-
1K04	x	x	-	-	-	-
1K05	x	x	-	-	-	-
1K06	x	x	-	-	-	-
1Zb101	x	-	-	-	x	-
1Zb102	x	-	-	-	x	-
1Zb103	x	-	-	-	x	-
1Zb104	x	-	-	-	x	-
1Zb110	x	-	-	-	x	-
1Zb111	x	-	-	-	x	-
1Zb112	x	-	-	-	x	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-
LABSAN	x	-	-	-	-	-
Total	26	10	5	4	18	4

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C7 – Fenóis utilizados no campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Fenóis			
	Aminofenóis	Aminotiofenóis	Diclorofenol Indofenol	Fenol
1D01	-	-	-	X
1D02	-	-	-	X
1D03	-	-	-	X
1D04	-	-	-	X
1D05	-	-	-	X
LAFOT	-	-	-	-
ESP	-	-	-	X
PNANO	X	X	-	-
SING	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-
FISQUI	-	-	-	X
QAN	-	-	-	X
QINOR	-	-	-	X
AINST	-	-	-	X
DIAAQ	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-
1Za1	-	-	X	-
1Za2 ²	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-
1Zb101	-	-	X	-
1Zb102	-	-	X	-
1Zb103	-	-	X	-
1Zb104	-	-	X	-
1Zb110	-	-	X	-
1Zb111	-	-	X	-
1Zb112	-	-	X	-
PSEP ³	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-
Total	1	1	8	10

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C8 – Éteres utilizados no campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Éteres			
	Dietílico	Éter de petróleo	Etilico	Metílico
1D01	-	-	-	-
1D02	-	-	-	-
1D03	-	-	-	-
1D04	-	-	-	-
1D05	-	-	-	-
LAFOT	x	-	-	-
ESP	-	-	x	x
PNANO	-	-	-	-
SING	-	-	x	-
QAMB	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-
FISQUI	-	x	x	-
QAN	-	x	x	-
QINOR	-	x	x	-
AINST	-	x	x	-
DIAAQ	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-
1Za1	-	x	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-
1Zb101	-	x	-	-
1Zb102	-	x	-	-
1Zb103	-	x	-	-
1Zb104	-	x	-	-
1Zb110	-	x	-	-
1Zb111	-	x	-	-
1Zb112	-	x	-	-
PSEP ³	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-
Total	1	12	6	1

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C9 – Ácidos carboxílicos utilizados no campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Ácidos carboxílicos								
	Acético	Aminoetanóico	Cítrico	Fórmico	Hidroxibenzóico	Hidroxifenilacético	L-ascórbico	Oxálico	Tártarico
ID01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ID02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ID03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ID04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ID05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAFOT	x	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP	x	-	x	-	-	-	-	-	-
PNANO	-	x	-	-	x	x	-	-	-
SING	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	x	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	x	-	-	-	-	-	-	x	x
QAN	x	-	-	-	-	-	-	x	x
QINOR	x	-	-	-	-	-	-	x	x
AINST	x	-	-	-	-	-	-	x	x
DIAAQ	x	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPE	x	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	x	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za1	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Zb102	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Zb103	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Zb104	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Zb110	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Zb111	x	-	x	-	-	-	x	x	-
1Zb112	x	-	x	-	-	-	x	x	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	17	1	9	1	1	1	8	12	4

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C10 – Aminas utilizadas no campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Aminas								
	Aminofênóis	Anilina	2,2 - dietilhidroxilamina	Etanolamina	1,10-fenanolina	Hidrazina	Tiramina	Trietolamina	Trimetilamina
1D01	-	-	-	-	-	X	-	-	-
1D02	-	-	-	-	-	X	-	-	-
1D03	-	-	-	-	-	X	-	-	-
1D04	-	-	-	-	-	X	-	-	-
1D05	-	-	-	-	-	X	-	-	-
LAFOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP	-	-	-	-	-	-	-	-	X
PNANO	X	-	-	X	-	-	X	-	-
SING	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QAMB	-	-	-	-	X	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	-	X	-	-	-	-	-	X	-
QAN	-	X	-	-	-	-	-	X	-
QINOR	-	X	-	-	-	-	-	X	-
AINST	-	X	-	-	-	-	-	X	-
DIAAQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1K06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb111	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1Zb112	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Total	1	4	1	1	1	5	1	4	1

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C11 – Solventes halogenados e não halogenados utilizados no campus Santa Mônica

