

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Karolyna Costa Aguiar

**Comparação dos potenciais de conservação de água
com a prática do reúso de águas cinza e com a coleta
segregada da urina humana em uma edificação
residencial multifamiliar**

VITÓRIA
2011

Karolyna Costa Aguiar

**Comparação dos potenciais de conservação de água
com a prática do reúso de águas cinza e com a coleta
segregada da urina humana em uma edificação
residencial multifamiliar**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA
2011

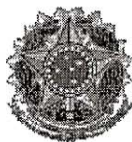
Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A282c Aguiar, Karolyna Costa, 1982-
Comparação dos potenciais de conservação de água com a
prática do reúso de águas cinza e com a coleta segregada da
urina humana em uma edificação residencial multifamiliar /
Karolyna Costa Aguiar. – 2011.
132 f. : il.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Água - Reutilização. 2. Água - Consumo. I. Gonçalves,
Ricardo Franci. II. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

“Comparação dos potenciais de conservação de água da prática do reuso de águas cinza e da coleta segregada da urina humana em uma edificação residencial multifamiliar”.

KAROLYNA COSTA AGUIAR

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador – DEA/CT/UFES

Profª. Dra. Cristina Engel de Alvarez
Examinadora Interna – DAU/CAR/UFES

Profª. Dra. Rosane Hein de Campos
Examinadora Interna – DEA/CT/UFES

Profª. Dra. Paula Loureiro Paulo
Examinadora Externa – UFMS

Coordenadora do PPGEA: Profª. Dra. Regina de Pinho Keller

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória, ES, 28 de fevereiro de 2011.

Aos meus pais, Mônica e José Maria,
à minha irmã Ana Paula e ao Peique
pelo apoio e paciência.

“If I urinated and defecated into a pitcher of drinking water and then proceeded to quench my thirst from the pitcher, I would undoubtedly be considered crazy. If I invented an expensive technology to put my urine and feces into my drinking water, and then invented another expensive technology to make the same water fit to drink, I might be thought even crazier. It is not inconceivable that some psychiatrist would ask me knowingly why I wanted to mess up my drinking water in the first place”.

Wendel Berry

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais José Maria e Mônica e à minha irmã Ana Paula pelo apoio, por não medirem esforços para minha formação e acreditarem na minha capacidade.

Ao Peique, pelo apoio, paciência, incentivo, carinho e compreensão.

Aos meus amigos, por entenderem a minha ausência.

Ao professor Ricardo Franci Gonçalves, pela orientação, pelos ensinamentos e confiança em mim depositada.

À Banca Examinadora – Prof^a Paula Loreiro Paulo, Prof^a Cristina Engel de Alvarez e Prof^a. Rosane Hein de Campos –, pela disponibilidade em me avaliar.

À professora Cristina Engel de Alvarez, pela amizade, pelos ensinamentos e ajuda fundamental nesta pesquisa.

À professora Carla do Departamento de Engenharia Elétrica, por toda a ajuda.

À professora Mariângela do Instituto Federal do Espírito Santo, por toda a ajuda.

A Karla Limoeiro, Fernanda Guzzo, Fábio Aleixo, Jeaninna e Pedro Ivo. Vocês foram meu braço direito! Muito obrigada.

À amiga Júlia Brum, pelos ensinamentos e por descomplicar as coisas quando eu complicava.

Aos voluntários que muito me ajudaram na coleta de dados: Marina Memeli, Vinícius Bozan, Thiago Keller, Luísa, Rômulo, Bruno e Thiago Poletto.

A Mônica Pertel, por toda orientação e disponibilidade nos momentos de dúvida.

A Laila Vaz, pelos ensinamentos e grande ajuda durante a pesquisa.

Ao professor Jair Casagrande, que muito ajudou nesta pesquisa e me socorreu nos momentos difíceis.

Ao professor e amigo Jonas Braz Murari, pela atenção e disponibilidade solicitada em cima da hora em ajudar.

A todos os amigos da ETE, Priscilla, Gabriel, Laila, Camila, Rosilene, Rosane, Luís, Júlia, Glyvani, pelos ensinamentos e por todo o apoio.

Aos amigos do Laboratório de Planejamento e Projetos da Ufes, por todo o apoio.

Aos condôminos do edifício Luiz Nogueira, em especial ao síndico e aos porteiros.

À Fluir Engenharia, em especial às engenheiras Giovana e Renate e à bióloga Thais Cardinali, pela paciência e por todo o apoio dado à pesquisa.

À Construtora Mazzini Gomes, pelo patrocínio e pela parceria neste projeto.

Às empresas, Condonal, Cesan, Optimale, Servcom, Incontrol, Sika e EDP Escelsa, pela parceria.

A SHS serviços hidráulicos, principalmente ao Veiga, pela parceria e suporte com a parte hidráulica.

Aos amigos – cujos nomes não vou citar para não constrangê-los –, que contribuíram para a coleta de dados sobre frequência de utilização da bacia sanitária.

Ao Cnpq -MCT -CT-HIDRO, pelo financiamento da pesquisa.

À Capes, pela bolsa.

RESUMO

A crescente urbanização brasileira caracteriza-se, especialmente nas últimas décadas, pelo crescimento descontrolado da população em conjunto com o desenvolvimento industrial, o que implica problemas de abastecimento e escassez de água. Diante disso, medidas de conservação de água estão sendo implantadas em edifícios residenciais. Uma dessas medidas é o reúso de águas cinza. O objetivo deste trabalho foi verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinza implantado em um edifício residencial, na conservação de água potável e nas vazões de águas residuárias. Procedeu-se, também, à avaliação do potencial de conservação de água e redução de águas residuárias nesse edifício, com a implantação de sistemas sanitários alternativos, como o gerenciamento seco e/ou segregado da urina humana. Os consumos de água, bem como a produção de águas residuárias, foram obtidos a partir do monitoramento dos medidores de água e de águas residuárias instalados na edificação. O monitoramento foi realizado por meio de leituras diárias, com início às 8h, de todos os medidores do edifício, além do levantamento de quatro perfis vinte e quatro horas. A fim de se verificar o potencial de conservação de água e redução de águas residuárias com o gerenciamento alternativo da urina humana e com o reúso de águas cinza na edificação, foram simulados 5 cenários. O cenário 1 corresponde ao edifício existente monitorado. O cenário 2 é o edifício convencional sem reúso de águas cinza. No cenário 3, o reúso de águas cinza é proposto para rega de jardim, limpeza de área pavimentada, além das descargas. No cenário 4a, propõe-se o uso de bacias sanitárias segregadoras em substituição às bacias sanitárias existentes, sendo o cenário 4b a variação desse cenário, acrescentando-se o reúso de águas cinza para descarga. No cenário 5a, propõe-se o uso de mictório unissex seco nos banheiros, em conjunto com a bacia sanitária existente para defecar – o cenário 5b acrescenta ao 5a o reúso de águas cinza para descarga. Verificou-se que uma economia de água potável de 11% foi obtida com a utilização do reúso de águas cinza para descarga de bacias sanitárias, dados obtidos a partir de 180 dias de monitoramento. Com 10 dias de monitoramento, verificou-se que a prática do reúso acarretou uma redução de 9,45% de esgoto doméstico. A substituição das bacias sanitárias existentes por bacias sanitárias segregadoras acarretaria uma redução de 8% no consumo de água e uma redução de águas residuárias em torno de 9%, sendo estocados 0,10 m³/d de urina. A introdução de mictórios unissex secos permitiria uma redução do consumo de água de 7% e uma redução de águas residuárias em torno de 8%, sendo estocados 0,06m³/d de urina. Dentro das opções inovadoras de conservação de água propostas nos cenários, a que apresentou maior potencial (16%) de redução do consumo de água potável e consequente redução de águas residuárias lançadas na rede pública de coleta de esgoto foi o reúso de águas cinza proposto no Cenário 3, o que demonstrou a importância do incremento da água de reúso em edifícios para conservação de água potável.

Palavras-chave: reúso de água cinza; produção de águas residuárias; consumo de água; segregação da urina, edificação multifamiliar.

ABSTRACT

The increasing urbanization in Brazil has been characterized, especially in the past decades, by uncontrolled population growth and industrial development, which result in water supply and shortage problems. In face of this, water conservation measures have been implanted in residential buildings. One of these measures is greywater reuse. This study aims at verifying the impact of the greywater reuse system implanted in a residential building on drinking water conservation and wastewater flow. It also aimed at assessing the water conservation potential and wastewater reduction in this building with the implantation of alternative sanitation systems such as human urine management. Water consumption and wastewater production readings were obtained from water and wastewater meters installed in the building. This monitoring was carried out daily; starting at 8 a.m. by reading all the meters in the building, besides four 24-hour usage profile readings. In order to verify the water conservation potential and wastewater reduction with human urine alternative management and greywater reuse, 5 scenarios were simulated for this building. The first Scenario represents the real building which was monitored, in which greywater is reused for toilet flushing. The second Scenario corresponds to the conventional building without greywater reuse. In the third Scenario the greywater reuse is proposed for watering gardens and washing paved areas, besides toilet flushing. In Scenario 4a the use of urine diversion toilets is proposed to replace the existing toilets. Scenario 4b is a variation of 4a, adding the greywater reuse for toilet flushing. In Scenario 5a the use of waterless unisex urinals combined with the existing toilet used just for feces is indicated. Scenario 5b adds greywater reuse for flushing to Scenario 5a. Results show that there was 11% of potable water savings by reusing greywater for toilet flushing — data obtained after 180-day monitoring. After monitoring for 10 days, it was found that the reuse practice has led a wastewater reduction of 9.45%. Replacing the existing toilets with urine diversion toilets would result in an 8% reduction in water consumption, and a reduction of about 9% in wastewater, storing 0.10 m³/d of urine. The implantation of waterless unisex urinals would allow a water consumption reduction of 7%, and wastewater reduction of about 8%, storing 0.06m³/d of urine. Among the innovative water conservation options proposed in the 5 scenarios, the one with highest potential (16%) for reducing drinking water consumption, and consequently reducing wastewater discharge to public sewers, was the reuse of greywater proposed in Scenario 3, which showed the importance of increasing water reuse in residential buildings so as to decrease drinking water consumption.

Keywords: greywater reuse; wastewater production; water consumption; urine diversion, multi-family residential building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição do consumo de água nas residências brasileiras.....	26
Figura 2: A separação dos elementos do saneamento ecológico e os exemplos de possíveis tratamentos e utilizações.	30
Figura 3: Esquema de um sistema alternativo de gerenciamento de águas em uma edificação.	30
Figura 4: Esquema do sistema de gerenciamento de águas de uma edificação localizada na Ufes.	31
Figura 5: Bacia sanitária compartimentada (sistema separador.).....	32
Figura 6: Mictórios femininos e masculinos.	33
Figura 7: Modo de utilização do mictório feminino.	33
Figura 8: Mictório sem água.....	33
Figura 9: Dispositivo com selo oleoso.	33
Figura 10: Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.	34
Figura 11: Edifício monitorado.	35
Figura 12: Área de lazer do edifício.	35
Figura 13: Vista geral da ETAC, no subsolo.....	35
Figura 14: Vista geral das cisternas e da ETAC, no subsolo.	35
Figura 15: Planta humanizada sem escala pavimento tipo.	36
Figura 16: Bacia sanitária com erro de conexão.....	37
Figura 17: Esquema de distribuição de água e coleta de esgoto no edifício.....	38
Figura 18: Caixa de distribuição de água cinza.	39
Figura 19: Tulipas da caixa de entrada.	39
Figura 20: Fluxograma de funcionamento da ETAC.	39
Figura 21: Hidrômetros individuais instalados em cada pavimento tipo, antes da intervenção.	44
Figura 22: Hidrômetros individuais instalados em cada pavimento tipo, após intervenção.	44
Figura 23: Esquema de distribuição dos hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento.	45
Figura 24: Série histórica do consumo de água e da população na edificação.	49
Figura 25: Série histórica da população do edifício, com a identificação de moradores e funcionários.	50
Figura 26: Série histórica de consumo de AT do condomínio e dos apartamentos.	51
Figura 27: Distribuição do consumo de AP e AR.	51
Figura 28: Setorização do consumo de água.	51
Figura 29: Consumo diário de AT nos setores do edifício.	52
Figura 30: Variação do consumo de água nos apartamentos ao longo dos meses monitorados.	53
Figura 31: Variação do consumo <i>per capita</i> nos apartamentos nos meses monitorados.....	53
Figura 32: Variação do consumo de água ao longo dos meses monitorados na área comum do condomínio. ...	54
Figura 33: Variação do consumo de AFP, AQP e AR nos apartamentos ao longo da semana.	54
Figura 34: Variação do consumo <i>per capita</i> de AFP, AQP e AR ao longo da semana nos apartamentos.	55
Figura 35: Variação do consumo <i>per capita</i> de AFP, AQP e AR nos apartamentos ao longo da semana.	55
Figura 36: Perfil de consumo de água em 24 horas.	56
Figura 37: Perfil de consumo <i>per capita</i> de água em 24 horas.	57
Figura 38: Comparativo da população e dos consumos diários médios dos apartamentos ocupados.....	57
Figura 39: Consumo <i>per capita</i> médio de AFP e AQP dos aps em comparação com o IC de referência.....	58
Figura 40: Calha <i>parshall</i> e sensor de nível ultrassônico.....	67
Figura 41: Conversor.	67
Figura 42: Esquema de distribuição dos medidores que compõem o sistema de monitoramento das vazões de esgoto.	68
Figura 43: Série histórica de águas residuárias.	77
Figura 44: Variação da produção de esgoto doméstico.	78

Figura 45: Composição do ED _{Total} produzido.	78
Figura 46: Composição do ED _{Rede}	78
Figura 47: Perfil de produção de esgoto doméstico em 24 horas.....	79
Figura 48: Perfil <i>per capita</i> de produção de esgoto doméstico em 24 horas.....	80
Figura 49: Vazão de ED _{Rede} em comparação com o consumo de AP e de AT no período de 10 dias.	89
Figura 50: Oferta de águas cinza-claras <i>versus</i> consumo de água de reúso e população no período de 10 dias.	90
Figura 51: Produção <i>per capita</i> de ED _{Rede} , em comparação com os consumos <i>per capita</i> de AP e de AT.....	91
Figura 52: Produção <i>per capita</i> de águas cinza-claras <i>versus</i> consumo <i>per capita</i> de água de reúso.	92
Figura 53: Perfil de consumo de AP e AT e produção de ED _{REDE} em 24 horas.	93
Figura 54: Perfil de consumo <i>per capita</i> de AP e AT e produção <i>per capita</i> de ED _{REDE} em 24 horas.....	93
Figura 55: Perfil 24 horas de produção de AC _{claras} , e consumo de AR.	94
Figura 56: Perfil 24 horas <i>per capita</i> de produção de AC _{claras} , e consumo de AR.	94
Figura 57: Bacia sanitária segregadora com caixa acoplada e com duplo acionamento de descarga.	103
Figura 58: Mictório seco unissex.	106
Figura 59: Dispositivo com selo oleoso.	106
Figura 60: Desenho esquemático do gerenciamento segregado da urina humana no edifício.	110
Figura 61: Indicadores <i>per capita</i> de consumo de água em cada cenário.	111
Figura 62: Indicadores <i>per capita</i> de consumo de água das bacias sanitárias em cada cenário.	111
Figura 63: Desenho esquemático do gerenciamento seco e segregado da urina humana no edifício.	112
Figura 64: Indicadores <i>per capita</i> de produção de águas residuárias em cada cenário.	113
Figura 65: Curva exponencial relacionando a Q _{real} (eixo y) com a Q _{lída} (eixo x).....	128
Figura 66: Curva linear relacionando a Q _{real} (eixo y) com a Q _{lída} (eixo x).....	128
Figura 67: Curva exponencial relacionando a Q _{real} (eixo y) com a Q _{lída} (eixo x).....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Usos finais da água em residências.	27
Tabela 2: Total de equipamentos que utilizam água potável ou não potável.....	37
Tabela 3: Análise estatística do consumo de água.....	50
Tabela 4: Coeficiente de vazão máxima diária.	50
Tabela 5: Percentual referente ao consumo de água das bacias sanitárias com caixa de descarga e volume nominal de 6 litros em relação ao consumo total de água utilizada no interior das residências.	52
Tabela 6: Coeficientes de variação de vazão horária.	56
Tabela 7: Indicadores de consumo <i>per capita</i> de AFP, AQP, AP, AR e AT em comparação com a literatura.	58
Tabela 8: Indicadores de consumo <i>per capita</i> de AFP, AQP, AP, AR e AT em comparação com a literatura.....	60
Tabela 9: Indicadores de consumo por área de AFP, AQP, AP, AR e AT em comparação com a literatura.	60
Tabela 10: Impacto de redução do consumo de água potável.....	61
Tabela 11: Frequência de uso da bacia sanitária na residência por morador.	74
Tabela 12: Frequência de uso da bacia sanitária na residência por morador.	75
Tabela 13: Frequência de uso da bacia sanitária por funcionária doméstica no trabalho.....	75
Tabela 14: Volume de urina excretado por pessoa por ato de urinar.....	75
Tabela 15: Volume de urina excretado por pessoa por ato de urinar.....	76
Tabela 16: Taxa de geração de fezes humanas por pessoa por dia.	76
Tabela 17: Análise estatística da produção de esgoto doméstico.....	77
Tabela 18: Coeficiente de vazão máxima diária.	77
Tabela 19: Coeficiente de vazão máxima diária.	79
Tabela 20: Indicadores de produção <i>per capita</i> de AC claras, AC escuras, AN, ED Rede e ED Total em comparação com a literatura.....	80
Tabela 21: Impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora.	81
Tabela 22: Análise estatística do consumo de água, da produção de esgoto e da população do edifício em 10 dias de monitoramento.	90
Tabela 23: Análise estatística do consumo (demanda) de água de reúso e da produção (oferta) de AC claras...	91
Tabela 24: Análise estatística do consumo de água, da produção de esgoto e da população do edifício.....	91
Tabela 25: Análise estatística do consumo de água, da produção de esgoto e da população do edifício.....	92
Tabela 26: Balanço hídrico do edifício monitorado.....	94
Tabela 27: Coeficientes de retorno obtidos em comparação com a literatura.....	95
Tabela 28: Consumos de água em cada cenário.	109
Tabela 29: Produção de águas residuárias em cada cenário.....	112
Tabela 30: Reduções de consumo de água e produção de esgoto previstas nos cenários.....	114
Tabela 31: Descrição das 5 vazões de referências.....	125
Tabela 32: Dados obtidos com a vazão 1.	126
Tabela 33: Dados obtidos com a vazão 2.	126
Tabela 34: Dados obtidos com a vazão 3.	127
Tabela 35: Dados obtidos com a vazão 4.	127
Tabela 36: Dados obtidos com a vazão 5.	128
Tabela 37: Frequência de utilização da bacia sanitária (BS).....	130
Tabela 38: Descrição das atividades de limpeza da área comum do edifício.....	131
Tabela 39: Descrição das atividades de rega de jardim do edifício.....	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Pontos de consumo de água potável (fria e quente) e não potável.	36
Quadro 2: Hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento do consumo de água do edifício.	44
Quadro 3: Detalhamento dos consumos de água monitorados no edifício.....	46
Quadro 4: Equipamentos que compõem o sistema de monitoramento das vazões de esgoto.....	68
Quadro 5: Detalhamento das produções de efluentes, monitoradas.....	69
Quadro 6: Descrição dos cenários de consumo de água e produção de esgoto estudados.	101

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

%	porcentagem
$\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$	intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento 24 horas
$\Delta T_{\text{monit. diário}}$	intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento diário
Σ	somatório
A	altura
AA	águas amarelas
AC	água cinza
AC _{claras}	águas cinza-claras
AC _{claras Rede}	águas cinza-claras lançadas na rede coletora de esgoto, sem a parcela que é reutilizada
AC _{claras Total}	total de águas cinza-claras
AC _{escuras}	águas cinza-escuras
AF	água fria
AFP	água fria potável
AM	águas marrons
AN	águas negras
ANA	Agência Nacional de Águas
AP	água potável
Ap.	apartamento
Aps.	apartamentos
AQ	água quente
AQP	água quente potável
AR	água de reúso
AT	água total
B	comprimento
banh.	banheiro
BASC	edifícios dotados de bacia com caixa de descarga acoplada
BS	bacia sanitária
BSS	bacia sanitária segregadora
C	consumo diário médio de água do edifício (ℓ/d)
$C_{BS AP}$	consumo bacia sanitária água potável
$C_{BS AR}$	consumo bacia sanitária água de reúso
c/	com
C1	cenário 1
C2	cenário 2
C3	cenário 3
C4	cenário 4
C4a	cenário 4a
C4b	cenário 4b
C5	cenário 5
C5a	cenário 5a
C5b	cenário 5b
C_{AFP}	consumo de água fria potável do edifício
$C_{AFP Ap.}$	consumo de água fria potável de cada apartamento
$C_{AFP Aps.}$	consumo de água fria potável de todos os apartamentos
$C_{AFP Condominio}$	consumo de água fria potável do condomínio

C_{AP}	consumo de água potável do edifício
$C_{AP\ Ap.}$	consumo de água potável de cada apartamento
$C_{AP\ Aps.}$	consumo de água potável de todos os apartamentos
$C_{AP\ Aps.\ C1}$	consumo de AP dos Aps. no Cenário 1 (ℓ/d)
$C_{AP\ C1}$	consumo de água potável no Cenário 1 (ℓ/d)
$C_{AP\ C3}$	consumo de AP no Cenário 3 (ℓ/d)
$C_{AP\ C4a}$	consumo de AP no Cenário 4a (ℓ/d)
$C_{AP\ C5a}$	consumo de AP no Cenário 5a (ℓ/d)
$C_{AP\ Condomínio\ C1}$	consumo de AP da área comum do condomínio no Cenário 1 (ℓ/d)
C_{AQP}	consumo de água quente potável do edifício
$C_{AQP\ Ap.}$	consumo de água quente potável de cada apartamento
$C_{AQP\ Aps.}$	consumo de água quente potável de todos os apartamentos
C_{AR}	consumo de água de reúso do edifício
$C_{AR\ 2h}$	consumo de AR do edifício em 2 horas (ℓ/2h)
$C_{AR\ Aps}$	consumo de água de reúso de todos os apartamentos
$C_{AR\ C1}$	consumo de AR no Cenário 1 (ℓ/d)
$C_{AR\ C3}$	consumo de AR no Cenário 3 (ℓ/d)
C_{AT}	consumo de água total do edifício
$C_{BS\ C5a}$	consumo de AP das BS no Cenário 5a (ℓ/d)
$C_{BSS\ C4a}$	consumo de AP das BSS no Cenário 4a (ℓ/d)
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
C_{rAP}	coeficiente de retorno em relação ao consumo de água potável
C_{rAT}	coeficiente de retorno em relação ao consumo de água total
CT-HIDRO	Fundo Setorial de Recursos Hídricos
CV	coeficiente de variação
d	dia
$D_{0,1\ ℓ}$	volume nominal de descarga de 0,1 litro utilizado para carreamento da urina (ℓ)
$D_{0,4\ ℓ}$	volume nominal de descarga de 4 litros utilizado para carreamento de fezes (ℓ)
$D_{AR\ Rega\ jardim\ C3}$	demanda de AR para rega de área ajardinada (ℓ/d)
$D_{AR\ Limpeza\ C3}$	demanda de AR para limpeza de área impermeabilizada (ℓ/d)
DEC	Decantador Secundário
dorm	dormitórios
DP	desvio padrão
ED	esgoto doméstico
ED _{Rede}	esgoto doméstico lançado na rede coletora, excluindo a parcela de AC _{clara} reutilizada.
ED _{Total}	esgoto doméstico total produzido, incluindo a parcela de AC _{clara} reutilizada
ES	Espírito Santo
ETAC	estação de tratamento de águas cinza
$F_{F\ 2h}$	frequência de uso das BS nos Aps. para defecar em 2 horas (vezes/2h)
$F_{U\ 2h}$	frequência de uso das BS nos Aps. para urinar em 2 horas (vezes/2h)
$F_{U\ Fun}$	frequência diária de uso da BS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d)
$F_{U\ Mor}$	frequência diária de uso da BS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d)
$F_{UT\ 24h}$	frequência diária de uso das BS para urinar nos Aps. (vezes/d)
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FT	Filtro Terciário
h	hora
H	hidrômetro

H1	hidrômetro 1 geral de água quente potável
H2	hidrômetro 2 geral de água fria potável
H2	hidrômetro 2 geral de água fria potável
H3	hidrômetro 3 geral de água fria potável
H4	hidrômetro 4 geral de água de reúso
H5	hidrômetro 5 geral de água de reúso
H6	hidrômetro 6 geral de água de reúso
H7	hidrômetro 7 geral de água de reúso
H8	hidrômetro 8 geral de água de reúso
H9	hidrômetro 9 geral de águas cinza-claras
HIF	hidrômetro individual de água fria potável de cada apartamento
HIQ	hidrômetro individual de água quente potável de cada apartamento
IC	indicador de consumo <i>per capita</i>
$IC_{AP \text{ por área}}$	indicador de consumo de água potável por área ($\ell/m^2.d$)
$IC_{AP \text{ por dormitório}}$	indicador de consumo de água potável por dormitório ($\ell/dormitório.d$)
$IC_{AR \text{ por área}}$	indicador de consumo de água de reúso por área ($\ell/ m^2.d$)
$IC_{AR \text{ por dormitório}}$	indicador de consumo de água de reúso por dormitório ($\ell/dormitório.d$)
$IC_{AT \text{ por área}}$	indicador de consumo de água total por área ($\ell/ m^2.d$)
$IC_{AT \text{ por dormitório}}$	indicador de consumo de água total por dormitório ($\ell/dormitório.d$)
$IC_{\text{por área}}$	indicador de consumo de água por área ($\ell/m^2.d$)
$IC_{\text{por dormitório}}$	indicador de consumo de água por dormitório ($\ell/dormitório.d$)
IC_{AFP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AFP ($\ell/pes.d$)
IC_{AP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AP ($\ell/pes.d$)
$IC_{AP \text{ C2 per capita}}$	indicador de consumo <i>per capita</i> de AP do Cenário 2 ($\ell/pes.d$)
$IC_{AP \text{ Cx per capita}}$	indicador de consumo <i>per capita</i> de água potável do Cenário em estudo ($\ell/pes.d$)
IC_{AQP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AQP ($\ell/pes.d$)
IC_{AR}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AR ($\ell/pes.d$)
IC_{AT}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AT ($\ell/pes.d$)
IP	indicador de produção
IP_{AA}	indicador de produção de AA <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
IP_{AM}	indicador de produção de AM <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
$IP_{ED \text{ Rede}}$	indicador de produção de ED_{Rede} <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
$IP_{ED \text{ Rede C2}}$	indicador de produção <i>per capita</i> de ED_{Rede} no cenário 2 ($\ell/pes.d$)
$IP_{ED \text{ Rede Cx}}$	indicador de produção <i>per capita</i> de ED_{Rede} do cenário em estudo ($\ell/pes.d$)
$IP_{ED \text{ Total}}$	indicador de produção de ED_{Total} <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
$IP_{AC \text{ clara}}$	indicador de produção de AC_{claras} <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
$IP_{AC \text{ clara Rede}}$	indicador de produção de $AC_{\text{claras Rede}}$ <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
$IP_{AC \text{ clara Total}}$	indicador de produção de $AC_{\text{claras Total}}$ <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
$IP_{AC \text{ escura}}$	indicador de produção de AC_{escuras} <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
IP_{AN}	indicador de produção de AN <i>per capita</i> ($\ell/pes.d$)
IR	impacto de redução do consumo de AP (%)
IR_E	impacto de redução do lançamento de ED na rede (%)
K	potássio
$K1$	coeficiente do dia de maior consumo no ano
$K2$	coeficiente de máxima vazão horária
$K3$	coeficiente de mínima vazão horária
L	largura
ℓ	litro

ℓ/d	litros por dia
ℓ/hora	litros por hora
ℓ/m ² .d	litros por metro quadrado por dia
ℓ/pes.2h	litros por pessoa em 2 horas
ℓ/pes.d	litros por pessoa por dia
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
m ³ /2h	metro cúbico em 2 horas
m ³ /ano	metro cúbico por ano
m ³ /d	metro cúbico por dia
Máx	máxima
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
Méd	média
Min	mínima
MLL	máquina de lavar louça
MLR	máquina de lavar roupa
mm	milímetro
Monit.	monitoramento
MSU	mictório seco unissex
n	número da amostra
N	nitrogênio
Nº	número
Nº Desc. 2 h	número de descargas acionadas nos apartamentos em 2 horas (ℓ/d)
Nº Desc. 24 h	número de descargas acionadas nos apartamentos em um dia (vezes/d)
Nº dorm	número de dormitórios do edifício
P	fósforo
<i>P_{AM C5a}</i>	produção de AM no Cenário 5a (ℓ/d)
<i>P_{AN}</i>	produção diária de águas negras do edifício (ℓ/d)
<i>P_{AN Aps}</i>	produção diária de águas negras dos Aps. (ℓ/d)
<i>P_{AN Aps. 2h}</i>	produção de AN dos Aps. em 2 horas (ℓ/2h)
<i>P_{AN 2h}</i>	produção de águas negras em 2 horas do edifício (ℓ/2h)
<i>P_{AN C1}</i>	produção de AN no Cenário 1 (ℓ/d)
<i>P_{AC claras Rede}</i>	produção de águas cinza-claras excedentes da demanda e lançadas na rede coletora
<i>P_{AC claras Rede C3}</i>	produção de águas cinza-claras lançadas na rede coletora no Cenário 3 (ℓ/d)
<i>P_{AC claras Total}</i>	produção total de águas cinza-claras
<i>P_{AC claras Total C1}</i>	produção total de AC _{claras} no Cenário 1 (ℓ/d)
<i>P_{AC escuras}</i>	produção diária de águas cinza-escuras (ℓ/d)
<i>P_{AC escuras 2h}</i>	produção de águas cinza-escuras em duas horas(ℓ/2h)
<i>P_{AC escuras C1}</i>	produção de AC _{escuras} no Cenário 1 (ℓ/d)
<i>P_{AM C4a}</i>	produção de AM no Cenário 4a
<i>P_{AN + AC escuras}</i>	produção de águas negras somadas às águas cinza-escuras
<i>P_{AN + AC escuras 2h}</i>	produção de AN somadas às águas cinza-escuras em duas horas, medida pelo SCP (ℓ/2h)
<i>P_{AR}</i>	produção de água de reúso do edifício
Pav.	pavimento
Pavs.	pavimentos
<i>P_{ED Rede}</i>	produção diária média de esgoto doméstico do edifício, lançado na rede coletora (ℓ/d)
<i>P_{ED Rede C3}</i>	produção de ED _{Rede} no Cenário 3 (ℓ/d)

$P_{ED\ Rede\ C4a}$	produção de ED_{Rede} no Cenário 4a (ℓ/d)
$P_{ED\ Rede\ C4b}$	produção de ED_{Rede} no Cenário 4b (ℓ/d)
$P_{ED\ Rede\ C5a}$	produção de ED_{Rede} no Cenário 5a (ℓ/d)
$P_{ED\ Rede\ C5b}$	produção de ED_{Rede} no Cenário 5b (ℓ/d)
$P_{ED\ Total}$	produção diária média de esgoto doméstico total do edifício (ℓ/d)
pes.	pessoa
Pop	população total (moradores e funcionários) do edifício (pes)
$Pop_{Ap.}$	população de cada apartamento (pes.)
$Pop_{Aps.}$	população de todos os apartamentos
$Pop_{Aps.2h}$	população de funcionários e moradores dos Aps. em 2 horas (pes.)
Pop_F	população de funcionários dos Aps. (pes.)
Pop_{FC}	população de funcionários do condomínio (pes.)
$Pop_{FC\ 2h}$	população de funcionários do condomínio em 2 horas (pes.)
Pop_M	população de moradores do edifício (pes.)
Q_{Max}	vazão diária máxima do período monitorado (ℓ/d)
$Q_{máx\ horária}$	vazão horária máxima do dia monitorado (ℓ/hora)
$Q_{méd}$	vazão diária média do período monitorado (ℓ/d)
$Q_{méd\ horária}$	vazão horária média do dia monitorado (ℓ/hora)
$Q_{min\ horária}$	vazão horária mínima do dia monitorado (ℓ/hora)
R.T.I	reserva técnica de incêndio
RA	reservatório de armazenameto
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
RCE	rede coletora de esgoto
Ref.	referência
RIAFP	reservatório inferior de água fria potável
RIAR	reservatório Inferior de água de reúso
RSAFP	reservatório superior de água fria potável
RSAQ	reservatório superior de água quente
RSAR	reservatório superior de água de reúso
SECO	edifícios sem dispositivos economizadores
SIMIC	edifícios dotados de BS c/ caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada
SPA	sistema público de abastecimento
SPC	sistema de medição de esgoto do tipo calha <i>parshall</i>
Tq	tanque
TQE	Tanque de Equalização
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
unid.	unidade
$V_{D.\ C4a}$	volume de água utilizado nas descargas das BSS no Cenário 4a (ℓ/d)
$V_{D.\ C5a}$	volume de água utilizado nas descargas das BS no Cenário 5a (ℓ/d)
$V_{D.\ U\ C4a}$	volume total de água utilizado nas descargas das BSS p/ urina no Cenário 4a (ℓ/d)
V_F	volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de excretar (ℓ)
V_U	volume médio de urina excretado por pes. por ato de urinar (ℓ)
$V_{U\ estocado}$	volume de urina estocado no cenário 5a (ℓ/d)
$V_{U\ Total}$	volume total de urina produzido no edifício por dia (ℓ/d)
V_{U+A}	volume de urina e água estocado por dia no Cenário 4a (ℓ/d)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2 OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.1 CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL	26
3.2 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL	27
3.3 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES.....	28
3.3.1 Fontes alternativas de água	29
3.3.2 Aparelhos e dispositivos economizadores	31
4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	33
5 ASPECTOS REFERENTES AO EDIFÍCIO MONITORADO	35
5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	35
5.2 SISTEMA HIDROSSANITÁRIO	36
5.3 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA - ETAC.....	38
6 ARTIGOS.....	40
6.1 ARTIGO 1:	41
IMPACTO DO REÚSO DE ÁGUAS CINZA NO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.....	41
6.1.1 Introdução	42
6.1.2 Material e métodos.....	43
6.1.2.1 Monitoramento.....	43
6.1.2.1.1 sistema de monitoramento do consumo de água	43
6.1.2.1.2 monitoramento do consumo de água.....	45
6.1.2.2 Caracterização do consumo de água.....	45
6.1.2.3 Cálculo dos indicadores.....	47
6.1.2.3.1 indicador de consumo de água <i>per capita</i>	47
6.1.2.3.2 indicador de consumo de água por dormitório	47
6.1.2.3.3 indicador de consumo de água por área.....	47
6.1.2.4 Avaliação do impacto de redução do consumo de água potável	48
6.1.2.5 Detecção de vazamentos	48
6.1.2.6 Tratamento dos dados	48
6.1.3 Resultados e discussão.....	49
6.1.3.1 Caracterização do consumo de água.....	49
6.1.3.1.1 histórico do consumo de água e da população.....	49
6.1.3.1.2 distribuição do consumo de água	51
6.1.3.1.3 variação do consumo de água ao longo dos meses monitorados.....	53
6.1.3.1.4 variação do consumo de água ao longo da semana.....	54
6.1.3.1.5 variação horária do consumo de água	55
6.1.3.1.6 variação do consumo de água nos apartamentos.....	57
6.1.3.2 Indicadores de consumo de água.....	58
6.1.3.2.1 indicadores de consumo <i>per capita</i>	58
6.1.3.2.2 indicadores de consumo por dormitório.....	59
6.1.3.2.3 indicadores de consumo por área.....	60
6.1.3.3 Avaliação do impacto do reúso no consumo de água potável	60
6.1.4. Conclusão	61
6.1.5. Referências	62
6.2 ARTIGO 2:	64
IMPACTO DO REÚSO DE ÁGUAS CINZA NAS VAZÕES DE ESGOTO DOMÉSTICO EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.....	64

6.2.1	Introdução	65
6.2.2	Material e métodos	66
6.2.2.1	Monitoramento	67
6.2.2.1.1	sistema de monitoramento das vazões de esgoto	67
6.2.2.1.2	monitoramento das vazões de esgoto	69
6.2.2.2	Caracterização das vazões de esgoto doméstico	69
6.2.2.2.1	produção de águas negras (AN)	69
6.2.2.2.2	produção de águas cinza-escuras (AC _{escuras})	72
6.2.2.3	Cálculo dos indicadores	73
6.2.2.3.1	indicador de produção per capita de esgoto doméstico	73
6.2.2.4	Avaliação do impacto do reúso nas vazões de esgoto doméstico	74
6.2.3	Resultados e discussão	74
6.2.3.1	Caracterização das vazões de esgoto	74
6.2.3.1.1	produção de águas negras	74
6.2.3.1.2	histórico das vazões de esgoto	76
6.2.3.1.3	distribuição do esgoto doméstico	78
6.2.3.1.4	variação da produção de ED ao longo do dia	79
6.2.3.2	Indicador de produção <i>per capita</i>	80
6.2.3.3	Avaliação do impacto do reúso na produção de esgoto	81
6.2.4	Conclusão	82
6.2.5	Referências	83
6.3	ARTIGO 3:	86
	ESTUDO DA INTER-RELAÇÃO QUANTITATIVA ENTRE O CONSUMO DE ÁGUA E A PRODUÇÃO DE ESGOTO EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DOTADO DE REÚSO DE ÁGUAS CINZA	86
6.3.1	Introdução	87
6.3.2	Material e métodos	88
6.3.2.1	Monitoramento	88
6.3.2.2	Cálculo do balanço hídrico	88
6.3.2.3	Cálculo do coeficiente de retorno	89
6.3.3	Resultados e discussão	89
6.3.3.1	Consumo de água e da produção de esgoto doméstico	89
6.3.3.2	Variação horária do consumo de água e da produção de esgoto	92
6.3.3.3	Balanço hídrico e coeficiente de retorno	94
6.3.4	Conclusão	95
6.3.5	Referências	96
6.4	ARTIGO 4:	98
	POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA COM A PRÁTICA DO REÚSO DE ÁGUAS CINZA E COM O GERENCIAMENTO DA URINA HUMANA EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL	98
6.4.1	Introdução	99
6.4.2	Material e métodos	100
6.4.2.1	descrição e montagem dos cenários	101
6.4.2.1.1	cenário 1 – situação real	101
6.4.2.1.2	cenário 2 – o edifício convencional	101
6.4.2.1.3	cenário 3	102
6.4.2.1.4	cenário 4	103
6.4.2.1.5	cenário 5	106
6.4.2.2	Impacto de redução no consumo de água potável e na produção de esgoto lançado na rede	108
6.4.3	Resultados e discussão	109
6.4.4	Conclusão	114
6.4.5	Referências	115
7	DISCUSSÃO GERAL	117
8	CONCLUSÕES	119
9	RECOMENDAÇÕES	120
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
	APÊNDICES	124

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização brasileira caracteriza-se, especialmente nas últimas décadas, pelo crescimento descontrolado da população em conjunto com o desenvolvimento industrial, acarretando no aumento da demanda por água e deterioração dos mananciais, o que ocasiona problemas de abastecimento e escassez de água.

Os sistemas convencionais centralizados para o abastecimento de água e esgotamento sanitário mais comumente utilizados em países industrializados implicam elevados custos, impactos ambientais significantes e alto consumo de água e energia e não são caracterizados como uma solução sustentável de saneamento. Alternativas a tais sistemas convencionais devem ser consideradas e tornam-se cada vez mais imprescindíveis, por motivos ecológicos, econômicos ou sociais. Uma das principais questões propostas no âmbito do saneamento sustentável é a redução, ao máximo possível, do consumo de água potável para o transporte de excretas humanas (COHIM, E.; KIPERSTOK, A., 2008).

Nesse aspecto, as tecnologias de saneamento seco, as fontes alternativas de obtenção de água e o reúso de água na escala das edificações residenciais são opções que despertam grande interesse, considerando-se que o consumo nessa escala em áreas densamente urbanizadas pode atingir 50% do consumo total (GONÇALVES & JORDÃO, 2006).

A segregação de águas residuárias na escala residencial permite soluções diferenciadas para o gerenciamento de água e de resíduos urbanos, aumentando a eficiência da reciclagem de água e de nutrientes. Águas amarelas (urina) segregadas das demais águas residuárias numa edificação residencial resultam em significativa economia de água, de energia e redução de esgoto e podem, ainda, ser recuperadas e utilizadas como importante fonte de nutrientes na agricultura.

Para a segregação, podem ser utilizadas bacias sanitárias com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina, mictórios secos ou com água. Segundo Zancheta (2007), para a segregação da urina e das fezes numa edificação, é necessário haver mudanças nos sistemas prediais, com a utilização de tubulações distintas que atendam as bacias sanitárias, de modo que uma seja para as águas negras, em que se incluem as águas marrons (fezes), urina e papel higiênico, e outra, apenas, para as águas amarelas (urina) – os dois tipos de águas serão conduzidos a reservatórios separados.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinza implantado em um edifício residencial, na conservação de água e nas vazões de esgoto doméstico e avaliar o potencial de conservação de água e redução de esgoto nesse edifício, com a implantação de sistemas sanitários alternativos, como o gerenciamento segregado da urina humana.

1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A formatação desta dissertação foi realizada sob a forma de artigos e segue a estruturação descrita a seguir. **Item 1** – apresenta uma introdução ao tema da pesquisa. O **item 2** apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa. O **item 3** apresenta uma revisão bibliográfica sobre as questões da pesquisa e discute assuntos relacionados ao consumo de água e a produção de águas residuárias em edificações residenciais. O **item 4** contextualiza a pesquisa, e o **item 5** apresenta os aspectos referentes ao edifício

monitorado. No **item 6**, são apresentados os 4 artigos desenvolvidos nesta pesquisa. No **item 6.1 (Artigo 1)**, faz-se uma caracterização quantitativa do consumo de água de uma edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza, com o intuito de se avaliar o impacto do reúso no consumo de água potável desse edifício. No **item 6.2 (Artigo 2)**, faz-se uma caracterização quantitativa da produção de águas residuárias geradas na edificação objeto de estudo a fim de se verificar o impacto do reúso de águas cinza nas vazões de esgoto doméstico do edifício. No **item 6.3 (Artigo 3)**, faz-se avaliação da inter-relação quantitativa do consumo de água e a produção de esgoto no edifício objeto de estudo. O último artigo apresentado no **item 6.4** transcorre sobre a estimativa do potencial de conservação de água na edificação em estudo, a partir do reúso de águas cinza e do gerenciamento alternativo da urina humana por meio da simulação de cenários. O **item 7** apresenta e discute os resultados gerais da investigação. Por fim, no **item 8**, são elaboradas as conclusões finais. As referências compõem o **item 9**, e, por último, no **item 10**, são apresentados os apêndices.

2 OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinza implantado em um edifício residencial, na conservação de água potável e nas vazões de águas residuárias. Pretendeu-se, também, avaliar o potencial de conservação de água e redução de esgoto nesse edifício, com a implantação de sistemas sanitários alternativos, como o gerenciamento segregado da urina humana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para a consecução do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- avaliar o impacto do reúso na conservação de água potável de um edifício residencial dotado de reúso de águas cinza;
- verificar o impacto do reúso nas vazões de esgoto de um edifício residencial dotado de reúso de águas cinza;
- avaliar a inter-relação em termos quantitativos entre o consumo de água e a produção de águas residuárias numa edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza; e
- estimar, por meio da simulação de cenários, o potencial de conservação de água e redução de esgoto doméstico a partir do gerenciamento segregado da urina humana no edifício monitorado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL

O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno (atividades de limpeza e higiene) quanto o uso externo (atividades de irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros). Segundo Gonçalves e Jordão (2006), cerca de 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis como lavagem de roupas, carros, calçadas, irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, piscinas, etc. Entretanto a maioria das residências brasileiras utiliza água potável para todas as atividades, o que representa um desperdício.

Para se empreender ações de conservação de água numa edificação, é fundamental conhecer os consumos específicos de água dos diversos pontos de utilização de uma residência, para se saber onde devem ser priorizadas as ações de combate ao desperdício. A título de ilustração, a Figura 1 apresenta a distribuição do consumo de água em algumas residências brasileiras. Rocha *et al.* (1999) recomendam prudência na generalização de tendências, devido à grande variabilidade das condições de consumo interno segundo diferentes usuários e diferentes tipos de domicílios.

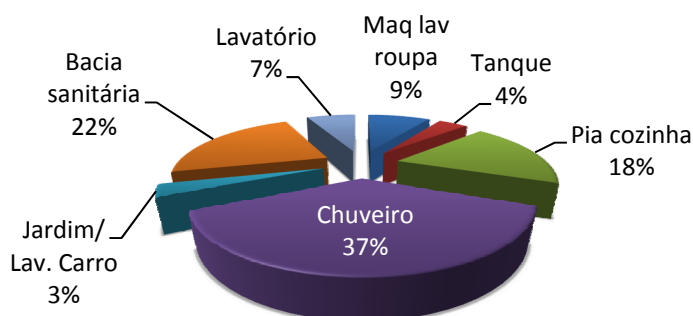


Figura 1: Distribuição do consumo de água nas residências brasileiras.
Fonte: Adaptado de HAFNER, 2007.

O consumo de água em uma residência é influenciado por diversos fatores, que foram relacionados por Grima (1970, *apud* NARCHI, 1989) em seis categorias distintas:

- características físicas: temperatura e umidade do ar, intensidade e frequência de precipitações;
- condições de renda familiar;
- características da habitação: área do terreno, área construída, número de habitantes, etc.;
- características de abastecimento de água: pressão na rede, qualidade da água, etc.;
- forma de gerenciamento do sistema: micromedicação, tarifas, etc.; e
- características culturais da comunidade.

Em alguns locais, dependendo das condições climáticas e das características socioeconômicas e culturais da população, o consumo externo pode ser maior que o interno, como pode ser visualizado na Tabela 1, em que os autores Loh e Coghlan (2003) verificaram um consumo externo de 51% em relação ao consumo total de água de uma residência localizada na Austrália, o que pode estar relacionado com grandes áreas ajardinadas. Pode-

se observar, ainda, na Tabela 1, os resultados de diversos estudos realizados no Brasil e em outros países acerca da distribuição do consumo de água em residências.

Tabela 1: Usos finais da água em residências.