Laboratórios	Solventes Halogenados e Não Halogenados					
	Solventes halogenados				Solventes não halogenados	
	Clorofórmio	Dicloroetano	Diclorometano	Tetracloroeto de carbono	Dimetilsulfóxido	Tetrahidrofurano
ID01	-	-	-	-	-	-
ID02	-	-	-	-	-	-
ID03	-	-	-	-	-	-
ID04	-	-	-	-	-	-
ID05	-	-	-	-	-	-
LAFOT	-	X	X	-	X	-
ESP	X	-	-	-	-	-
PNANO	-	-	-	-	-	-
SING	X	-	X	-	X	X
QAMB	-	-	-	-	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	-	X	X	-	-
QAN	X	-	X	X	-	-
QINOR	X	-	X	X	-	-
AINST	X	-	X	X	-	-
DIAAQ	-	-	-	-	-	-
NUPE	-	-	-	-	-	-
NUPPEN	-	-	-	-	-	-
1Za1	-	-	-	-	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-
IK01	-	-	-	-	-	-
IK02	-	-	-	-	-	-
IK03	-	-	-	-	-	-
IK04	-	-	-	-	-	-
IK05	-	-	-	-	-	-
IK06	-	-	-	-	-	-
1Zb101	-	-	-	-	-	-
1Zb102	-	-	-	-	-	-
1Zb103	-	-	-	-	-	-
1Zb104	-	-	-	-	-	-
1Zb110	-	-	-	-	-	-
1Zb111	-	-	-	-	-	-
1Zb112	-	-	-	-	-	-
PSEP ³	-	-	X	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-
Total	6	1	6	4	2	1

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.

Apêndice C12 – Aldeídos, cetonas, esteres, amidas, nitrilas e isonitrilas, haletos de alquila e de arila utilizados no campus Santa Mônica

Laboratórios	Substâncias Orgânicas - Aldeídos, Cetonas, Esteres, Amidas, Nitrilas e Isonitrilas, Haletos de Alquila e Arila						
	Aldeídos	Cetonas	Esteres	Amidas	Nitrilas e Isonitrilas	Haletos de Alquila	Haletos de Arila
	Formaldeído	Propanona	Acetato de Etila	Dimetilformamida	Acetonitrila	Clorofórmio	Brometo de etílico
1D01	-	X	-	-	X	-	-
1D02	-	X	-	-	X	-	-
1D03	-	X	-	-	X	-	-
1D04	-	X	-	-	X	-	-
1D05	-	X	-	-	X	-	-
LAFOT	-	X	-	-	X	-	-
ESP	X	X	X	-	X	X	-
PNANO	-	-	-	-	X	-	X
SING	-	X	-	-	X	X	-
QAMB	-	-	-	-	X	-	-
POL ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ1 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ2 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ3 ¹	-	-	-	-	-	-	-
BIOQ4 ¹	-	-	-	-	-	-	-
FISQUI	X	X	-	-	-	X	-
QAN	X	X	-	-	-	X	-
QINOR	X	X	-	-	-	X	-
AINST	X	X	-	-	-	X	-
DIAAQ	-	X	-	-	X	-	-
NUPE	-	-	-	X	X	-	-
NUPPEN	-	X	-	-	X	-	-
1Za1	-	X	-	-	X	-	-
1Za2 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za3 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za4 ²	-	-	-	-	-	-	-
1Za5 ²	-	-	-	-	-	-	-
LAGES	-	-	-	-	-	-	-
1K01	-	X	X	-	-	-	-
1K02	-	X	X	-	-	-	-
1K03	-	X	X	-	-	-	-
1K04	-	X	X	-	-	-	-
1K05	-	X	X	-	-	-	-
1K06	-	X	X	-	-	-	-
1Zb101	-	X	-	-	X	-	-
1Zb102	-	X	-	-	X	-	-
1Zb103	-	X	-	-	X	-	-
1Zb104	-	X	-	-	X	-	-
1Zb110	-	X	-	-	X	-	-
1Zb111	-	X	-	-	X	-	-
1Zb112	-	X	-	-	X	-	-
PSEP ³	-	-	-	-	-	-	-
LABSAN	-	-	-	-	-	-	-
Total	5	28	7	1	21	6	1

¹ Laboratórios que não entregaram os Questionários que foram aplicados.

² Laboratórios que se abstiveram de responder o Questionário.

³ Laboratórios que não informaram as substâncias químicas ou as não utilizam.