Usos finais da água		Barreto (2008)	Loh e Coghlan (2003)	Vickers (2001)	Cheung <i>et al.</i> (2009)
		SP, Brasil	Austrália	EUA	SC - Brasil
INTERNO	Bacia sanitária	20 %	8 %	18 %	21 %
	Chuveiro	27 %	16 %	19,5 %	29 %
	Lavatório	8 %			
	Pia de Cozinha	36 %	10 %	23,9 %	15 %
	Tanque	1 %			
	Máquina de lavar louça	9 %	12 %	22,1 %	35 %
	Máquina de lavar roupa	-	-	1,5 %	
	Banheira	-	-	2,7 %	
	Vazamentos	-	2 %	8,8 %	
	Outros	-	1 %	3,4 %	
EXTERNO	Jardim/ Lavagem de carro	-	51 %	-	
	Piscina	-	0 %	-	

Na cidade de Vitória-ES, o consumo de água residencial corresponde a aproximadamente 85% do consumo total de água nas áreas urbanas, fato que aponta a importância de se adotar técnicas de conservação de água em edificações residenciais (RODRIGUES, 2005). A caracterização do consumo residencial de água é uma etapa indispensável ao planejamento e implantação de medidas de conservação de água em áreas urbanas, já que tal consumo é muito representativo.

3.2 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL

O indicador mais comum referente ao uso da água em áreas urbanas é o indicador de consumo diário *per capita* (IC *per capita*), expresso em litros por pessoa por dia (ℓ/pes.d). De acordo com o Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações elaborado pela ANA e FIESP (2005), tal indicador representa a relação entre o volume de água consumido em um determinado período de tempo e o número de agentes consumidores desse mesmo período.

Esse indicador é muito importante para o desenvolvimento dos projetos de sistemas prediais de água e vem sendo cada vez mais pesquisado, na tentativa de otimização de tais sistemas. O valor de referência bastante utilizado pelos projetistas de sistemas prediais para o cálculo do consumo diário em edifícios de apartamentos é de 200 ℓ/pes.d (ILHA e GONÇALVES, 1994).

Existem, também, os indicadores por área, expressos em litros por metro quadrado por dia (ℓ/m².d), e por dormitório, expressos em litros por dormitório por dia (ℓ/dormitório.d). Eles são mais utilizados quando não se sabe ao certo o número de pessoas (agentes consumidores).

O consumo *per capita* tende a aumentar com a melhoria da situação socioeconômica da população, e o perfil desse consumo é extremamente dependente de fatores culturais que

se refletem na forma de construir a edificação, nos sistemas de abastecimento de água e no comportamento pessoal ditado por hábitos, tradições e religião, entre outras características.

Já a tendência do indicador por área, ao contrário do indicador *per capita*, é reduzir o consumo, com a melhoria da situação econômica da população, visto que famílias com melhores condições financeiras tendem a ocupar residências maiores (PERTEL, 2009).

3.3 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES

Conservação de água, de acordo com o *New Mexico Office of the State Engineer* (WUCB, 1999), pode ser definida como qualquer medida que promova o uso racional da água e previna a poluição dela. Já racionalizar o consumo de água consiste em qualquer ação que reduza a quantidade de água retirada dos mananciais; reduza o desperdício ou as perdas de água; promova a eficiência do uso da água; ou seja, é a otimização visando ao menor consumo de água possível, mantidas, em quantidade e qualidade, as atividades consumidoras.

De acordo com Santos (2002), as ações de uso racional (enfoque na demanda) são essencialmente de combate ao desperdício quantitativo, como a priorização do uso de equipamentos sanitários economizadores de água, o incentivo à adoção da medição individualizada, a conscientização do usuário para não desperdiçar água na ação do seu uso, a detecção e controle de perdas de água no sistema predial, o estabelecimento de tarifas inibidoras do desperdício, entre outras.

Já a conservação da água (enfoque na demanda e na oferta de água), além de envolver as ações de uso racional descritas acima, também visa à utilização de fontes alternativas, ou seja, consta de utilizar fontes opcionais àquelas normalmente disponibilizadas às habitações. Destacam-se a água cinza, a água de chuva, a água subterrânea e a água distribuída por caminhões-pipa. A conservação de água envolve, portanto, a adequação da demanda e a adoção do uso de ofertas alternativas de água, empregando água menos nobre para fins menos nobres, utilizando as fontes alternativas de água.

Objetivando incentivar e planejar as medidas de racionalização do uso da água, programas de conservação de água estão sendo implantados no Brasil desde 1997, como é o caso do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD. De acordo com Ana, Fiesp & SindusCon-SP (2005, p. 14), “programa de conservação de água” é definido como:

Conjunto de ações com o objetivo de otimizar o consumo de água com a consequente redução do volume dos efluentes gerados, a partir da racionalização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão da água adequado.

A prática desse tipo de programa, por parte das instituições responsáveis pelos serviços de saneamento básico e pelo gerenciamento dos recursos hídricos, deve abranger as esferas federal, estadual e, principalmente, local e regional. Os benefícios obtidos com os programas de conservação de água, se bem sucedidos, vão além da economia de água como: a conservação de energia; menor produção de esgoto sanitário e proteção dos mananciais de água.

No cenário nacional, existem diversas pesquisas relacionadas à conservação de água como o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de água (PNCD), que apoia projetos de combate ao desperdício de água; o Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos

Hídricos / Semiárido (PROÁGUA/ Semiárido), que incentiva a captação de água de chuva no semiárido brasileiro; e o Programa de Pesquisa em Saneamento (PROSAB), que tem por objetivo apoiar o desenvolvimento de pesquisas e o aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de águas de abastecimento, águas residuárias e resíduos sólidos que sejam de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção e que resultem na melhoria das condições de vida da população brasileira, especialmente as menos favorecidas.

Diversas pesquisas no campo do uso racional foram desenvolvidas nos últimos anos tais como: Oliveira (1999), que desenvolveu a metodologia para uso racional em edifícios; Ilha *et al.* (2000), com o programa de Conservação de Água da Universidade Estadual de Campinas; Silva (2004), que avaliou o uso racional em *campi* universitários; Tamaki e Gonçalves (2004), no gerenciamento da demanda de água em edificações; Fiori (2005), que avalia o reúso de águas cinza em edificações multifamiliares, além dos programas desenvolvidos pelas universidades como o Programa de Uso Racional (PURA/USP), o Programa ÁGUAPURA da Universidade Federal da Bahia, Pró-água Unicamp; e Oliveira *et al.* (2007), com o projeto de tecnologias para a construção habitacional mais sustentável, com enfoque no uso da água.

3.3.1 Fontes alternativas de água

A utilização de fontes alternativas de suprimento de água para o uso em pontos de consumo não potável vem sendo cada vez mais disseminada como uma opção de conservação. Como alternativas, destacam-se a água cinza, a água de chuva, a água subterrânea, a água distribuída em caminhões-pipas e o reúso de águas servidas.

O reúso parte do princípio de que nem toda a água demandada nos edifícios carece ser potável. Dessa maneira, ocorrem a conservação de água de melhor qualidade para fins potáveis e uma redução da produção de águas residuárias.

Para reutilização de águas residuárias domésticas, é imperativo que elas sejam recolhidas e tratadas separadamente, para facilitar a caracterização e a eficiência da reciclagem da água, permitindo, ao mesmo tempo, uma redução no consumo de energia em atividades de saneamento, como é feito no saneamento ecológico (OTTERPOHL, 2001). Esse tipo de saneamento alternativo é um conceito proveniente dos países nórdicos, principalmente da Suécia, que segue um modelo baseado nos caminhos naturais dos ecossistemas e no ciclo fechado de materiais e considera as águas residuárias, a urina e as fezes humanas como um recurso valioso que deve ser reciclado.

A caracterização desses diferentes tipos de águas residuárias é de fundamental importância para o sucesso dos projetos de reúso. Segundo Ersey *et al.* (1998), as águas residuárias geradas na escala residencial podem ser segregadas da seguinte forma:

- águas negras: efluente proveniente das bacias sanitárias, incluindo, principalmente, fezes, urina e papel higiênico, podendo ou não conter água;
- águas cinza: águas servidas provenientes dos diversos pontos de consumo na edificação, excetuando-se a água residuária proveniente do vaso sanitário;
- águas amarelas: representam somente a urina, ou uma mistura de urina e água; e
- águas marrons: caracterizadas por grandes quantidades de fezes e papel higiênico, podendo ter água ou não.

A Figura 2 apresenta um esquema que inclui os elementos do saneamento ecológico (as águas residuárias residenciais segregadas, a água de chuva e os resíduos orgânicos), seus respectivos tratamentos e utilizações.



Figura 2: A separação dos elementos do saneamento ecológico e os exemplos de possíveis tratamentos e utilizações. Fonte: Adaptado de UNESCO/IHP & GTZ (2006, p. 15).

A Figura 3 apresenta um modelo de gerenciamento de água na escala residencial, que prevê linhas de suprimento de água diferentes para fins potáveis e para fins não potáveis – o primeiro desses suprimentos é assegurado pela rede pública de abastecimento de água (nº 1 do desenho). A água da chuva (nº 2 do desenho) e o reúso de águas cinzas são utilizados como fontes não convencionais de suprimento de água para fins não potáveis. Além disso, nesse modelo, as águas amarelas, as águas negras tratadas e o lodo são previstos para serem usados na agricultura (GONÇALVES *et al.*, 2006).

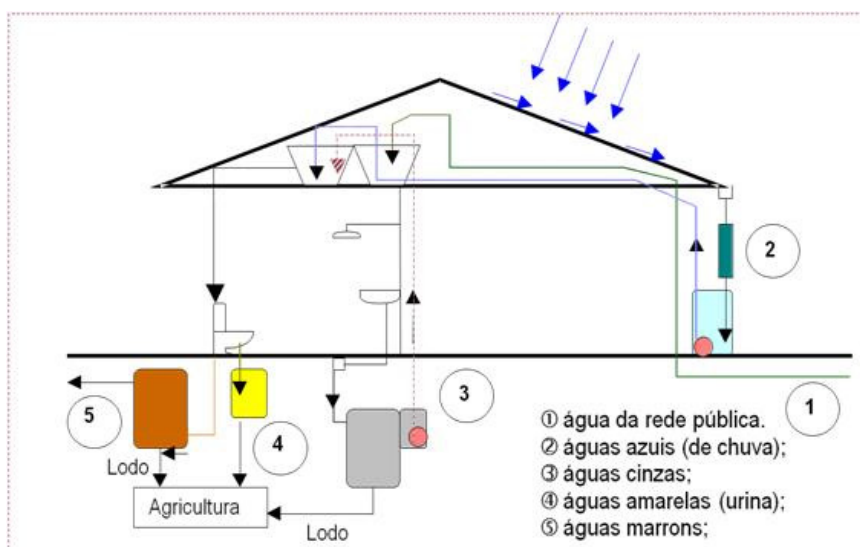


Figura 3: Esquema de um sistema alternativo de gerenciamento de águas em uma edificação. Fonte: GONÇALVES *et al.* (2006).

A segregação das águas amarelas e negras em edifícios, além de possibilitar o aproveitamento de nutrientes, representa uma significativa economia de água potável. Considerando-se que a bacia sanitária é uma das maiores consumidoras de água dentro de uma edificação residencial e é utilizada mais para urinar do que para defecar, a segregação da urina e a eliminação ou diminuição do uso de água no afastamento da urina é uma solução bastante favorável do ponto de vista ambiental, pois resulta em significativa economia de água, de energia e redução de esgoto.

Para a segregação, podem ser utilizadas bacias sanitárias com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina, mictórios secos ou com água. Segundo Zancheta (2007), para a segregação da urina das fezes numa edificação, é necessário introduzir mudanças nos sistemas hidráulicos prediais, com a utilização de tubulações distintas que atendam as bacias sanitárias. Uma das tubulações deverá ser utilizada para as águas marrons, em que incluem as fezes e papel higiênico; a outra será utilizada apenas para as águas amarelas (urina), conduzindo-as a reservatórios separados. A Figura 4 apresenta o sistema hidrossanitário de uma edificação com sistema de reúso, localizada no Parque Experimental de Saneamento Básico da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

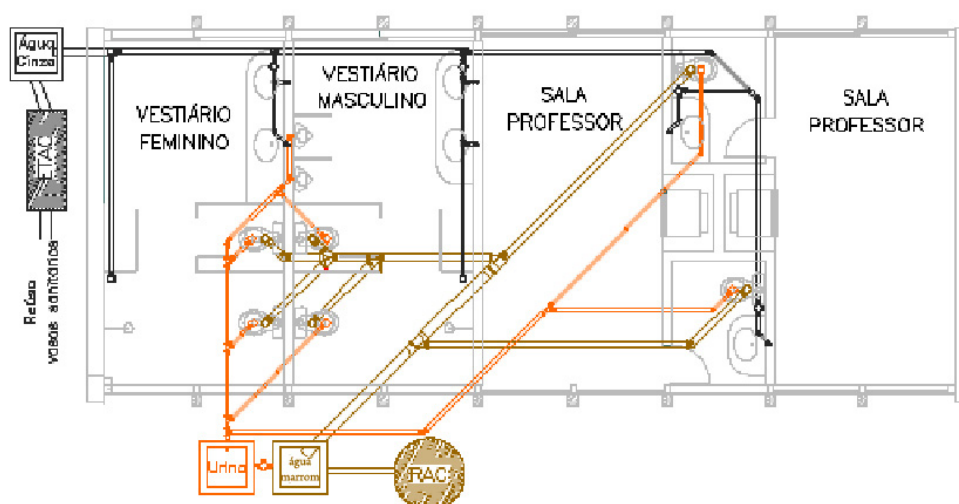


Figura 4: Esquema do sistema de gerenciamento de águas de uma edificação localizada na Ufes. Fonte: BAZZARELLA (2005, p. 76).

3.3.2 Aparelhos e dispositivos economizadores

O principal objetivo dos dispositivos economizadores é propiciar menor consumo, melhor desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água gerada. De acordo com o Programa Nacional contra o Desperdício de Água (2004, p. 12), “a especificação de louças e metais sanitários é um dos fatores que determinam o maior ou menor consumo de água em uma edificação, ao longo de toda a sua vida útil”.

A especificação desses aparelhos é feita por arquitetos e engenheiros na etapa de projeto, portanto cabe a esses profissionais a aquisição de conhecimento acerca dos aparelhos sanitários economizadores para que possam especificá-los corretamente e também acrescentar à edificação a ótica da conservação de água, tornando-a mais econômica. Para a correta especificação desses equipamentos, os critérios a serem abordados são: o consumo

de água e as possibilidades de redução; as características mais importantes de seu funcionamento, a disponibilidade no mercado brasileiro e o tipo de uso e usuário.

Muitos edifícios antigos estão adotando a prática do *retrofit*, ou seja, uma reforma com o objetivo de customizar, adaptar e melhorar os equipamentos, conforto e possibilidade de uso de um edifício antigo, diminuindo assim os custos com manutenção (CAMPOS, 2007). Outro termo também utilizado é o *retrofit* ambiental, que busca a restauração de um edifício, adotando-se práticas que reduzam o consumo de água e energia, dentre as quais estão a adoção de aparelhos economizadores de água (RETROFIT..., 2006).

No que se refere à utilização de aparelhos e dispositivos sanitários economizadores de água, é importante comentar que existe uma série deles disponíveis no mercado, como bacias sanitárias de volume reduzido de descarga, arejadores, dispositivos direcionadores de jato, torneira de acionamento hidromecânico, torneira com funcionamento por sensor de presença, dentre outros.

Também existem aparelhos economizadores de água alternativos como sanitários secos, sanitários segregadores de fezes e urina, sanitários compostáveis, mictórios secos unissex, mictórios femininos e mictórios secos.

Desenvolvidas na Suécia, as bacias sanitárias segregadores de urina (Figura 5) têm compartimentos e saídas diferentes para urina (águas amarelas) e para as fezes e papel higiênico (águas marrons), e também possuem válvula de descarga de acionamento duplo. O objetivo desses aparelhos é a separação da urina para utilização como fertilizante na agricultura, e, além disso, se comparados com as bacias sanitárias convencionais, podem reduzir em até 90% o consumo de água para descarga sanitária (ALVES *et al.*, 2006).

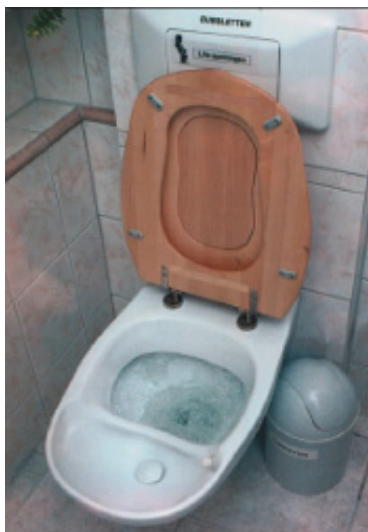


Figura 5: Bacia sanitária compartimentada (sistema separador.)
Fonte: JOHANSSON, 2000.

Os mictórios femininos e masculinos, conforme ilustram a Figura 6 e a Figura 7, também são muito utilizados para redução do consumo de água, principalmente em edifícios públicos.

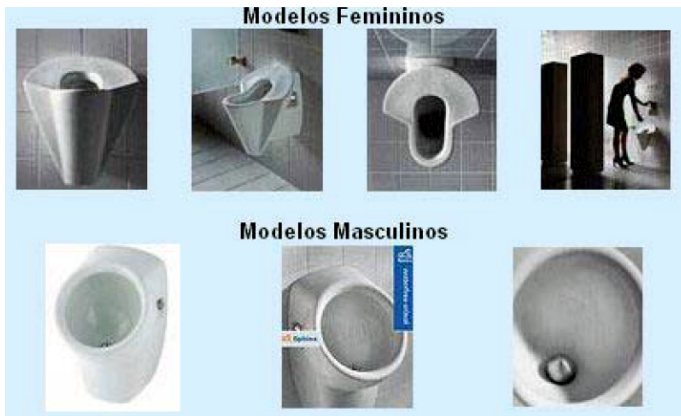


Figura 6: Mictórios femininos e masculinos.
Fonte: GHISI & GÓMEZ (acesso em 10 dez. 2010).



Figura 7: Modo de utilização do mictório feminino.
Fonte: ALVES *et al.* (2006).

Ainda há mictórios que não utilizam água (Figura 8), como os adotados em escolas, bancos e restaurantes na Europa e na América do Norte. Nesse sistema, a urina atravessa por ação da gravidade por meio de um dispositivo dotado de um selo líquido, composto por uma substância oleosa que funciona como barreira. Conforme se observa na Figura 9, a urina, cuja característica é de ser mais pesada do que o óleo, escorre por meio do selo oleoso e escoar pelo dreno, e, de acordo com o fabricante, esse óleo é geralmente odorante e biodegradável (WATERLESS, 2003).



Figura 8: Mictório sem água
Fonte: WATERLESS (2003).



Figura 9: Dispositivo com selo oleoso.
Fonte: WATERLESS (2003).

4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho fez parte de um projeto de pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) intitulado “Desenvolvimento de subsídios técnicos para a consolidação da prática do reúso de águas cinza nas edificações brasileiras”, financiado pelo Edital Nº 021/2009 do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e com o Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-HIDRO).

No período de fevereiro de 2010 a fevereiro de 2011, a pesquisa foi desenvolvida no Núcleo de Bioengenharia Aplicada ao Saneamento da UFES, e a parte experimental (monitoramento do consumo de água e vazões de esgoto), num edifício residencial multifamiliar dotado de um sistema de reúso de águas cinza. A pesquisa foi, então, desenvolvida na sequência descrita a seguir, resumida no fluxograma ilustrado na Figura 10.

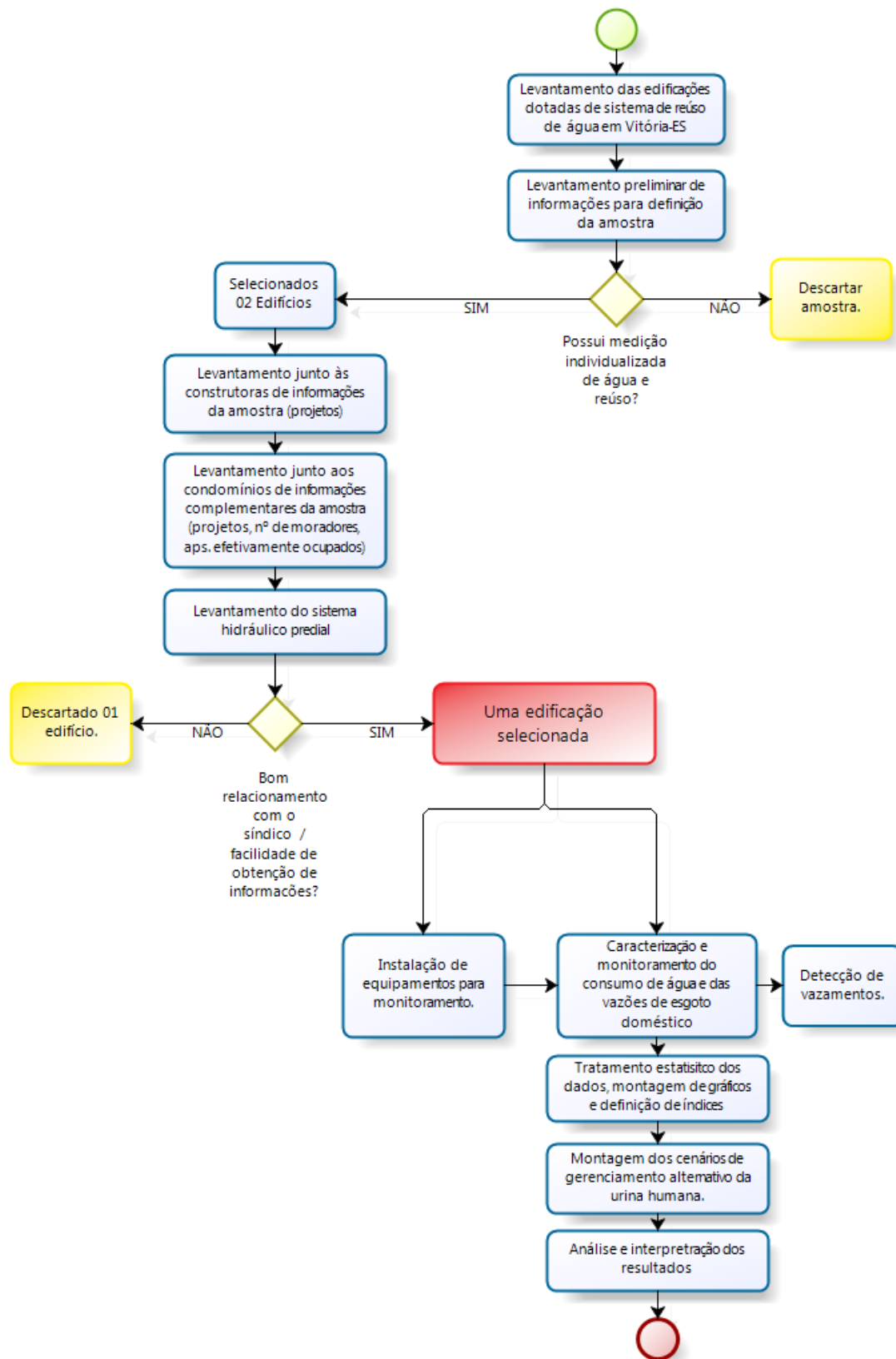


Figura 10: Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.

5 ASPECTOS REFERENTES AO EDIFÍCIO MONITORADO

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

A pesquisa experimental foi desenvolvida numa edificação multifamiliar (Figura 11 e Figura 12), localizada na Rua Moacyr Avidos, Praia do Canto, bairro de classe média alta da cidade de Vitória-ES. Residencial de categoria luxo, com ocupação iniciada em julho de 2007, é uma das primeiras edificações com sistema de reúso de águas cinza para descarga das bacias sanitárias no Estado do Espírito Santo.



Figura 11: Edifício monitorado.



Figura 12: Área de lazer do edifício.

O Edifício possui 19 pavimentos: 1 subsolo, 1 pavimento térreo, 1 pavimento de pilotis e 17 pavimentos de apartamentos (um apartamento por andar), totalizando 5.543,52 m² de área construída, 2.703,85 m² de área computável e 91,33 m² de área permeável. No subsolo, estão localizados: a estação de tratamento de águas cinza (ETAC) ilustrada na Figura 13, o reservatório inferior de água potável (RIAP) e o reservatório inferior de água de reúso (RIAR), visualizados na Figura 14, com área permeável de 66,40 m² e garagem com 30 vagas.



Figura 13: Vista geral da ETAC, no subsolo.



Figura 14: Vista geral das cisternas e da ETAC, no subsolo.

O térreo possui uma área de 744,39 m², onde se encontra a entrada principal de moradores e de funcionários, com 24,93 m² de área permeável, recepção, portaria e garagem com 27 vagas. No pavimento de pilotis (744,85 m²), fica situada a área de lazer com: piscina, sauna, sala de repouso, churrasqueira, quadra esportiva, salão de festas, lavabo masculino e feminino e áreas de serviço destinadas aos funcionários do condomínio como copa, banheiro e depósito.

O pavimento tipo possui 220,92 m² de área total, com 159,05 m² de área computável. Cada apartamento possui: varanda, 4 banheiros, 1 lavabo, 4 quartos, sala, copa, cozinha, área de serviço e dependência de serviço, conforme apresenta a Figura 15.



Figura 15: Planta humanizada sem escala pavimento tipo.

Fonte: Mazzini Gomes Construtora e Incorporadora.

5.2 SISTEMA HIDROSSANITÁRIO

O edifício possui duas fontes de suprimento de água: uma fonte de água potável, fornecida pela concessionária, e uma fonte alternativa, não potável, chamada água de reúso. Essas fontes são encaminhadas por sistemas prediais independentes de distribuição de água: o subsistema de distribuição de água fria potável e o subsistema de distribuição de água de reúso. O edifício ainda conta com um subsistema de distribuição de água quente potável, pois possui aquecimento de água coletivo e centralizado realizado por meio de painéis solares instalados na cobertura e, quando necessário, o aquecimento pode ser feito por gás.

O edifício ainda dispõe de medidas de uso racional de água como a medição individualizada e o uso de equipamentos economizadores como bacia sanitária com caixa acoplada e arejadores nas torneiras. O Quadro 1 mostra os pontos de consumo de água fria potável (AFP) e quente potável (AQP), e de água de reúso (AR), em cada pavimento e seus respectivos locais de uso.

Pavimento	Tipo de Água	Pontos de Consumo	Localização
Subsolo	Potável	2 torneiras (AFP)	Garagem
Térreo	Potável	2 torneiras (AFP), 1 lavatório (AFP), 1 bacia sanitária (AFP)	Área permeável, lavabo guarita.
Pilotis	Potável	3 torneiras (AFP), 3 pias (AFP), 3 chuveiros (AFP), 2 filtros (AFP), 4 lavatórios (AFP), 1 sauna (AFP), 3 duchas higiênicas, 1 tanque (AF), 3 bacias sanitárias (AFP)*	Churrasqueira, piscina, cozinha, sauna, lavabos feminino e masculino, depósito, banheiro serviço, copa serviço.
Pav. tipo Aps. (3º ao 19º)	Potável	1 filtro (AFP), 1 pia (AFP, AQP), 2 pias (AFP), 4 chuveiros (AFP, AQP), 2 lavatórios (AFP, AQP), 4 lavatórios (AFP), 5 duchas higiênicas (AF), 1 tanque (AFP), 1 MLL (AFP), 1 MLR (AFP).	Cozinha, varanda, banheiros, lavabo, área de serviço
	Reúso (não potável)	5 bacias sanitárias (AF)**	Banheiros e lavabo.

* De acordo com o projeto hidrossanitário do edifício, todas as BS do pavimento pilotis eram para ser abastecidas com AR.

** De acordo com o projeto hidrossanitário do edifício, todas as BS do pavimento tipo eram para ser abastecidas com AR.

Quadro 1: Pontos de consumo de água potável (fria e quente) e não potável.

De acordo com o projeto hidrossanitário do edifício, todas as bacias sanitárias do pavimento pilotis e do pavimento tipo eram para ser abastecidas com água de reúso. No projeto, somente a

alimentação da bacia sanitária do banheiro do porteiro foi prevista com água potável. Porém, no decorrer do monitoramento, observou-se que as três bacias sanitárias do pavimento pilotis e que algumas bacias sanitárias dos banheiros de empregadas dos pavimentos tipo estavam sendo alimentadas por água potável, pelo ponto de alimentação da ducha higiênica, e não consumiam, portanto, água de reúso (Figura 16). Não foi possível quantificar quantas bacias sanitárias apresentavam esse erro de conexão, pois não se teve acesso a todos os apartamentos.



Figura 16: Bacia sanitária com erro de conexão.

Esse erro de conexão ocorreu, pois, como na data do *habite-se*: a ETAC não estava funcionando, e ligou-se a conexão flexível que alimenta a bacia sanitária no ponto de água da ducha higiênica (água potável), pois, para o *habite-se*, era necessário que um banheiro estivesse funcionando. E isso não foi destrocado por esquecimento.

O sistema de coleta de efluentes do edifício é composto pela segregação das águas residuárias na fonte. Todo o efluente proveniente dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas (MLR) é coletado por uma rede predial especial de coleta de águas cinza-claras (AC claras) e conduzido por gravidade à ETAC. Na Tabela 2, pode-se observar a quantidade de equipamentos hidrossanitários que geram o efluente reutilizado, além do total de equipamentos alimentados por água potável (AP) e por água de reúso (AR).

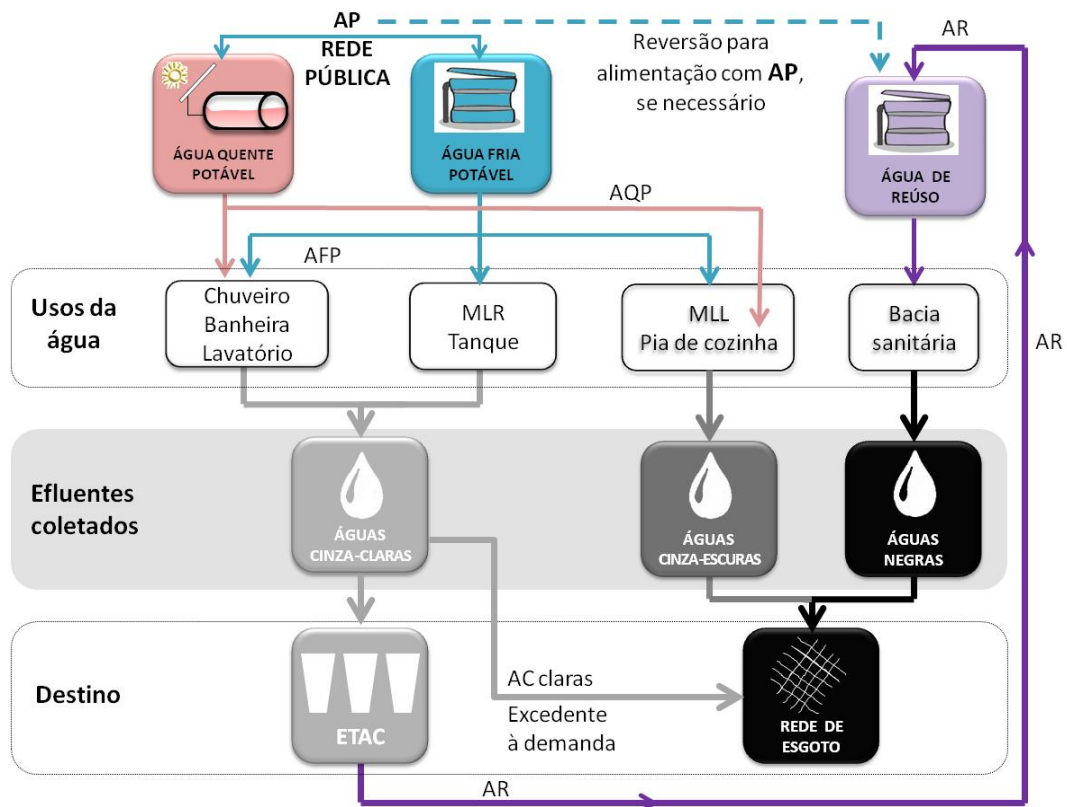
Tabela 2: Total de equipamentos que utilizam água potável ou não potável.

Tipo De Água	Nº de Equipamentos Hidrossanitários
Potável	107 Lavatórios*
	71 Chuveiros*
	88 Duchas higiênicas
	19 Filtros
	18 Tanques*
	17 MLL
	17 MLR*
	04 Bacias Sanitárias**
Reúso (não potável)	85 Bacias sanitárias**

* Equipamentos cujo efluente é direcionado à ETAC.

** Não foi possível quantificar precisamente quantas bacias sanitárias estavam sendo alimentadas com água potável e quantas estavam sendo alimentadas por água de reúso, fato anteriormente explicado.

Os efluentes oriundos de pias de cozinhas e máquinas de lavar louça (MLL), denominados de águas cinza-escuras (AC_{escuras}), são coletados pela rede predial de coleta de águas cinza-escuras e direcionados para caixa de gordura e posteriormente para a última caixa de inspeção do sistema predial, de onde são direcionados para a rede pública de coleta de esgoto. E os efluentes de bacias sanitárias (águas negras) são coletados pela rede predial de coleta de águas negras, e direcionados para a última caixa de inspeção do sistema predial e posteriormente para a rede coletora de esgoto. A Figura 17 ilustra o esquema de distribuição de água potável e água de reúso no edifício, assim como a coleta segregada dos efluentes.



AC claras – Águas cinza-claras; AFP – Água fria potável; AP – Água potável; AQP – Água quente potável; ETAC – Estação de tratamento de águas cinza; MLL – Máquina de lavar louça; MLR – Máquina de lavar roupa;

Figura 17: Esquema de distribuição de água e coleta de esgoto no edifício.

5.3 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA - ETAC

Localizada no subsolo do edifício, a ETAC ocupa uma área total de 12 m², incluindo circulação, e é constituída por 6 módulos com dimensões individuais de 1,0x1,0x2,2m (BxLxA), 2 bombas de recirculação de lodo, compressor de ar e um sistema de filtração.

Nessa estação de tratamento, inicialmente o efluente passa pela caixa de entrada (Figura 18), que tem a função de reter os sólidos presentes na água cinza bruta e de controlar a vazão na entrada da ETAC, direcionando o excesso para a rede de coleta de esgoto. A caixa de entrada possui, em seu interior, dois vertedores reguláveis, do tipo tulipa, de 100 mm de diâmetro (Figura 19). A água convergida em uma tulipa é direcionada para a ETAC, e a convergida na outra tulipa, excedente da demanda, é direcionada para a rede pública de coleta de esgoto. O controle da vazão é realizado por meio do ajuste da altura das tulipas.

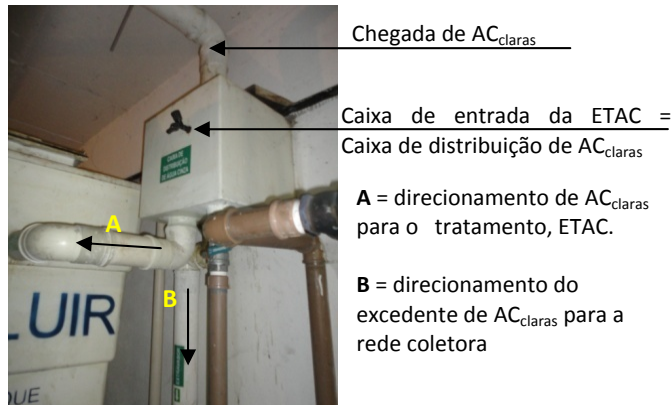


Figura 18: Caixa de distribuição de água cinza.

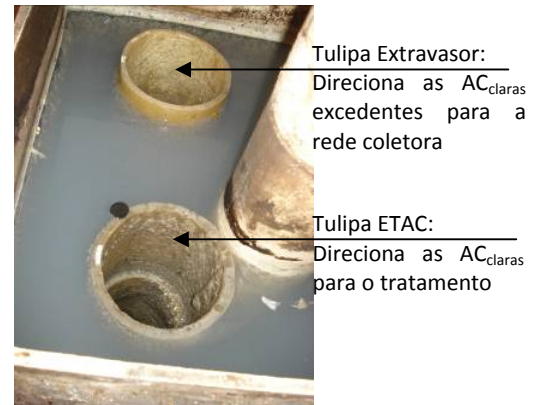
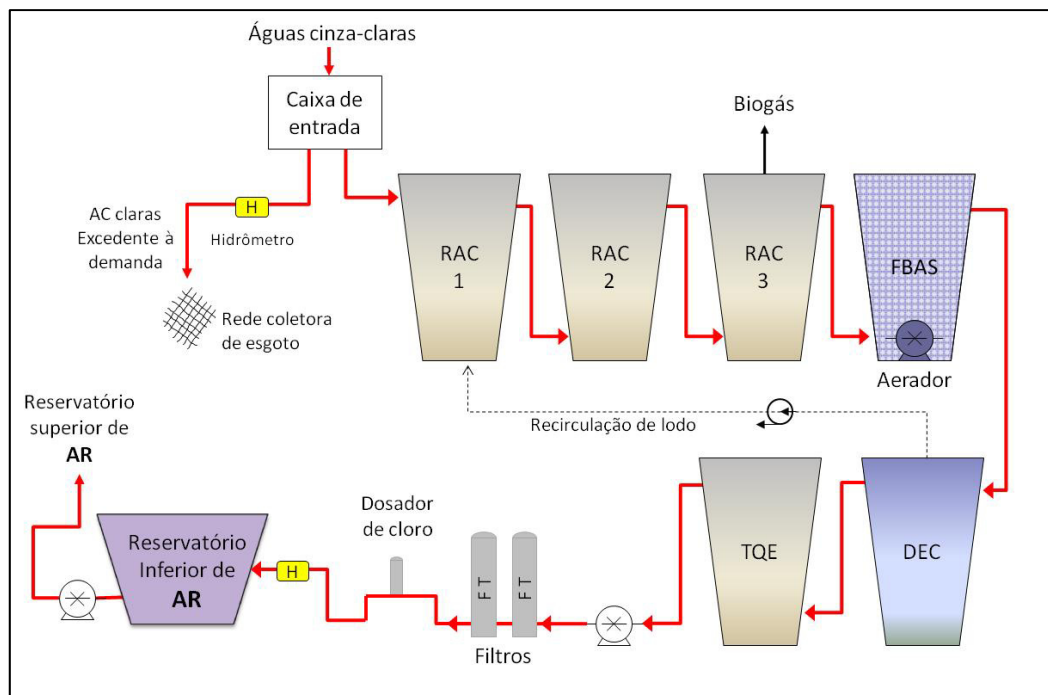


Figura 19: Tulipas da caixa de entrada.

Em seguida, o efluente é conduzido, em ordem, pelos três compartimentos do Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador Secundário (DEC), Tanque de Equalização (TQE), Filtro Terciário (FT) e Desinfecção por cloração, conforme o fluxograma ilustrado na Figura 20.



AC claras – Águas cinza-claras; AR – Água de reúso; DEC - Decantador Secundário; FBAS - Filtro Biológico Aerado Submerso; FT - Filtro Terciário; H – Hidrômetro; RAC - Reator Anaeróbio Compartimentado; TQE - Tanque de Equalização.

Figura 20: Fluxograma de funcionamento da ETAC.

Realizado o processo, a água cinza tratada, que passa a ser chamada de água de reúso, é armazenada no reservatório inferior, de onde é bombeada para um reservatório superior, a partir do qual alimentará as bacias sanitárias dos apartamentos. Os reservatórios de água de reúso e água potável são independentes. Em caso de necessidade, foi previsto a reversão do sistema de reúso para abastecimento com água potável.

6 ARTIGOS

6.1 ARTIGO 1:

IMPACTO DO REÚSO DE ÁGUAS CINZA NO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

Resumo

O conhecimento do consumo de água residencial é estratégico para estabelecer ações de conservação de água em centros urbanos. O reúso de águas cinza em edificações residenciais vem sendo implantado na cidade de Vitória com o intuito de reduzir a demanda por água potável. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinzas na conservação de água potável em uma edificação multifamiliar de alto padrão. A edificação possui uma Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) e medição individualizada por apartamento. O monitoramento do consumo de água foi realizado de julho de 2010 a janeiro de 2011, por meio de leituras diárias, às 8h, de todos os hidrômetros do edifício, além do levantamento de 4 perfis de consumo 24 horas realizados em dias de quarta-feira. Também foram calculados os indicadores *per capita*, por área e por dormitório. Os resultados indicam que o consumo de água potável na edificação corresponde a 89% em relação ao consumo global, enquanto que o consumo de água de reúso corresponde a 11%. Os apartamentos são responsáveis por 88% da água demandada na edificação, enquanto o condomínio consome 12%. Com relação ao consumo interno dos apartamentos, verificou-se que 51% correspondem à água fria potável (AFP), 36%, à água quente potável (AQP), e 13% equivalem ao consumo de água de reúso (AR), ou seja, ao consumo das bacias sanitárias. Os perfis de consumo 24 horas permitiram inferir sobre o comportamento do usuário, por meio da observação dos intervalos de maior consumo *per capita* de água que ocorreram das 10h às 12h para AFP e das 6h às 8h para AR e AQP. Os intervalos de menor consumo *per capita* ocorreram das 2h às 4h. As perdas de água por vazamento foram monitoradas por meio do método das vazões mínimas noturnas, e não foram verificados vazamentos. O indicador de consumo *per capita* de AFP obtido (157,71 ℓ /pes.d) apresentou-se menor que os encontrados em outros trabalhos, porém o indicador *per capita* de AQP (89,27 ℓ /pes.d) mostrou-se alto. O Indicador *per capita* de consumo de AR obtido foi de 31,46 ℓ /pes.d. O impacto de redução do consumo de água potável obtido foi de 11%, com a utilização do reúso de águas cinza-claras para descargas das bacias sanitárias. Tal percentagem de água potável conservada foi considerada baixa quando comparada com a literatura, e poderia ser maior se houvesse na edificação outros usos para água de reúso como irrigação de jardins, limpeza de área impermeabilizada, lavagem de carros e de roupas.

Palavras-chave: água cinza; reúso de água; conservação de água; consumo de água; edificação multifamiliar.

Abreviaturas e símbolos

%	porcentagem	$C_{AFP\ Aps.}$	consumo de água fria potável de todos os aps.
$\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$	intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento 24 horas	$C_{AFP\ Condomínio}$	consumo de água fria potável do condomínio
$\Delta T_{\text{monit. diário}}$	intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento diário	C_{AFP}	consumo de água fria potável do edifício
Σ	somatório	$C_{AP\ Ap.}$	consumo de água potável de cada apartamento
AC claras	águas cinza-claras	$C_{AP\ Aps.}$	consumo de água potável de todos os aps.
AF	água fria	C_{AP}	consumo de água potável do edifício
AFP	água fria potável	$C_{AQP\ Ap.}$	consumo de água quente potável de cada ap.
Ap.	apartamento	$C_{AQP\ Aps.}$	consumo de água quente potável de todos os aps.
Aps.	apartamentos	C_{AQP}	consumo de água quente potável do edifício
AQ	água quente	$C_{AR\ Aps}$	consumo de água de reúso de todos os aps.
AQP	água quente potável	C_{AR}	consumo de água de reúso do edifício
AR	água de reúso	C_{AT}	consumo de água total do edifício
BASC	edifícios dotados de bacia com caixa de descarga acoplada	d	dia
BS	bacia sanitária	dorm	dormitórios
C	consumo diário médio de água do edifício (ℓ /d)	ETAC	estação de tratamento de águas cinza
c/	com	h	hora
$C_{AFP\ Ap.}$	consumo de água fria potável de cada ap.	H1	hidrômetro 1, geral de água quente potável
		H2	hidrômetro 2, geral de água fria potável
		H3	hidrômetro 3, geral de água fria potável
		H4	hidrômetro 4, geral de água de reúso

H5	hidrômetro 5, geral de água de reúso	m ²	metro quadrado
H6	hidrômetro 6, geral de água de reúso	m ³	metro cúbico
H7	hidrômetro 7, geral de água de reúso	m ³ /d	metro cúbico por dia
H8	hidrômetro 8, geral de água de reúso	Máx	máxima
HIF	hidrômetro individual de AFP de cada ap.	Méd	média
HIQ	hidrômetro individual de AQP de cada ap.	Min	mínima
IC _{AP} por área	indicador de consumo de AP por área (ℓ/m ² .d)	Monit.	monitoramento
IC _{AP} por dormitório	indicador de consumo de AP por dormitório (ℓ/dormitório.d)	Nº dorm	número de dormitórios do edifício
		Nº	número
IC _{AR} por área	indicador de consumo de AR por área (ℓ/m ² .d)	Q _{máx} horária	vazão horária máxima do dia monitorado (ℓ/hora)
IC _{AR} por dormitório	indicador de consumo de AR por dormitório (ℓ/dormitório.d)	Q _{Max}	vazão diária máxima do período monitorado (ℓ/d)
		Q _{méd} horária	vazão horária média do dia monitorado (ℓ/hora)
IC _{AT} por área	indicador de consumo de AT por área (ℓ/m ² .d)	Q _{méd}	vazão diária média do período monitorado (ℓ/d)
IC _{AT} por dormitório	indicador de consumo de AT por dormitório (ℓ/dormitório.d)	Q _{min} horária	vazão horária mínima do dia monitorado (ℓ/hora)
		P _{AR}	produção de água de reúso do edifício
IC _{per capita}	indicador de consumo <i>per capita</i> de água (ℓ/pes.d)	Pav.	pavimento
IC _{por área}	indicador de consumo de água por área (ℓ/m ² .d)	pes.	peessoa
IC _{por dormitório}	indicador de consumo de água por dormitório (ℓ/dormitório.d)	Pop _{Ap.}	população de cada apartamento (pes.)
		Pop _{Aps.}	população de todos os apartamentos
IC _{AFP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AFP (ℓ/pes.d)	Pop	pop.total (moradores e funcionários) do edifício
IC _{AP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AP (ℓ/pes.d)	Ref.	referência
IC _{AQP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AQP (ℓ/pes.d)	R.T.I	reserva técnica de incêndio
IC _{AR}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AR (ℓ/pes.d)	RIAFP	reservatório inferior de água fria potável
IC _{AT}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AT (ℓ/pes.d)	RIAR	reservatório inferior de água de reúso
IR _{per capita}	impacto de redução do consumo de AT (%)	RSAFP	reservatório superior de água fria potável
K1	coeficiente do dia de maior consumo no ano	RSAQ	reservatório superior de água quente
K2	coeficiente de máxima vazão horária	RSAR	reservatório superior de água de reúso
K3	coeficiente de mínima vazão horária	SPA	sistema público de abastecimento
ℓ	litro	SECO	edifícios sem dispositivos economizadores
ℓ/d	litros por dia	SIMIC	edifícios dotados de BS c/ caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada
ℓ/hora	litros por hora		
ℓ/m ² .d	litros por metro quadrado por dia	unid.	unidade
ℓ/pes.d	litros por pessoa por dia		

6.1.1 Introdução

O consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Na região metropolitana de São Paulo, o consumo de água residencial corresponde a 84,4% do consumo total urbano (GONÇALVES & JORDÃO, 2006) e, na cidade de Vitória, a percentagem desse consumo é bem similar, correspondendo a aproximadamente 85% desse total (RODRIGUES, 2005).

A redução do consumo residencial de água potável pode ser obtida por meio de ações sobre a demanda, como a utilização de aparelhos economizadores de água; e sobre a oferta, como a utilização de fontes alternativas de suprimento de água para o uso em pontos de consumo não potável. A prática do reúso de águas residuárias, como o reúso de águas cinza, se mostra como uma alternativa para atender demandas que não exigem o uso de água potável em edifícios.

Água cinza é definida como as águas residuais provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupa ou lavar louça e pias de cozinha, excluindo-se efluentes de bacias sanitárias (JEFFERSON *et al.*, 1999; OTTERPOHL *et al.*, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2002; FRIEDLER e HADARI, 2006). As águas cinza podem ser divididas em claras e escuras, que são, respectivamente, as águas residuárias originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas e as provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça (HENZE & LEDIN, 2001). Nesta pesquisa, as águas provenientes de banheiras, chuveiros,

lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são consideradas águas cinza-claras, e as provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça são classificadas como águas cinza-escuras, e águas negras as provenientes de bacias sanitárias.

Após tratadas, as águas cinza-claras podem ser empregadas nas descargas de mictórios e bacias sanitárias (NOLDE, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2003; FRIEDLER & HADARI, 2006) e, ainda, na rega de jardim, limpeza de áreas externas, proteção contra incêndio, lavagem de roupas e de automóveis (NOLDE, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2003). Alguns autores como Nolde (1999) e Christova-Boal *et al.* (1996) não recomendam as águas servidas da cozinha como fonte de água cinza para reutilização, pois são altamente poluentes e contêm compostos degradáveis como óleos e gorduras, o que dificulta o tratamento.

Baseadas nesses conceitos, novas edificações começaram a ser implantadas em 2006, no município de Vitória, aparelhadas com sistemas hidrossanitários capazes de realizar o reúso de águas cinza-claras nas descargas de bacias sanitárias.

Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinza na conservação de água potável em uma edificação residencial multifamiliar, localizada em Vitória por meio da caracterização quantitativa e o monitoramento do consumo de água.

6.1.2 Material e métodos

A pesquisa foi realizada mediante o monitoramento do consumo de água de uma edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, localizada no bairro da Praia do Canto, Vitória-ES. O edifício dispõe de medidas de uso racional de água como a medição individualizada e do uso de equipamentos economizadores, tais como bacia sanitária com caixa acoplada e arejadores nas torneiras. Possui, ainda, aquecimento de água coletivo e centralizado, realizado por meio de painéis solares instalados na cobertura.

6.1.2.1 Monitoramento

6.1.2.1.1 sistema de monitoramento do consumo de água

Para o monitoramento do consumo de água, foram utilizados os hidrômetros individuais existentes no edifício, e 8 novos hidrômetros foram instalados a fim de complementar o sistema de medição já existente e setorizar o consumo. O hidrômetro da concessionária não foi considerado no sistema de monitoramento, pois apresentava problemas de submedição.

No levantamento preliminar realizado no edifício, constatou-se que os hidrômetros individuais de água quente existentes, em realidade, eram apropriados para medir água fria (AF), e, por isso, foi necessário trocar esses hidrômetros por hidrômetros apropriados para água quente (AQ).

Além disso, os hidrômetros individuais estavam posicionados de forma inadequada, e, portanto, fez-se necessário o reposicionamento dos hidrômetros para se ter uma leitura precisa do consumo de água na edificação. Os hidrômetros individuais, antes e após a intervenção, são ilustrados na Figura 21 e na Figura 22, respectivamente.

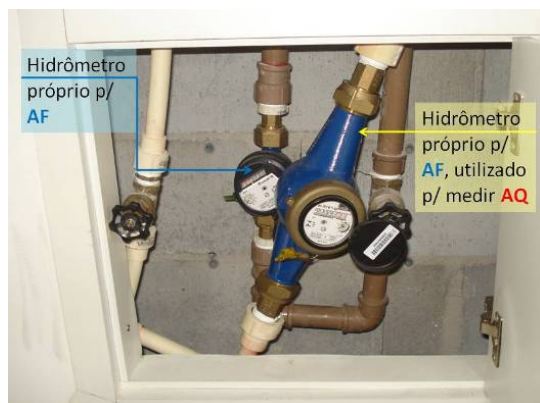


Figura 21: Hidrômetros individuais instalados em cada pavimento tipo, antes da intervenção.

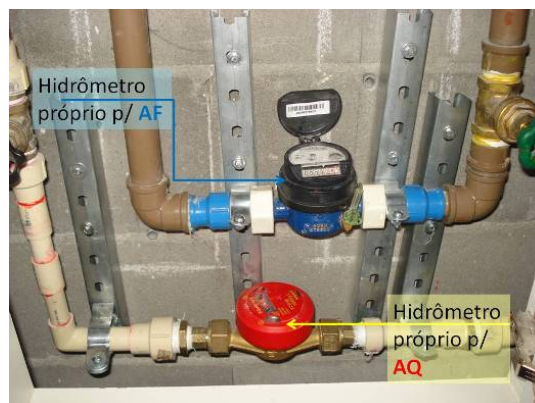


Figura 22: Hidrômetros individuais instalados em cada pavimento tipo, após intervenção.

O Quadro 2 apresenta o sistema de monitoramento do consumo de água do edifício com a identificação dos hidrômetros, sua localização e o parâmetro monitorado.

Sigla	Identificação	Localização	Parâmetro monitorado
H1	Hidrômetro 1, geral de APQ	Tubulação que abastece o sistema central de aquecimento solar de água	AQP consumida no edifício
H2	Hidrômetro 2, geral de AFP	Coluna de distribuição de AFP – alimenta o 19º ao 10º pavimento (pav.).	AFP consumida no 19º ao 10º pav.
H3	Hidrômetro 3, geral de AFP	Coluna de distribuição de AFP – alimenta o 9º pavimento ao subsolo.	AFP consumida no 9º pav. ao subsolo
H4	Hidrômetro 4, geral de água de reúso (AR)	Coluna de distribuição de AR – abastece as bacias sanitárias (BS) do banheiro conjugado e do banheiro da suíte de casal do 19º ao 10º pavimento.	AR consumida pelas BS do banheiro conjugado e do banheiro da suíte de casal do 19º ao 10º pav.
H5	Hidrômetro 5, geral de AR	Coluna de distribuição de AR - abastece as BS do banheiro da suíte de solteiro e banheiro de empregada do 19º ao 10º pav.	AR consumida pelas BS do banheiro da suíte de solteiro e banheiro de empregada* do 19º ao 10º pav.
H6	Hidrômetro 6, geral de AR	Coluna de distribuição de AR - abastece todas as BS do 9º ao 3º pavimento.	AR consumida por todas* as BS do 9º ao 3º pavimento.
H7	Hidrômetro 7, geral de AR	Coluna de distribuição de AR - abastece as BS do lavabo do 19º ao 10º pav.	AR consumida pelas BS do lavabo do 19º ao 10º pavimento
H8	Hidrômetro 8, geral de AR	Saída do tratamento (ETAC), tubulação que alimenta o reservatório inferior de AR.	AR produzida pela ETAC
HIF	Hidrômetro individual de AFP (17 unidades)	Hall de serviço de cada apartamento.	AFP consumida em cada ap.
HIQ	Hidrômetro individual de AQP (17 unidades)	Hall de serviço de cada apartamento.	AQP consumida em cada ap.

*Detectou-se no final da pesquisa que algumas bacias sanitárias dos banheiros de empregadas estavam sendo alimentadas por água potável (fato explicado anteriormente na Figura 16). Como não se teve acesso a todos os apartamentos, não foi possível detectar quantas e quais bacias sanitárias apresentavam esse problema.

Quadro 2: Hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento do consumo de água do edifício.

O esquema da distribuição dos hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento de água é apresentado na Figura 23.

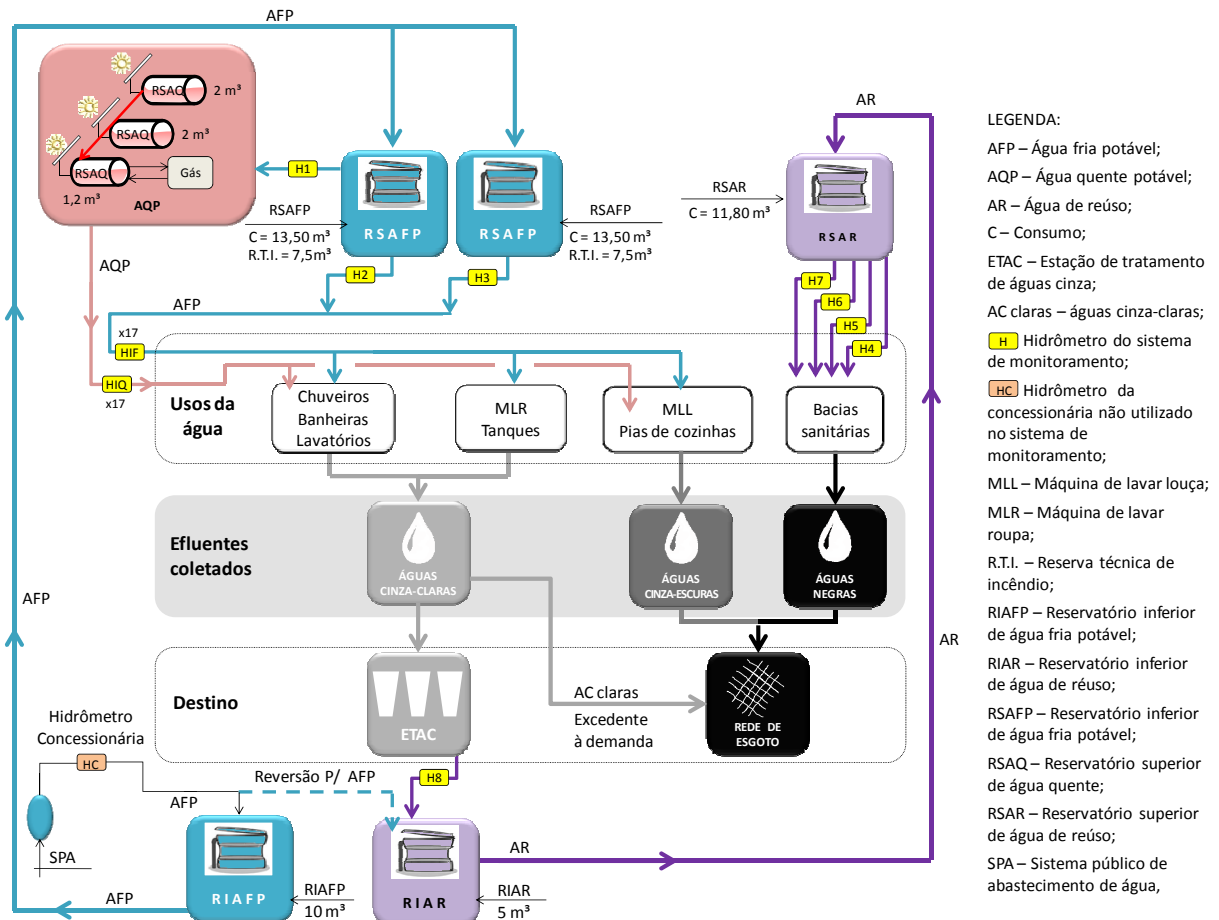


Figura 23: Esquema de distribuição dos hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento do consumo de água.

6.1.2.1.2 monitoramento do consumo de água

O monitoramento do consumo de água foi realizado por meio de leituras diárias, com início às 8h, de todos os hidrômetros da edificação, além do levantamento de perfis de consumo 24h, em que foram registradas as leituras dos hidrômetros a cada 2h, também com início às 8h.

Como a leitura era manual, desempenhada por uma pessoa somente, uma mesma sequência de leitura era realizada todos os dias. Primeiro, fazia-se a leitura do H8, localizado no subsolo, em sequência a pessoa direcionava-se para a cobertura, de elevador, onde realizava a leitura dos seguintes hidrômetros, em ordem: H4, H5, H6, H7, H1, H2 e H3. Posteriormente, era realizada a leitura dos hidrômetros individuais de água quente e fria de cada andar, do 19º andar em direção ao 3º andar. O procedimento de leituras durava em torno de 30 minutos. Também foram gerados 4 perfis de consumo horário para o dia da semana de maior consumo. O levantamento diário e horário da população do edifício foi realizado com o auxílio dos porteiros.

6.1.2.2 Caracterização do consumo de água

Com a medição setorizada do consumo de água, foi possível conhecer a distribuição do consumo em cada apartamento, no conjunto de apartamentos, no uso comum do condomínio e no edifício como um todo. De posse das leituras dos hidrômetros de dois dias consecutivos, ou de duas horas consecutivas, obteve-se o volume de água consumido no intervalo entre as leituras. Dessa forma, foram obtidos os consumos diários e os horários de uso de água potável da área comum do edifício,

do conjunto de apartamentos e do edifício como um todo. Em cada apartamento, foi possível medir o consumo de AFP e AQP, mas não foi possível medir o consumo de AR, uma vez que os apartamentos não dispõem de micromedidores individuais para esse tipo de água. Dispondo dos consumos diários de cada setor da edificação, foi levantado também o consumo médio, a partir do qual foram construídos gráficos para melhor apresentação dos resultados. O Quadro 3 apresenta os consumos de água monitorados em cada setor do edifício de forma detalhada.

Setor	Parâmetro monitorado	Forma de obtenção do parâmetro	Tempo decorrido entre registros
Em cada ap.	Consumo AQP ($C_{AQP\ Ap.}$)	Volume registrado pelo HIQ	24 h ($\Delta T_{\text{monit. diário}}$) 2 h ($\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$)
	Consumo AFP ($C_{AFP\ Ap.}$)	Volume registrado pelo HIF	
	Consumo AP ($C_{AP\ Ap.}$)	HIQ + HIF	
	População (Pop _{Ap.})	Registrado pelos porteiros.	
Aps.	Consumo AQP ($C_{AQP\ Aps.}$)	Volume registrado pelo H1	
	Consumo AFP ($C_{AFP\ Aps.}$)	H2 + $\sum HIF_{(9^{\text{a}} \text{ ao } 3^{\text{a}} \text{ pav.})}$	
	Consumo AR ($C_{AR\ Aps.}$)	H4 + H5 + H6 + H7	
	Consumo AP ($C_{AP\ Aps.}$)	$C_{AQP\ Aps.} + C_{AFP\ Aps.}$	
	População (Pop _{Aps.})	Registrado pelos porteiros.	
Condomínio	Consumo AFP ($C_{AFP\ Condomínio}$)	$C_{AFP} - C_{AFP\ Aps.}$	
Edifício	Consumo AQP (C_{AQP})	Volume registrado pelo H1	
	Consumo AFP (C_{AFP})	Volume registrado por H2 + H3	
	Consumo AR (C_{AR})	H4 + H5 + H6 + H7	
	Produção de AR (P_{AR})	Volume registrado pelo H8	
	Consumo AP (C_{AP})	H1+H2+H3	
	Consumo AT (C_{AT})	H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7	
	População (Pop)	Registrado pelos porteiros.	

$\Delta T_{\text{monit. diário}}$ – intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento diário; $\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$ – intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento 24 h ; RIAR – Reservatório inferior de água de reuso

Quadro 3: Detalhamento dos consumos de água monitorados no edifício.

De posse dos consumos diários do edifício, pode-se determinar o coeficiente K1 (coeficiente do dia de maior consumo no ano) a partir da Equação 1 (VON SPERLING, 2005).

$$K1 = \frac{Q_{\text{máx}}}{Q_{\text{méd}}} \quad (1)$$

Sendo:

$K1$ é o coeficiente do dia de maior consumo no ano;
 $Q_{\text{máx}}$ é a vazão diária máxima do período monitorado (ℓ/d);
 $Q_{\text{méd}}$ é a vazão diária média do período monitorado (ℓ/d).

Por meio dos consumos horários, pôde-se determinar os coeficientes de máxima vazão horária (K2) e de mínima vazão horária (K3) a partir das Equações 2 e 3 (VON SPERLING, 2005; AZEVEDO NETO *et al*, 1998), respectivamente.

$$K2 = \frac{Q_{\text{máx horária}}}{Q_{\text{méd horária}}} \quad (2)$$

Em que:

$K2$ é o coeficiente de máxima vazão horária;
 $Q_{\text{máx horária}}$ é a vazão horária máxima do dia monitorado (ℓ/hora);
 $Q_{\text{méd horária}}$ é a vazão horária média do dia monitorado (ℓ/hora).

$$K3 = \frac{Q_{\min \text{ horária}}}{Q_{\text{méd horária}}} \quad (3)$$

Sendo:

$K3$	é o coeficiente de mínima vazão horária;
$Q_{\min \text{ horária}}$	é a vazão horária mínima do dia monitorado (ℓ/hora);
$Q_{\text{méd horária}}$	é a vazão horária média do dia monitorado (ℓ/hora).

6.1.2.3 Cálculo dos indicadores

6.1.2.3.1 indicador de consumo de água *per capita*

O indicador de consumo *per capita* de água (ℓ/pes.d) é definido como o volume de água consumido por pessoa por dia, calculado a partir da Equação 4 (ANA e FIESP, 2005).

$$IC_{\text{per capita}} = \frac{C}{Pop} \quad (4)$$

Em que:

$IC_{\text{per capita}}$	é o indicador de consumo <i>per capita</i> de água (ℓ/pes.d);
C	é o consumo diário médio de água do edifício (ℓ/d);
Pop	é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes).

Neste trabalho, foram calculados os indicadores de consumo *per capita* de AQP, de AFP, de AP, de AR e de AT, variando-se os respectivos consumos de água na Equação 4.

6.1.2.3.2 indicador de consumo de água por dormitório

O indicador de consumo de água por dormitório (ℓ/dormitório.d) é definido como o volume de água consumida por números de dormitórios por dia, calculado a partir da Equação 5 (PERTEL, 2009).

$$IC_{\text{por dormitório}} = \frac{C}{N^{\circ} \text{ dorm}} \quad (5)$$

Em que:

$IC_{\text{por dormitório}}$	é o indicador de consumo de água por dormitório(ℓ/dormitório.d);
C	é o consumo diário médio de água do edifício (ℓ/d);
$N^{\circ} \text{ dorm}$	é o número de dormitórios do edifício (dormitório).

Os indicadores de consumo por dormitório de água potável, de água de reúso e de água total foram calculados a partir da Equação 5, variando-se os respectivos consumos de água.

6.1.2.3.3 indicador de consumo de água por área

O indicador de consumo de água por área (ℓ/m².d) é definido como o volume de água consumida por área computável por dia, calculado a partir da Equação 6 (TOMAZ, 2000; PERTEL, 2009).

$$IC_{\text{por área}} = \frac{C}{m^2} \quad (6)$$

Em que:

- $IC_{\text{por área}}$ é o indicador de consumo de água por área (ℓ/m².d);
 C é o consumo diário médio de água do edifício (ℓ/d);
 m^2 é a área computável dos apartamentos (m²).

Os indicadores de consumo por área de água potável, de água de reúso e de água total foram calculados a partir da Equação 6, variando-se os respectivos consumos de água.

6.1.2.4 Avaliação do impacto de redução do consumo de água potável

A avaliação do impacto de redução do consumo de água potável (IR) foi realizada por meio da análise dos indicadores de consumo *per capita* de água total e de água potável do edifício monitorado. O levantamento desses indicadores foi possível devido à setorização do consumo de água, ou seja, a instalação de vários hidrômetros nos setores do edifício, o que permitiu o conhecimento dos consumos de água potável, de água de reúso e de água total em separado. Tais consumos serviram de base para o cálculo do IR, que corresponde à porcentagem de água potável economizada em virtude do reúso. O IR foi calculado conforme Equação 7, baseada no Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações elaborado pela ANA e FIESP (2005).

$$IR = \frac{IC_{AT \text{ per capita}} - IC_{AP \text{ per capita}}}{IC_{AT \text{ per capita}}} \times 100 \text{ (\%)} \quad (7)$$

Em que:

- IR é o impacto de redução do consumo de água potável (%);
 $IC_{AT \text{ per capita}}$ é o indicador de consumo *per capita* de água total (ℓ/pes.d);
 $IC_{AP \text{ per capita}}$ é o indicador de consumo *per capita* de água potável (ℓ/pes.d).

6.1.2.5 Detecção de vazamentos

A detecção de vazamentos foi realizada por meio do monitoramento das vazões mínimas noturnas, volume de água consumido das 2h às 4 horas, visto que, de acordo com Gonçalves e Alvim (2005), a vazão mínima noturna é um importante indicador de perdas que indicam a existência de vazamentos ou de consumo noturno.

6.1.2.6 Tratamento dos dados

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o *software* Excel e Minitab 16, para a obtenção da estatística descritiva dos parâmetros analisados (média, mínimo, máximo, desvio-padrão e coeficiente de variação). Foram gerados gráficos do tipo *Box Plot* para os resultados referentes à variação do consumo ao longo da semana, séries históricas para os dados de consumos diários, gráficos de pizza para a demonstração da distribuição do consumo de água na edificação, dentre outros.

6.1.3 Resultados e discussão

6.1.3.1 Caracterização do consumo de água

6.1.3.1.1 histórico do consumo de água e da população

O histórico do consumo de água do edifício foi obtido por meio do monitoramento diário, que compreendeu o período de 14 julho de 2010 a 23 de janeiro de 2011, portanto um período histórico de aproximadamente sete meses. Na Figura 24, podem ser visualizadas as séries históricas de consumo de água fria potável (AFP), de água quente potável (AQP), de água potável (AP), de água de reúso (AR) e também de consumo de água total (AT) do edifício, além da série histórica da população (funcionários e moradores).

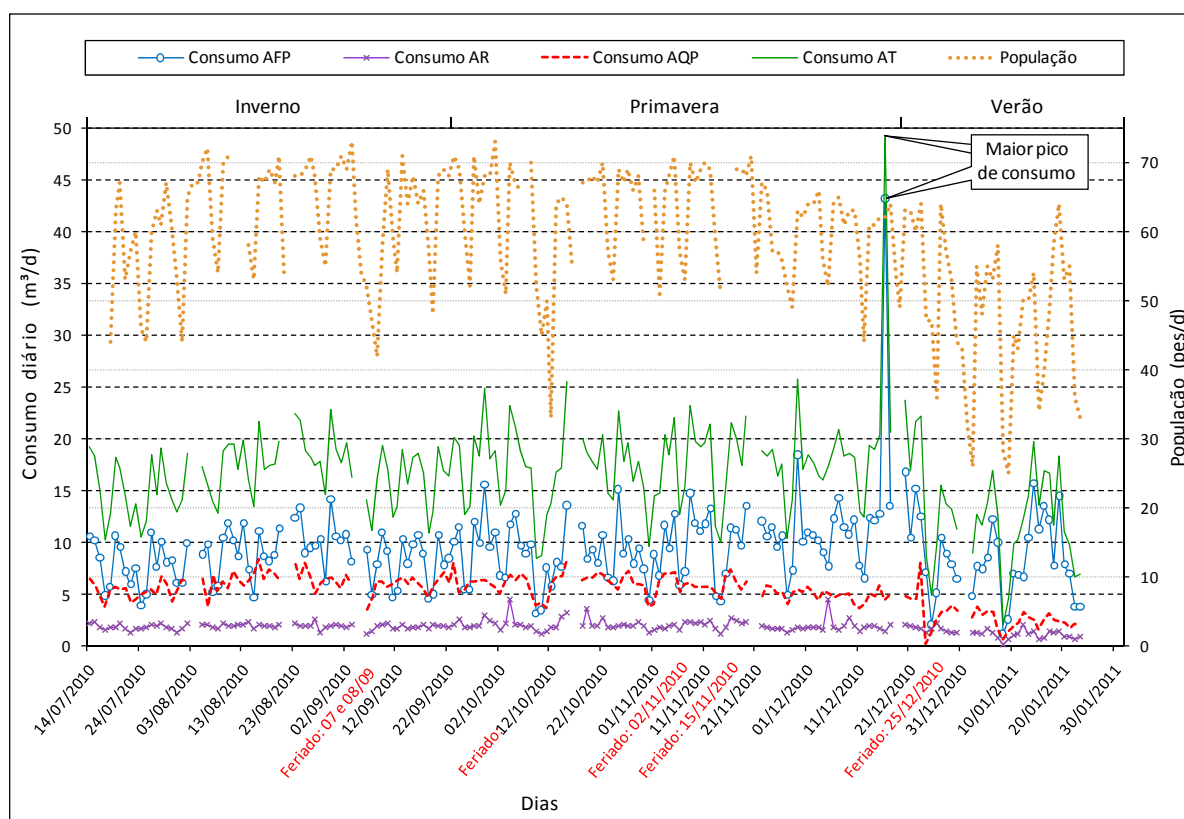


Figura 24: Série histórica do consumo de água e da população na edificação.

Podem ser visualizadas algumas interrupções nas séries históricas que correspondem aos dias não monitorados. Também se percebe o maior pico de consumo de água do período histórico, ocorrido no mês de dezembro. O coeficiente de variação para o consumo de AFP foi de 42,32% em relação à média dos valores apresentados, enquanto que os consumos de AR e de AQP permaneceram mais estáveis com variação em torno de 28,88% e 30,05%, respectivamente. O consumo de AFP foi bem instável durante o período, pois apresentou diversos picos e vales, assim como a população do edifício. Alguns vales da série da população coincidem com alguns vales de consumo de água devido à sazonalidade da ocupação do edifício em função da distribuição de férias e feriados (datas em destaque em vermelho na Figura 24).

Observa-se, ainda, que o consumo de AFP no edifício é bem superior ao consumo de AR. Além disso, nota-se que, apesar da grande variabilidade do consumo de AFP e da população ao longo do período avaliado, há um comportamento cíclico de picos e vales, provavelmente associados à diminuição do consumo de água nos finais de semana, em que as atividades de limpeza doméstica diminuem em função da redução do número de funcionários (Figura 25).

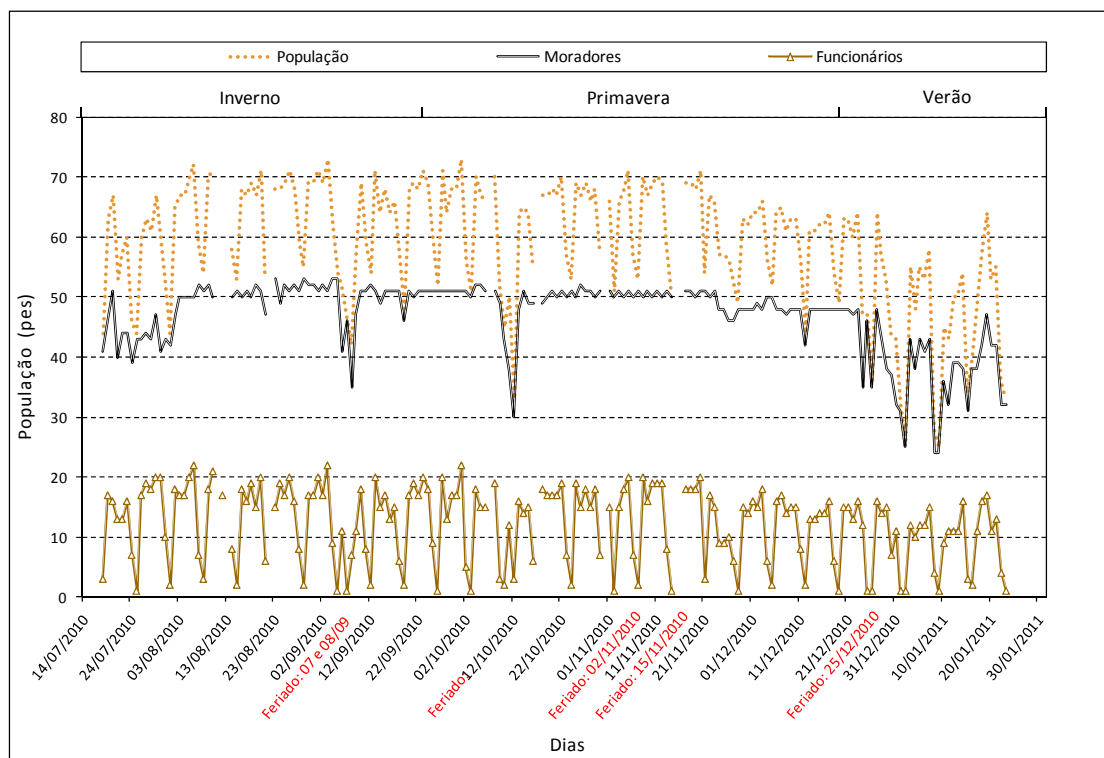


Figura 25: Série histórica da população do edifício, com a identificação de moradores e funcionários.

A Tabela 3 apresenta uma breve análise estatística dos parâmetros monitorados. Verificou-se um consumo diário médio de AP de $14,62 \text{ m}^3$ com um desvio padrão de 4,53. Já o consumo de água diário médio de AR apresentou-se bem inferior: $1,86 \text{ m}^3$ com um desvio padrão de 0,54.

Tabela 3: Análise estatística do consumo de água.

	Parâmetro monitorado					
	Consumo AFP (m^3/d)	Consumo AQP (m^3/d)	Consumo AP (m^3/d)	Consumo AR (m^3/d)	Consumo AT (m^3/d)	Pop (pes)
Nº de observações (unid.)	180	180	180	180	180	182
Média	9,34	5,28	14,62	1,86	16,48	59
Mínimo	1,19	0,22	1,82	0,21	2,0	25
Máximo	43,18	8,56	47,63	4,53	49,1	73
Desvio padrão	3,95	1,59	4,53	0,54	4,8	10
Coefficiente de variação (%)	42,32	30,05	30,97	28,88	29,0	17

Por meio das séries históricas de consumo de AQP, AFP, AP, AR e AT, determinaram-se os coeficientes do dia de maior consumo (K1) para cada tipo de água, conforme apresenta a Tabela 4. Esses dados são importantes para o dimensionamento de ETAC's. Para cálculo do K1 foram desconsiderados os valores extremos e atípicos, como o maior pico de consumo do período, que ocorreu em virtude do enchimento da piscina.

Tabela 4: Coeficiente de vazão máxima diária.

Autor	Ano	Local	Edificação	AFP	AQP	AP	AR	AT
				K1	K1	K1	K1	K1
Esta Pesquisa	2011	Vitória-ES	Multifamiliar dotada de AR	2,02	1,62	1,66	2,43	1,58
Pertel	2009	Vitória-ES	Multifamiliar convencional			1,64		1,64
Pertel	2009	Vitória-ES	Multifamiliar dotada de AR			2,40		

AR – Água de reuso; AFP – Água fria potável; AQP – Água quente potável; AP – Água potável; AT – Água total.

O resultado obtido nesta pesquisa, para água potável, K1 (1,66), mostra-se semelhante ao encontrados por Pertel (2009) num edifício convencional (K1=1,64), e abaixo do encontrado pela mesma autora num edifício dotado de reuso (K1=2,40).

A Figura 26 apresenta a série histórica do consumo de AT do condomínio e dos apartamentos em separado e, ainda, a série histórica do consumo de AT do edifício e da população. O consumo de água no condomínio é bem inferior ao consumo de água dos apartamentos, e a alternância de picos e vales está relacionada a dias de festas ou a alguma manutenção nos sistemas do edifício. Verificou-se que o dia de maior consumo da série histórica ocorreu no setor do condomínio, devido ao enchimento da piscina em virtude de um vazamento.

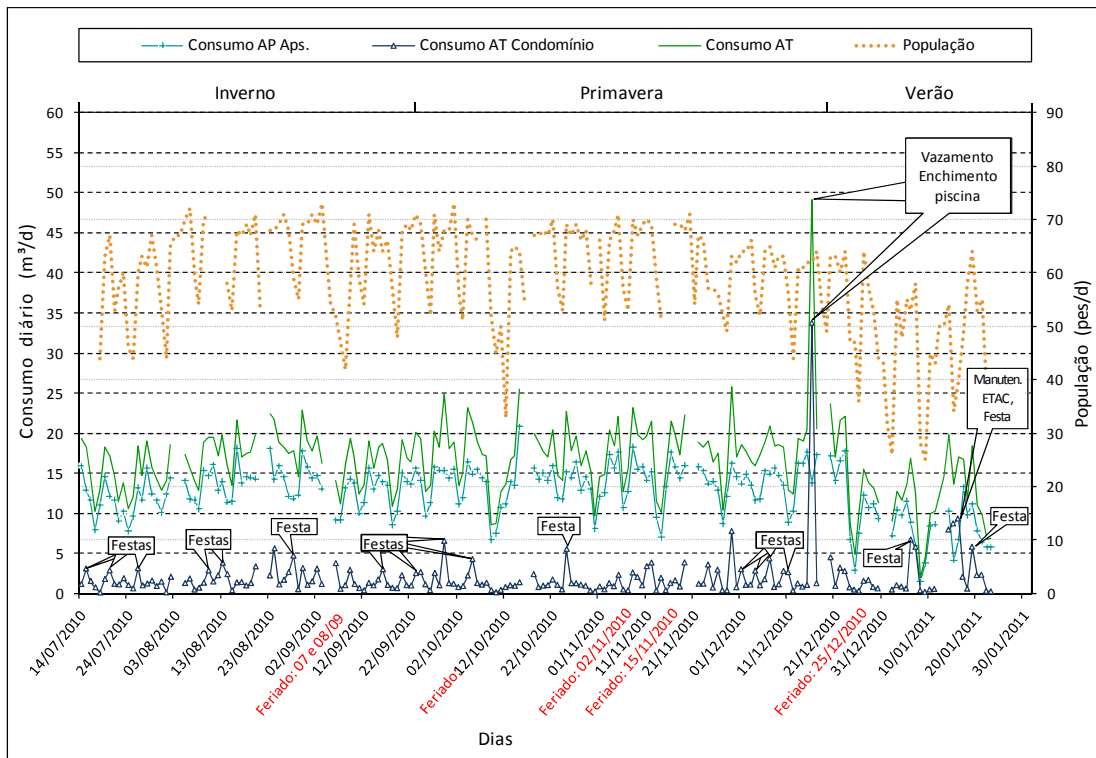


Figura 26: Série histórica de consumo de AT do condomínio e dos apartamentos.

6.1.3.1.2 distribuição do consumo de água

Na Figura 27, observa-se a distribuição do consumo de AP e de AR, em que se verifica que 89% da água consumida no edifício correspondem a AP, e 11% correspondem a AR. Por meio do monitoramento setorizado do consumo de água na edificação, foi possível separar os consumos em dois setores distintos: apartamentos e área de uso comum do condomínio. Em média, 88% da água consumida na edificação correspondem ao consumo dos apartamentos, enquanto que 12% correspondem à água consumida na área de uso comum do condomínio (Figura 28).

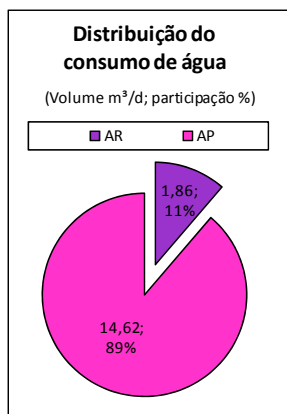


Figura 27: Distribuição do consumo de AP e AR.

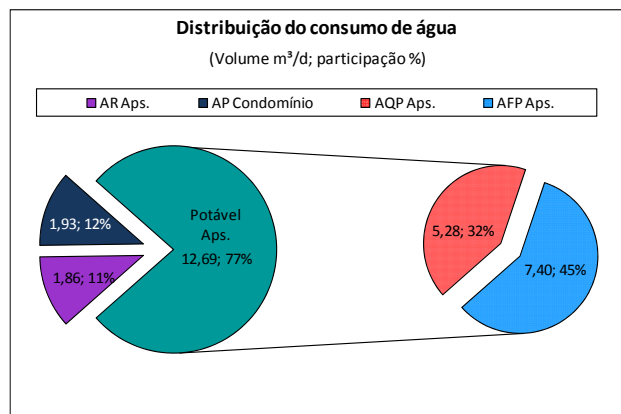


Figura 28: Setorização do consumo de água.

Com relação à água total consumida no interior dos apartamentos, 51% (7,40 m³/d) correspondem ao consumo de AFP, 36% representam o consumo de AQP (5,28 m³/d), e 13% da água total consumida nos apartamentos equivalem à AR (1,86m³/d) consumida pelas bacias sanitárias com caixa acoplada. Numa edificação com padrões semelhantes e localizada no mesmo bairro da edificação objeto deste estudo, Agostini (2009) encontrou um percentual de 20% de água de reúso consumida nos apartamentos, o que corresponde ao consumo de água utilizada nas descargas das bacias sanitárias com caixa acoplada, uma vez que, nos apartamentos, a água não potável é utilizada exclusivamente para tal fim.

Barreto (2008), Oliveira (2007) e Cheung *et al.* (2009) encontraram um percentual entre 20 e 21% de água consumida pelas bacias sanitárias com caixa acoplada em relação ao consumo global da edificação, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5: Percentual referente ao consumo de água das bacias sanitárias com caixa de descarga e volume nominal de 6 litros em relação ao consumo total de água utilizada no interior das residências.

Autor	Ano	Local	Tipo de edificação	Consumo da bacia sanitária em relação ao consumo global da edificação (%)
Esta Pesquisa	2011	Vitória	Multifamiliar	11
Barreto	2008	São Paulo	Residências	20
Agostini	2009	Vitória	Multifamiliar	20
Oliveira	2007	São Paulo	Multifamiliar	20
Cheung <i>et al.</i>	2009	Florianópolis, SC	Multifamiliar	21

O percentual menor encontrado nesta pesquisa pode ser explicado por um fato descoberto no decorrer do monitoramento. Como falado anteriormente, observou-se que algumas bacias sanitárias estavam sendo alimentadas pelo ponto de alimentação da ducha higiênica que corresponde à água potável, não consumindo, portanto, água de reúso. Não foi possível quantificar quantas bacias sanitárias apresentavam esse erro de conexão, pois não se teve acesso a todos os apartamentos. Outros fatores também podem ter influenciado esse percentual como: número de usuários (moradores e funcionários), o modelo da bacia sanitária (apesar de serem todas de caixa acoplada, os modelos podem ser diferentes) e os hábitos de utilização do equipamento pelos moradores e funcionários do edifício.

A Figura 29 apresenta a variabilidade do uso da água nos setores do edifício, por meio de um gráfico do tipo *Box-plot*. No caso do consumo de AT no condomínio, foi verificado um grande número de pontos discrepantes, provavelmente em virtude da aleatoriedade dos dias de festas ou de alguma manutenção realizada nos sistemas do edifício. O maior valor extremo verificado no condomínio (33,83m³) e, conseqüentemente, no edifício (49,109 m³) corresponde ao enchimento da piscina, após ter ocorrido um vazamento.

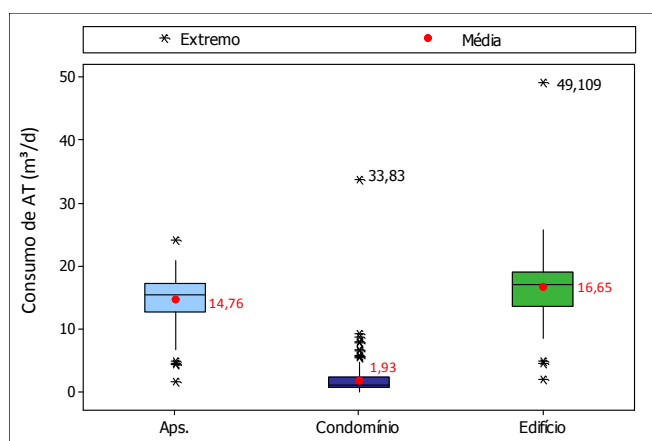


Figura 29: Consumo diário de AT nos setores do edifício.

6.1.3.1.3 variação do consumo de água ao longo dos meses monitorados

A Figura 30 apresenta as médias dos consumos diários de AFP, AQP e AR dos apartamentos, nos meses monitorados.

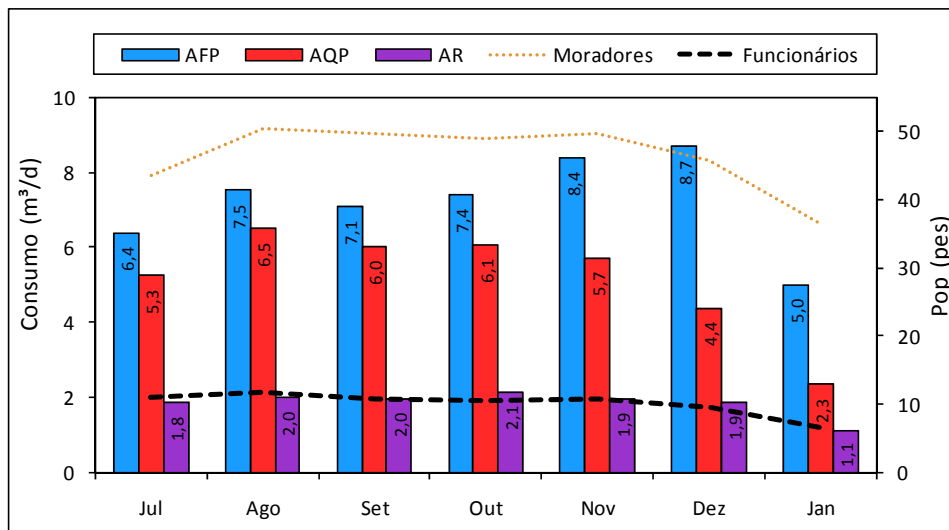


Figura 30: Variação do consumo de água nos apartamentos ao longo dos meses monitorados.

Nota-se que os meses de julho e janeiro apresentam um consumo inferior aos demais meses, em relação à AFP e AR. Os meses de menor consumo de AQP são dezembro e janeiro, provavelmente em virtude do verão. Os meses de maior consumo de AFP foram dezembro, novembro e agosto, apresentando médias de 8,7 m³/d, 8,4 m³/d e 7,5 m³/d. Os meses de menor consumo de AFP e de AR foram julho e janeiro, em que se observa também uma queda na população do edifício em virtude de férias. O consumo de AR variou pouco ao longo dos meses monitorados, apresentando o menor consumo em janeiro (1,1 m³/d), ocasionado pela diminuição da população. O consumo de AQP *per capita* nos apartamentos também diminuiu nos meses de dezembro e janeiro, conforme apresenta a Figura 31.

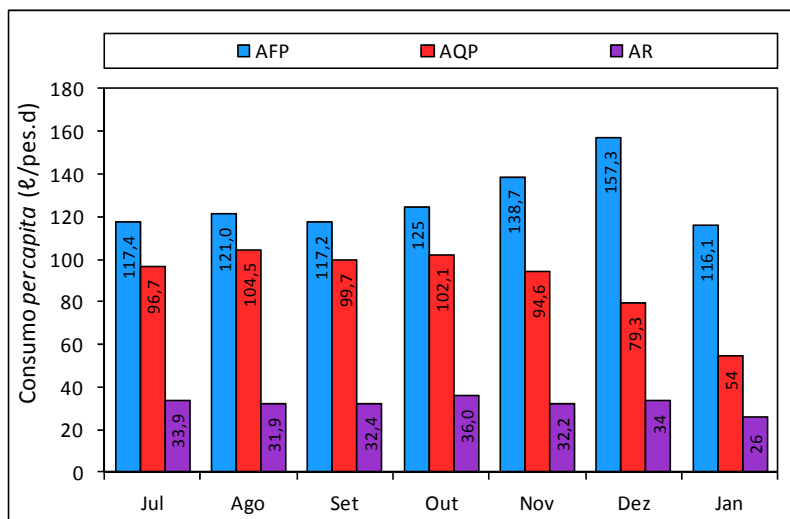


Figura 31: Variação do consumo *per capita* nos apartamentos nos meses monitorados.

A Figura 32 apresenta a média de consumo de AFP, nos meses monitorados, da área comum do condomínio. Nota-se um aumento do consumo nos meses de dezembro e janeiro de 2,8 m³/d e 3,3 m³/d, respectivamente, o que pode ter ocorrido pelo enchimento da piscina em dezembro e de manutenções não periódicas nos sistemas do edifício em janeiro.

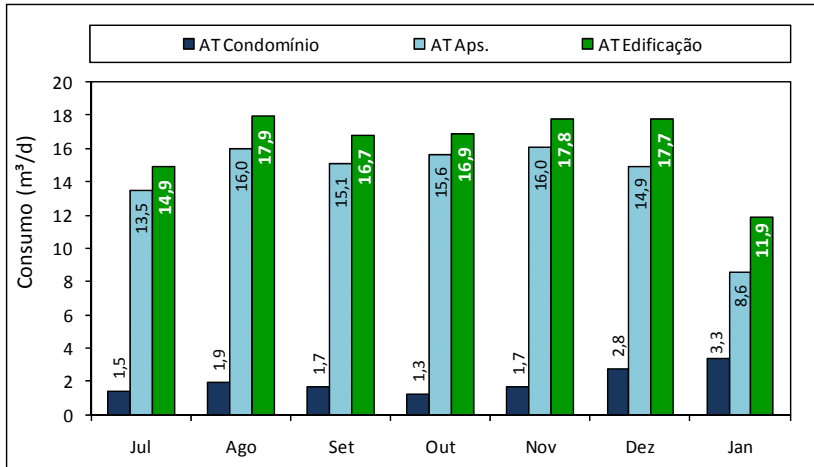


Figura 32: Variação do consumo de água ao longo dos meses monitorados na área comum do condomínio.

6.1.3.1.4 variação do consumo de água ao longo da semana

A Figura 33 apresenta, por meio do gráfico *Box-plot*, o consumo de AFP, de AQP e de AR nos apartamentos, ao longo dos dias da semana. Verifica-se, na referida figura, que os dias de maior consumo são: segundas-feiras para AFP, quartas-feiras para AQP e sextas-feiras para AR. Nota-se, ainda, uma ligeira queda no consumo de AFP nos finais de semana, provavelmente associados à diminuição das atividades de limpeza doméstica em função da redução do número de funcionários. Há uma queda no consumo nos finais de semana de AQP e de AR, porém esse decaimento é suave. No caso do consumo de AR, foi verificado que há um grande número de pontos extremos, principalmente nas quintas-feiras, e que, de forma geral, o consumo, de segunda a sexta-feira, é bem similar; o dia de domingo o de maior dispersão.

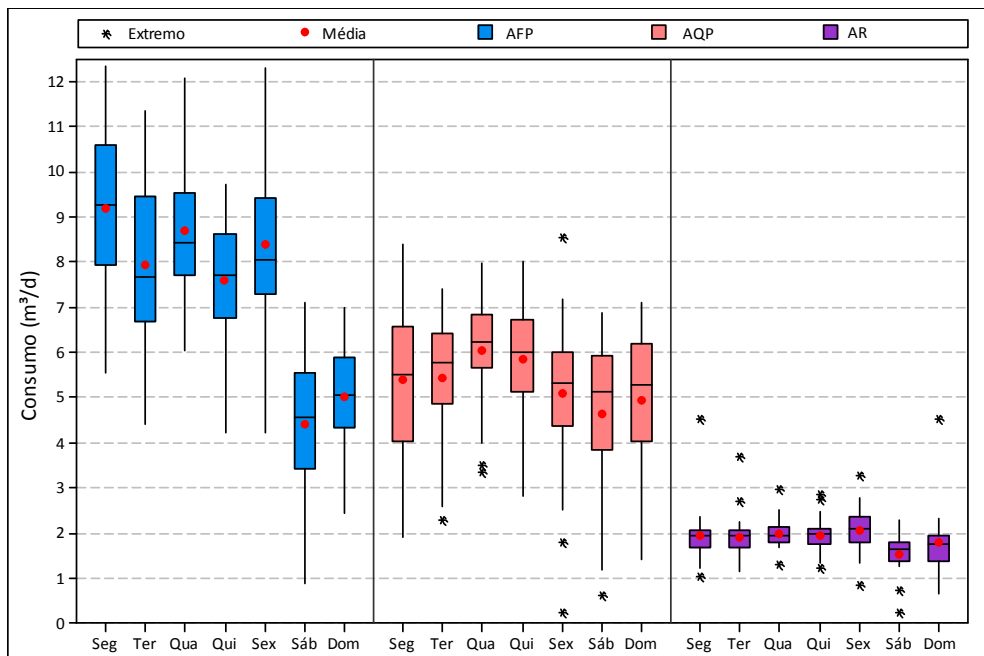


Figura 33: Variação do consumo de AFP, AQP e AR nos apartamentos ao longo da semana.

Os consumos *per capita* de AFP, AQP e AR nos apartamentos ao longo da semana podem ser observados na Figura 34, em que se verifica que os dias de maior consumo de AFP, AQP e AR por pessoa continuam sendo segundas, quartas e sextas-feiras, respectivamente.

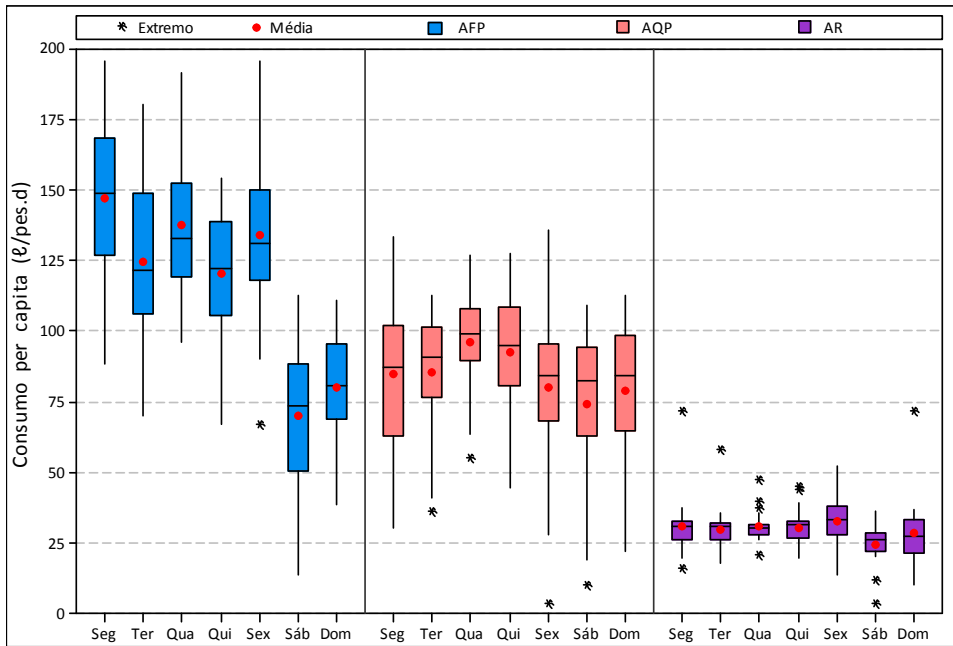


Figura 34: Variação do consumo *per capita* de AFP, AQP e AR ao longo da semana nos apartamentos.

Na Figura 35, podem-se verificar os consumos de AT do condomínio, dos apartamentos e do edifício, ao longo dos dias da semana. De forma geral, o consumo de água no condomínio apresenta-se mais alto nos sábados (em virtudes de festas na área de lazer), enquanto que, nos apartamentos, o consumo mais alto ocorre nas quartas-feiras e, no edifício, os consumos médios nas segundas, quartas, quintas e sextas-feiras foram similares. Nota-se que o maior valor extremo ocorrido no período (enchimento da piscina) ocorreu numa quinta-feira, no setor do condomínio.

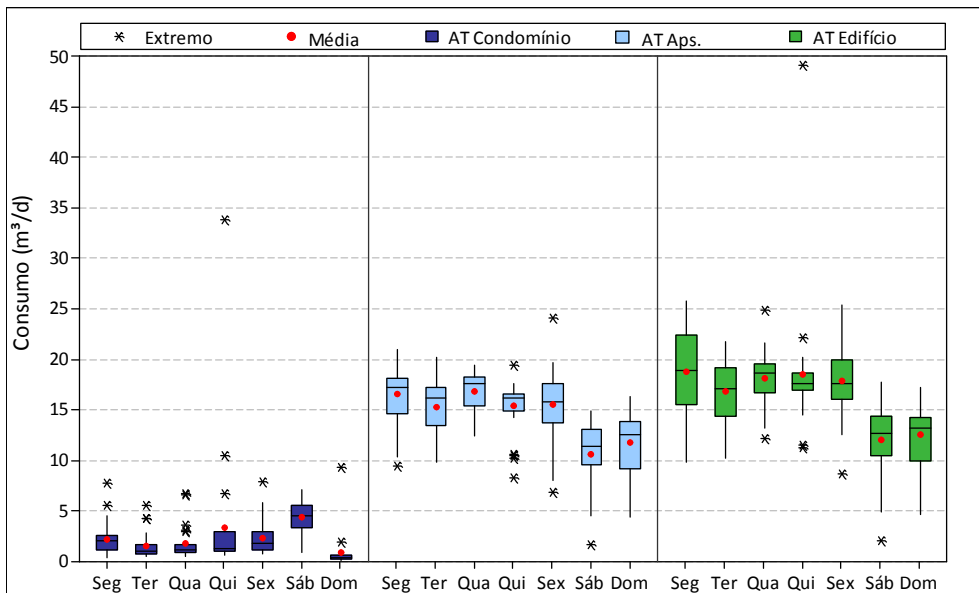


Figura 35: Variação do consumo *per capita* de AFP, AQP e AR nos apartamentos ao longo da semana.

6.1.3.1.5 variação horária do consumo de água

Como se verificou que o dia de maior consumo de AT nos apartamentos foi quarta-feira e também que esse dia apresentou uma menor dispersão entre os dados que dias de segunda-feira e sexta-feira, foram realizadas 4 campanhas de monitoramento 24 horas em dias de quartas-feiras, de forma a se avaliar o perfil de consumo horário desse dia da semana.

A Figura 36 apresenta os perfis horários de consumo de AFP, AQP e AR do edifício, que representam o consumo médio relativo a quatro perfis realizados durante a pesquisa. Pode-se observar que há uma grande variabilidade de consumo de AFP, AQP e, conseqüentemente, de AT ao longo do dia, enquanto que o consumo de AR (descargas das bacias sanitárias) apresentou um comportamento similar ao longo do dia, tendo um decaimento no período da 0h às 6h. O maior pico de consumo de AR ($0,25\text{m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 6h às 8h da manhã, provavelmente horário em que os moradores acordam e utilizam a BS, e o horário de menor consumo ocorreu das 2h às 4h, quando foi consumido $0,01\text{m}^3/2\text{h}$. A média de consumo horário de AR ficou em torno de $0,12\text{m}^3/2\text{h}$, portanto o coeficiente de máxima vazão horária (K2) foi de 2,08, e o de mínima vazão horária (K3) foi de 0,08.

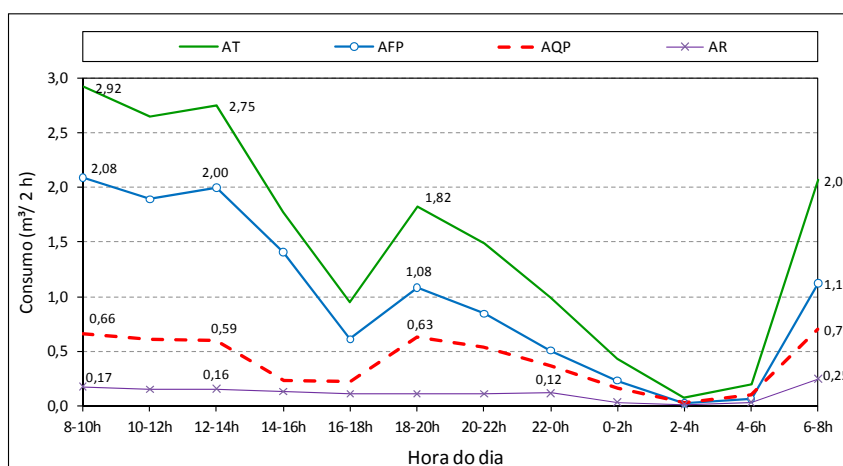


Figura 36: Perfil de consumo de água em 24 horas.

Observa-se, também, na referida figura, que o maior pico de consumo de AFP ($2,08\text{m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 8h às 10h. O horário de menor consumo ocorreu das 2h às 4h, quando foram consumidos $0,02\text{m}^3/2\text{h}$. A média de consumo horário de AFP ficou em torno de $0,99\text{m}^3/2\text{h}$, portanto o coeficiente de máxima vazão horária (K2) foi de 2,10, e o de mínima vazão horária (K3) foi de 0,02.

Diferentemente do perfil de consumo de AFP, o maior pico de consumo de AQP ($0,70\text{m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 6h às 8h, possivelmente associado ao uso do chuveiro pelos moradores. O horário de menor consumo ocorreu das 2h às 4h, em que foram consumidos $0,03\text{m}^3/2\text{h}$. A média de consumo horário de AQP ficou em torno de $0,40\text{m}^3/2\text{h}$, portanto o K2 foi de 1,75, e o K3 foi de 0,075, conforme apresenta a Tabela 6.

Tabela 6: Coeficientes de variação de vazão horária.

Autor	Ano	Local	Edificação	AFP		AQP		AP		AR		AT	
				K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3
Esta Pesquisa	2011	Vitória ES	Multifamiliar dotada de AR	2,10	0,02	1,75	0,075	2,04	0,04	2,08	0,08	1,99	0,05
Pertel	2009	Vitória ES	Multifamiliar convencional					2,56					
Pertel	2009	Vitória ES	Multifamiliar dotada de AR					2,25					

Ainda de acordo com a Tabela 6, o resultado obtido para o coeficiente de máxima variação horária para água potável nesta pesquisa, K2 (2,04), mostra-se inferior aos encontrados por Pertel (2009) num edifício convencional (K2=2,56) e num edifício dotado de reúso (K2=2,25). Possivelmente explicado pelo fato do edifício em questão possuir um menor número de moradores que os estudados por Pertel (2009). Diferentemente dos perfis de consumo de AFP e AT, os perfis *per capita* de AFP e AT apresentaram o maior pico de consumo no intervalo entre

as 10h e as 12h, conforme apresentou a Figura 37, o que pode ser associado à chegada dos moradores para o almoço, que acarreta um maior uso da água. O perfil de consumo *per capita* de AQP apresentou o maior pico de consumo no intervalo entre as 18h e as 20h, diversamente do perfil de consumo de AQP, que apresentou maior pico no intervalo entre as 6h e as 8h, provavelmente associado à chegada dos moradores do trabalho ou a outras atividades.

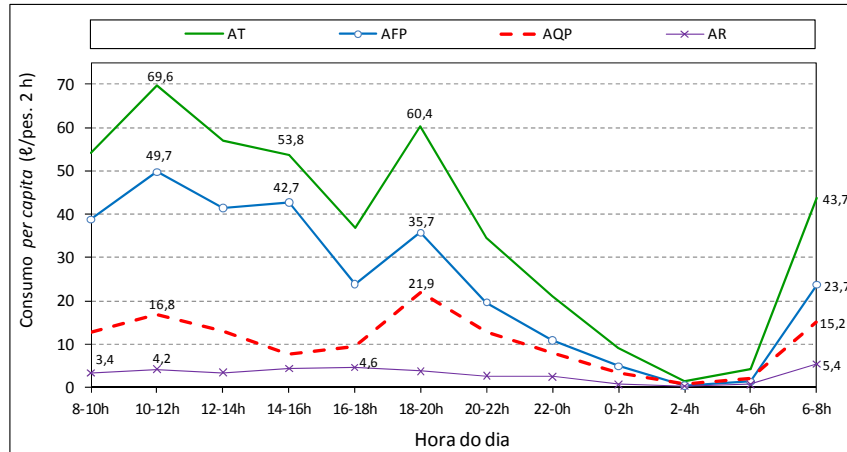


Figura 37: Perfil de consumo *per capita* de água em 24 horas.

O perfil *per capita* de AR apresentou o maior pico das 6h às 8h. Para os consumos *per capita* de AR, AFP, AQP e AT, ocorre uma queda no consumo da 0h às 6h, o vale de menor consumo ocorreu das 2h às 4h. Outro vale de decaimento do consumo de AFP e AT representativo ocorre no período das 16h às 18h, período em que as atividades de limpeza doméstica diminuem, em função da diminuição do número de funcionários. Porém isso não é observado para o consumo *per capita* de AQP e AR, possivelmente associado ao horário em que os funcionários finalizam o serviço e realizam a higiene pessoal.

6.1.3.1.6 variação do consumo de água nos apartamentos

A Figura 38 apresenta os valores médios de consumo de AFP e AQP em cada apartamento ocupado, e suas respectivas populações médias. Não foram considerados os apartamentos desocupados e o número do apartamento não corresponde ao andar. Pode-se observar na referida figura a variação do consumo entre os apartamentos. O 9º apartamento consome quase o dobro do consumo diário médio do 8º apartamento.

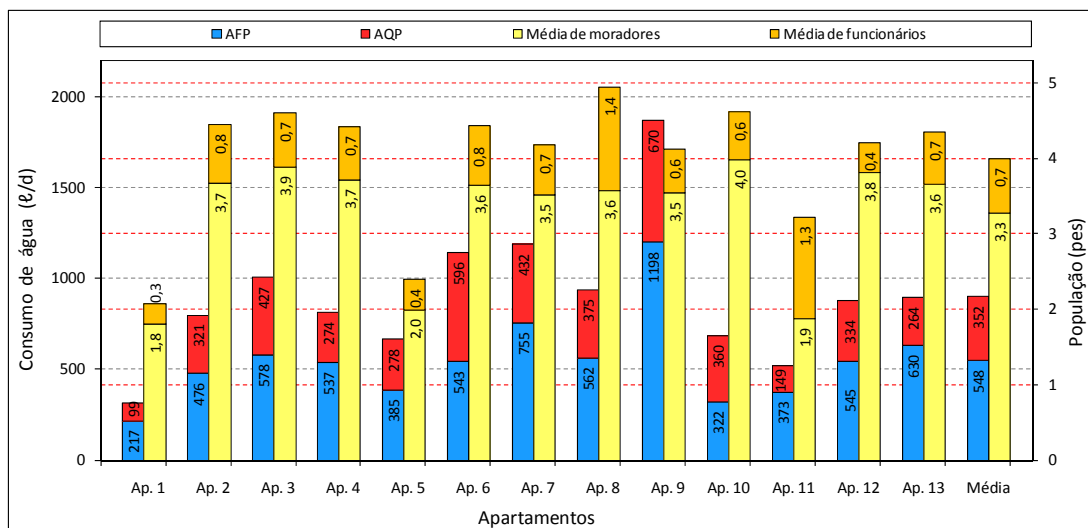


Figura 38: Comparativo da população e dos consumos diários médios dos apartamentos ocupados.

Isso se repete no gráfico de barras sobrepostas ilustrado na Figura 39, em que são apresentados os valores de consumo *per capita* de AQP e de AFP dos apartamentos em comparação com o indicador de consumo de referência (IC) utilizados por projetistas de sistemas prediais. Tal fato pode ser explicado pelos diferentes hábitos de cada indivíduo atrelado ao consumo de água, nível de conscientização, dentre outros.

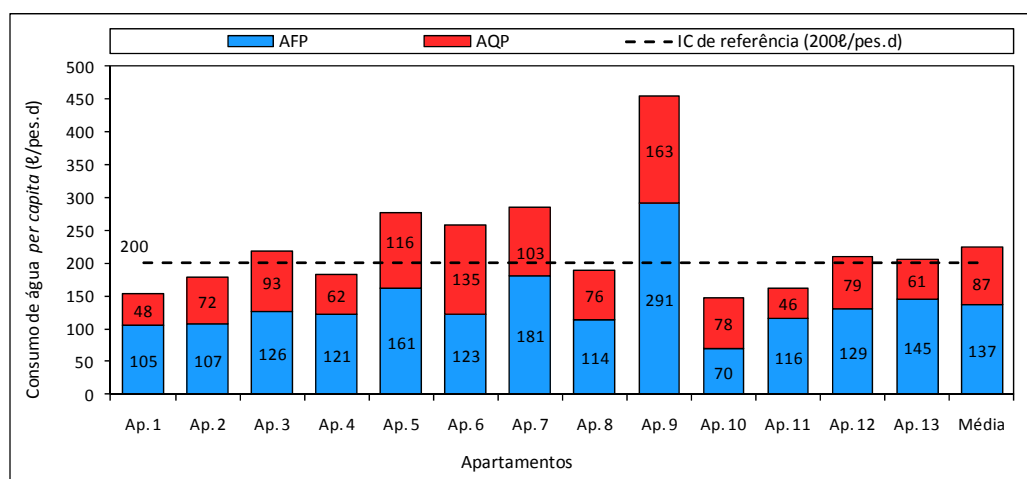


Figura 39: Consumo *per capita* médio de AFP e AQP dos aps em comparação com o IC de referência.

6.1.3.2 Indicadores de consumo de água

6.1.3.2.1 indicadores de consumo *per capita*

Na Tabela 7, são apresentados os indicadores de consumo *per capita* de AQP, AFP, AP e AT do edifício, obtidos nesta pesquisa, em comparação com indicadores encontrados por diversos autores.

Tabela 7: Indicadores de consumo *per capita* de AFP, AQP, AP, AR e AT em comparação com a literatura.

Referência	Local	Edificação	IC_{AFP} (ℓ/pes.d)	IC_{AQP} (ℓ/pes.d)	IC_{AP} (ℓ/pes.d)	IC_{AR} (ℓ/pes.d)	IC_{AT} (ℓ/pes.d)
Esta pesquisa	Vitória - ES	Multif. c/ reúso	158	89	247	31	278
Rodrigues (2005)	Vitória - ES	SIMIC	-	-	155	-	155
		BASC	-	-	189	-	189
		SECO	-	-	223	-	223
Agostini (2009)	Vitória - ES	Multif. c/ reúso	-	-	182	54*	236
Pertel <i>et al.</i> (2008)	Vitória - ES	Multif. Verão	182	32	214	-	214
Pertel <i>et al.</i> (2008)	Vitória - ES	Multif. Inverno	187	50	237	-	237
Meyer e Tshimankinda (1996)	África do Sul	2 moradores	-	88,6	-	-	-
		3 moradores	-	66,8	-	-	-
		4 moradores	-	61,5	-	-	-
Cheung <i>et al.</i> (2009)	Florianópolis SC	Unif. c/ AR e Ach	-	-	63	31	144
Ilha <i>et al.</i> (1994)	Ref. projetos	Aps.	-	60	-	-	-
Ilha e Gonçalves (1994)	Ref. projetos	Aps.	-	-	-	-	200
Kose <i>et al.</i> (2004)	Japão	Multif. 1 dorm.	-	-	-	-	292
Jamrah <i>et al.</i> (2006)	Amã, Jordânia	Residências	-	-	-	-	84
Custódio e Ferreira (2005)	Goiânia, GO	Unifamiliares	-	-	376	-	376

*Indicador calculado pelo autor com base no consumo de água de reúso no interior dos apartamentos, onde a água de reúso só é utilizada para descarga de bacia sanitária. SIMIC – Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e de medição individualizada; BASC – Edifícios dotados de bacia com caixa de descarga acoplada; SECO – Edifícios sem dispositivos economizadores; AP – Água potável; AR – Água de reúso; Ref. – referência, Unif. – Unifamiliar, Multif – multifamiliar, dorm – dormitório.

O indicador de consumo *per capita* de AFP (158 ℓ/pes.d) obtido neste trabalho apresentou-se menor que o encontrado por Pertel *et al.* (2008) numa edificação multifamiliar

convencional com padrão construtivo semelhante à edificação em estudo (182ℓ/pes.d – verão, 187 ℓ/pes.d – inverno). No entanto o IC_{AQP} verificado neste trabalho (89ℓ/pes.d) apresentou-se superior ao indicador de consumo de referência de 60 ℓ/pes.d, muito utilizado por projetistas de sistemas prediais. E também foi superior ao encontrado por Pertel *et al.* (2008) em edificação semelhante localizada em Vitória-ES (32ℓ/pes.d – verão; 50ℓ/pes.d – inverno), e por Meyer e Tshimankinda (1998) em residências locadas em Joanesburgo, África do Sul, com 3 e 4 moradores, 66,8ℓ/pes.d e 61,5ℓ/pes.d, respectivamente. O indicador *per capita* de AQP encontrado assemelhou-se ao encontrado por Meyer e Tshimankinda (1998) em residências de apenas 2 moradores (88,6ℓ/pes.d).

Durante o andamento da pesquisa, moradores relataram que o sistema de aquecimento de água era ineficiente pela manhã, pois os primeiros moradores, ao tomarem banho, tinham que deixar uma grande quantidade de água fria escoar até que atingisse a temperatura desejada, acarretando um grande desperdício de água. Portanto o alto indicador *per capita* de água quente pode ser explicado pelo desperdício de água devido ao excessivo tempo de espera por água quente nos chuveiros ocasionado por uma possível falha de um dos componentes do sistema de recirculação de água quente, do sensor de temperatura ou da microbomba que direciona a água fria ao início do sistema e promove o reaquecimento das prumadas.

O consumo *per capita* de água potável encontrado para a edificação em estudo apresenta-se maior do que o encontrado por Agostini (2009) e fica, ainda, acima dos indicadores encontrados por Rodrigues (2005), em estudo realizado na mesma região. Pôde-se observar, na Tabela 7, que a média de consumo *per capita* de água potável obtida no presente estudo é a terceira maior dentre as apresentadas na literatura consultada e é menor em relação à residência estudada por Custódio e Ferreira (2005) num condomínio horizontal residencial, localizado em Goiânia-GO.

O consumo *per capita* de AR obtido neste estudo apresentou-se muito próximo ao encontrado por Cheung *et al.* (2009), que estudou o consumo de água em uma residência no bairro de Ratoles, periferia de Florianópolis, onde a água de reúso também era utilizada para descarga em bacias sanitárias. No entanto, o indicador de AR encontrado por Agostini (2009) num edifício semelhante ao edifício em estudo apresentou-se maior (54 ℓ/pes.d) do que o encontrado nesta pesquisa (31 ℓ/pes.d). O consumo *per capita* de AR foi calculado por Agostini (2009) levando-se em conta somente o consumo de água das descargas das bacias sanitárias dos apartamentos, pois no edifício monitorado por ele a AR é destinada também à descarga de bacias sanitárias da área de lazer e área comum, e também para limpeza de área impermeabilizada e rega de jardim.

Quando o indicador de consumo *per capita* de AT obtido nesta pesquisa (278 ℓ/pes.d) é comparado ao indicador (84 ℓ/pes.d) encontrado por Jamrah *et al.* (2006) em edificações em Amã, Jordânia, país semiárido com escassez de água, ele apresenta-se três vezes maior. Pode-se observar, ainda, na Tabela 7, que a média de consumo *per capita* de água total obtida no presente estudo é a terceira maior dentre as apresentadas na literatura consultada. Ela é menor, apenas, em relação ao indicador encontrado por Kose *et al.* (2004) em apartamentos de 1 dormitório, no Japão, e por Custódio e Ferreira (2005) para um condomínio de casas, em Goiânia – GO.

6.1.3.2.2 indicadores de consumo por dormitório

Os indicadores de consumo por dormitório obtidos nesta pesquisa são apresentados na Tabela 8, junto com alguns indicadores encontrados na literatura.

Tabela 8: Indicadores de consumo *per capita* de AFP, AQP, AP, AR e AT em comparação com a literatura.

Autor	Ano	Local	Observação	IC_{AP} por dormitório (ℓ/dormitório.d)	IC_{AR} por dormitório (ℓ/dormitório.d)	IC_{AT} por dormitório (ℓ/dormitório.d)
Esta pesquisa	2011	Vitória - ES	Multif. c/ reúso	209	27	235
Pertel	2009	Vitória -ES	Multif; c/ reúso	115		115
Pertel	2009	Vitória -ES	Multif. convencional	201		201
			SIMIC	188		188
Rodrigues	2005	Vitória -ES	BASC	218		218
			SECO	242		242
Macintyre	1986	Valor de ref.	Aps. de luxo			300-400

SIMIC – Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada; BASC – Edifícios dotados de bacia com caixa de descarga acoplada; SECO – Edifícios sem dispositivos economizadores, Ref. – referência; Multif. – multifamiliar.

O IC por dormitório obtido mostrou-se menor quando comparado ao encontrado por Rodrigues (2005) em edifícios sem dispositivos economizadores; e maior quando comparado aos valores obtidos por Pertel (2009) em edifício com padrões semelhantes localizados em Vitória, e também maior que os encontrados por Rodrigues para edificações do tipo SIMIC e BASC. Porém o indicador verificado neste estudo se apresentou menor que o valor de referência indicado por Macintyre (1986) para estimativa de consumo diário de água para apartamentos de luxo.

6.1.3.2.3 indicadores de consumo por área

Os indicadores de consumo por área obtidos nesta pesquisa são apresentados na Tabela 9, junto com alguns indicadores encontrados na literatura.

Tabela 9: Indicadores de consumo por área de AFP, AQP, AP, AR e AT em comparação com a literatura.

Autor	Ano	Local	Observação	IC_{AP} por área (ℓ/m ² .d)	IC_{AR} por área (ℓ/ m ² .d)	IC_{AT} por área (ℓ/ m ² .d)
Esta pesquisa	2011	Vitória - ES	Multif. c/ reúso	6,6	0,8	7,4
Pertel	2009	Vitória - ES	Multif. c/ reúso	4		
Pertel	2009	Vitória - ES	Multif. convencional	7		7
			SIMIC	5		5
Rodrigues	2005	Vitória - ES	BASC	6		6
			SECO	6		6
Nucci, <i>apud</i> Tomaz	2000	Valor de ref.	Resid. classe alta	5,3 – 6,2	-	5,3 – 6,2
Nucci, <i>apud</i> Tomaz	2000	Valor de ref.	Resid. classe baixa	10 - 18	-	10 - 18
Nucci, <i>apud</i> Tomaz	2000	Valor de ref.	Resid. classe média	4,1 – 7,7	-	4,1 – 7,7
Nucci, <i>apud</i> Tomaz	2000	Valor de ref.	Resid. valor média	6,77 - 7,5	-	6,77 - 7,5

SIMIC – Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada; BASC – Edifícios dotados de bacia com caixa de descarga acoplada; SECO – Edifícios sem dispositivos economizadores; Ref. – referência; Resid. – residência.

Com relação ao consumo por metro quadrado de área computável, verificou-se que o índice diminui na medida em que a situação socioeconômica da moradia melhora (NUCCI, *apud* TOMAZ, 2000), isto porque, com a melhoria da condição socioeconômica, as famílias tendem a ocupar residências com áreas maiores. Apesar dessa observação consultada na literatura, o indicador encontrado apresentou-se alto, se comparado com o valor de referência para residências de classe alta (NUCCIN, *apud* TOMAZ, 2000), e superior ao encontrado por Pertel (2009), numa edificação similar, e por Rodrigues (2005), nos três tipos de edificações estudadas.

6.1.3.3 Avaliação do impacto do reúso no consumo de água potável

A avaliação do impacto de redução do consumo de água potável foi realizada por meio da análise dos indicadores de consumo *per capita* de água potável e de água total do edifício monitorado. O indicador de consumo de água total corresponde ao indicador de água potável

do edifício se este não possuísse reuso. Com isso, pode-se calcular a economia de água potável obtida por meio do reuso, cujos resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Impacto de redução do consumo de água potável.

IC_{AP} per capita (ℓ/pes.d)	IC_{AT} per capita (ℓ/pes.d)	IR (%)
246,98	278,44	11,30

O impacto de redução do consumo de água potável verificado no edifício, em virtude do reuso de água cinza-claras para descargas de bacias sanitárias, foi de 11,30%.

6.1.4. Conclusão

1. Verificou-se que 89% da água consumida na edificação correspondem a água potável, e 11% correspondem a água de reuso. Os apartamentos são responsáveis por 88% da água demandada na edificação, enquanto o condomínio consome 12%. Com relação ao consumo interno dos apartamentos, verificou-se que 51% correspondem à AFP, 36%, à AQP, e 13% equivalem ao consumo de água de reuso, ou seja, ao consumo das BS.
2. A AR consumida nos apartamentos, corresponde ao consumo de água utilizada nas descargas das BS. Comparando-se o valor (consumo da BS em relação ao consumo global da edificação) encontrado nesta pesquisa (11%) com a literatura (20%), constatou-se um baixo percentual de consumo de água das BS. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo fato de nem todas as BS dos apartamentos estarem sendo alimentadas por AP e também por outros fatores como: número diferente de usuários (moradores e funcionários), o modelo da bacia sanitária (apesar de serem todas de caixa acoplada, os modelos podem ser diferentes) e os hábitos de utilização do equipamento pelos moradores e funcionários.
3. Fazendo uma análise a partir de valores relativos (%), o baixo percentual de consumo de água de reuso encontrado (11%) pode ter sido baixo em virtude do alto consumo de água potável (acima da maioria dos indicadores encontrados na literatura técnica). Assim, como o consumo de água potável é muito grande o percentual de água de reuso é baixo.
4. Os intervalos de maior consumo observados com o monitoramento horário foram: das 8h às 10h para AFP e das 6h às 8h para AR e AQP. Os intervalos de menor consumo ocorreram das 2h às 4h. Já os intervalos de maior consumo *per capita* observados foram: das 10h às 12h para AFP, e para AQP e AR continuou sendo no intervalo das 6h às 8h. Há uma queda no consumo entre as 2h e 4h.
5. O monitoramento de perdas entre as 2h e 4h permitiu observar a ausência de vazamentos, visto que o consumo, nesse horário, foi distribuído de forma aleatória e descontínua.
6. O indicador de consumo *per capita* de AFP (158 ℓ/pes.d) obtido neste trabalho apresentou-se menor que os encontrados em outros trabalhos, provavelmente porque nos outros trabalhos o edifício em estudo não era dotado de reuso de água. Se o edifício em estudo neste trabalho não fosse dotado de reuso o indicador de AFP seria de 189 ℓ/pes.d, um pouco maior que os encontrados pelos outros autores. Já o indicador *per capita* de AQP (89 ℓ/pes.d) mostrou-se alto, maior que os valores obtidos na literatura. O Indicador *per capita* de consumo de AR foi de 31 ℓ/pes.d.
7. O impacto de redução do consumo de água potável obtido com a utilização do reuso de águas cinza-claras para descargas das BS foi de 11%. Tal *percentagem* de AP

conservada foi considerada baixa quando comparada com a literatura. Tal percentagem *podia* ser maior, se todas as bacias sanitárias do edifício fossem alimentadas com AR. E ainda maior se o reuso fosse empregado para outros fins não potáveis como rega de jardim, lavagem de área impermeabilizada, lavagem de carros e até lavagem de roupas.

6.1.5. Referências

AGOSTINI, R.; S. dos; de. **Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão.** 2009. 69 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

ANA, FIESP & SindusCon-SP. **Conservação e Reúso da Água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; ARAÚJO, R. de; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica.** 8. ed. atual. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

CHEUNG, P. B. *et al.* Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination.** v.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

CUSTÓDIO, S. P.; FERREIRA, O. M. **Condomínio residencial Aldeia do Vale: consumo de água e geração de esgoto.** 2005. Disponível em: < <http://www.ucg.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

ERIKSSON, E.; AUFFARH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban water.** v. 4, p. 85-104, 2002.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; EILERSEN, A-M.; HENZE, M.; LEDIN; A. Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. **water SA.** 2003; v. 29, n. 2, p. 135-46, 2003.

FRIEDLER, E.; HADARI, M. Economic feasibility of on-site grey water reuse in multi-storey buildings. **Desalination.** v. 190, p. 221-234, 2006.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P. R. A. **Guia prático para pesquisa e combate a vazamentos não visíveis.** Brasília, DF: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Ministério das Cidades, 2005.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações.** Vitória: ABES, 2006, p. 1-28.

HENZE, M; LEDIN, A. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. **Decentralised sanitation and reuse: Concepts, systems and implementation.** London: IWA Publishing, 2011, chapter 4, p. 59-72, 2001.

ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais de água fria**. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. EPUSP, 1994. Disponível em: < <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/ttppcc08.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2011.

ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M.; KAVASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente**. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. EPUSP, 1994. Disponível em: < <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/ttppcc08.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2011.

JAMRAH, A., AL-OMARI, A., AL-QASEM, L., ABDEL GHANI, N. Assessment of availability and characteristics of grey water in Amman. **Water international**. v. 31, n.2, p. 210–220, 2006.

JEFFERSON, B., LAINE, A., PARSONS, S., STEPHENSON, T., JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban water**. v.1, p. 285-292, 1999.

KOSE, H.; SAKAUE, K.; IIZUKA, H. Measurement of water, electronic power and gas consumption and questionnaire about act of water usage in the apartment house. In: CIB-W62 - Water Supply and Drainage for Buildings, 30, 2004, Paris. **Proceedings**. Paris: CIB W62, 2004, 20p.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois 1986. 798 p.

MEYER, J. P.; TSHIMANKINDA, M. Domestic hot water consumption in South African townhouses. **Energy conversion and management**, Great Britain, v. 39, n. 7, p. 679-684, 1998.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings: Over ten years of experience in Berlin. **Urban water**, v.1, n.4, p.275-84, 1999.

OLIVEIRA, L. H. de. Bacias sanitárias com sistema dual de descarga: quanto é possível reduzir o consumo de água? **Revista hydro**, São Paulo, n. 68, mar. 2007.

OTTERPOHL, R., ALBOLD, A.; OLDENBURG, M. Source control in urban sanitation and waste management: ten systems with reuse of resources. **Water science & technology**. v.39, n.5, p.153–160, 1999.

PERTEL, M. **Caracterização do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

PERTEL, M.; DIAS; GRECCO, L. B.; REZENDO, C. C. S.; GONCALVES, R. F.. Avaliação da sazonalidade do consumo de água e energia em uma edificação residencial de alto padrão. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, XXXI, 2008, Santiago do Chile. **Anais do XXXI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental AIDIS**, 2008.

RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000. 250p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005. 452 p.

6.2 ARTIGO 2:

IMPACTO DO REÚSO DE ÁGUAS CINZA NAS VAZÕES DE ESGOTO DOMÉSTICO
EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinza-claras para descarga das bacias sanitárias, nas vazões de esgoto de uma edificação residencial multifamiliar. A edificação possui uma Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) e medição individualizada por apartamento, sendo dotada de equipamentos economizadores, como bacias sanitárias com caixa acoplada e arejadores nas torneiras. O monitoramento da produção de águas negras (efluentes oriundos de bacias sanitárias) e de águas cinza-escuras (efluentes provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça) foi realizado de setembro de 2010 a janeiro de 2011 a partir da instalação de um sistema de medição de esgoto do tipo calha *parshall*. Já as vazões de águas cinza-claras (efluentes provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas) foram monitoradas em alguns dias de dezembro e janeiro de 2011, a partir da instalação de hidrômetros. O monitoramento foi realizado por meio de leituras diárias, com início às 8h, de todos os medidores do edifício, além do levantamento de 4 perfis de produção 24 horas. Também foram calculados os indicadores *per capita* de produção de águas residuárias. Os resultados indicam que 64% do esgoto produzido na edificação correspondem ao total de águas cinza-claras produzidas, 22% correspondem a águas cinza-escuras e 14% correspondem a águas negras. Observou-se que apenas uma parcela ($1,86\text{m}^3/\text{d}$) de águas cinza-claras é reutilizada para descargas das bacias sanitárias após tratamento, e $7,14\text{m}^3/\text{d}$ são direcionados para a rede coletora de esgoto. Os intervalos de maior produção *per capita* observados foram: das 10h às 12h para águas cinza-escuras, e, para águas negras, das 6h às 8h, com uma queda na produção entre as 2h e as 4h. A faixa de horário de maior produção de esgoto lançado na rede pública e de esgoto total produzido foi das 10h às 12h, em que foram produzidos, em média, $81,1\text{ l}/\text{pes.2h}$ e $85,09\text{ l}/\text{pes.2h}$, respectivamente. O monitoramento de perdas entre as 2h e as 4h permitiu observar a existência de vazamento, visto que a produção de águas cinza-escuras, nesse horário, foi praticamente a mesma, variando de $0,18\text{ m}^3/2\text{h}$ a $0,20\text{ m}^3/2\text{h}$. O indicador de produção *per capita* de águas cinza-claras obtido foi de $152,02\text{ l}/\text{pes.d}$, o indicador *per capita* de águas cinza-escuras foi de $52,64\text{ l}/\text{pes.d}$, e o Indicador *per capita* de produção de águas negras foi de $33,46\text{ l}/\text{pes.d}$. A média de produção *per capita* de esgoto doméstico lançado na rede coletora foi de $215,62\text{ l}/\text{pes.d}$. O impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora, em virtude do reúso verificado neste trabalho para o edifício monitorado, foi de 9,45%.

Palavras-chave: águas residuárias; águas cinza; águas negras; ecosan; edificação multifamiliar.

Abreviaturas e símbolos

%	porcentagem	$C_{AP\ Ap.}$	consumo de água potável de cada ap.
$\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$	intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento 24 horas	$C_{AP\ Aps.}$	consumo de água potável de todos os aps.
$\Delta T_{\text{monit. diário}}$	intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento diário	C_{AP}	consumo de água potável do edifício
AC_{claras}	águas cinza-claras	$C_{AQP\ Ap.}$	consumo de água quente potável de cada ap.
AC_{escuras}	águas cinza-escuras	$C_{AQP\ Aps.}$	consumo de água quente potável de todos os aps.
AFP	água fria potável	C_{AQP}	consumo de água quente potável do edifício
AN	águas negras	$C_{AR\ Aps}$	consumo de água de reúso de todos os aps
Ap.	apartamento	C_{AR}	consumo de água de reúso do edifício
Aps.	apartamentos	$C_{AR\ 2h}$	consumo de AR do edifício em 2 horas ($\text{l}/2\text{h}$)
AQP	água quente potável	$C_{AFP\ Ap.}$	consumo de água fria potável de cada ap.
AR	água de reúso	$C_{AFP\ Aps.}$	consumo de água fria potável de todos os ap.
banh.	banheiro	CV	coeficiente de variação
BS	bacia sanitária	d	dia
C	consumo diário médio de água do edifício (l/d)	dorm	dormitórios
c/	com	DP	desvio padrão
$C_{AFP\ Condomínio}$	consumo de água fria potável do condomínio	ED _{Rede}	produção de esgoto doméstico lançado na rede coletora
C_{AFP}	consumo de água fria potável do edifício	ED _{Total}	produção total de esgoto doméstico
		ETAC	estação de tratamento de águas cinza

F_{F2h}	frequência de uso das BS nos aps. para defecar em 2 horas (vezes/2h)	$P_{AC\ claras\ Rede}$	produção de águas cinza-claras excedentes da demanda e lançadas na rede coletora
$F_{U\ Fun}$	frequência diária de uso da BS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d)	$P_{AC\ claras\ Total}$	produção total de águas cinza-claras
$F_{U\ Mor}$	frequência diária de uso da BS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d)	$P_{AC\ escuras}$	produção diária de águas cinza-escuras (ℓ/d)
F_{U2h}	frequência de uso das BS nos aps. para urinar em 2 horas (vezes/2h)	$P_{AC\ escuras\ 2h}$	produção de águas cinza-escuras em duas horas(ℓ/2h)
F_{UT24h}	frequência diária de uso das BS para urinar nos aps. (vezes/d)	P_{AN}	produção diária de águas negras do edifício (ℓ/d)
h	hora	$P_{AN+AC\ escuras}$	produção de águas negras somadas às águas cinza-escuras
H	hidrômetro	$P_{AN+AC\ escuras\ 2h}$	produção de AN somadas às águas cinza-escuras em duas horas, medida pelo SCP (ℓ/2h)
H4	hidrômetro 4, geral de água de reúso	$P_{AN\ Aps}$	produção diária de águas negras dos aps. (ℓ/d)
H5	hidrômetro 5, geral de água de reúso	$P_{AN\ Aps.\ 2h}$	produção de AN dos aps. em 2 horas (ℓ/2h)
H6	hidrômetro 6, geral de água de reúso	$P_{AN\ 2h}$	produção de águas negras em 2 horas do edifício (ℓ/2h)
H7	hidrômetro 7, geral de água de reúso	P_{AR}	produção de água de reúso do edifício
H8	hidrômetro 8, geral de água de reúso	$P_{ED\ Total}$	produção diária média de esgoto doméstico total do edifício (ℓ/d)
H9	hidrômetro 9, geral de águas cinza-claras	$P_{ED\ Rede}$	produção diária média de esgoto doméstico do edifício, lançado na rede coletora (ℓ/d)
$IP_{AC\ clara}$	indicador de produção de AC_{claras} per capita (ℓ/pes.d)	Pav.	pavimento
$IP_{AC\ escura}$	indicador de produção de $AC_{escuras}$ per capita (ℓ/pes.d)	pes.	pesoa
IP_{AN}	indicador de produção de AN per capita (ℓ/pes.d)	Pop	população total (moradores e funcionários) do edifício (pes)
$IP_{ED\ Total}$	indicador de produção de ED_{Total} per capita (ℓ/pes.d)	$Pop_{Ap.}$	população de cada apartamento (pes.)
$IP_{ED\ Rede}$	indicador de produção de ED_{Rede} per capita (ℓ/pes.d)	$Pop_{Aps.}$	população de todos os apartamentos
IR_E	impacto de redução do lançamento de ED na rede (%)	$Pop_{Aps.2h}$	população de funcionários e moradores dos aps. em 2 horas (pes.)
ℓ	litro	Pop_F	população de funcionários dos aps. (pes.)
ℓ/d	litros por dia	Pop_{FC}	população de funcionários do condomínio (pes.)
ℓ/hora	litros por hora	Pop_{FC2h}	população de funcionários do condomínio em 2 horas (pes.)
ℓ/m ² .d	litros por metro quadrado por dia	Pop_M	população de moradores do edifício (pes.)
ℓ/pes.d	litros por pessoa por dia	RCE	rede coletora de esgoto
m ²	metro quadrado	R.T.I	reserva técnica de incêndio
m ³	metro cúbico	Ref.	referência
m ³ /d	metro cúbico por dia	RIAFP	reservatório inferior de água fria potável
Máx	máxima	RIAR	reservatório inferior de água de reúso
Méd	média	RSAFP	reservatório superior de água fria potável
Min	mínima	RSAQ	reservatório superior de água quente
Monit.	monitoramento	RSAR	reservatório superior de água de reúso
MLL	máquina de lavar louça	SPA	sistema público de abastecimento
MLR	máquina de lavar roupa	SPC	sistema de medição de esgoto do tipo calha
n	número da amostra	<i>parshall</i>	
Nº	número	unid.	unidade
Nº dorm	número de dormitórios do edifício	V_U	volume médio de urina excretado por pessoa por ato de urinar (ℓ)
$N^{\circ}_{Desc. 2h}$	número de descargas acionadas nos apartamentos em 2 horas (ℓ/d)	V_F	volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de excretar (ℓ)
$N^{\circ}_{Desc. 24h}$	número de descargas acionadas nos apartamentos em um dia (vezes/d)		
$Q_{máx\ horária}$	vazão horária máxima do dia monitorado (ℓ/hora)		
Q_{Max}	vazão diária máxima do período monitorado (ℓ/d)		
$Q_{méd\ horária}$	vazão horária média do dia monitorado (ℓ/hora)		
$Q_{méd}$	vazão diária média do período monitorado (ℓ/d)		
$Q_{min\ horária}$	vazão horária mínima do dia monitorado (ℓ/hora)		

6.2.1 Introdução

O problema de como lidar com o incremento dos despejos humanos (resíduos sólidos, líquidos e gasosos) tem crescido gradualmente em todo o mundo e passou a ser um dilema discutido nos meios acadêmicos, políticos e econômicos. Sob o aspecto sanitário, no Brasil, o destino adequado dos dejetos humanos visa, fundamentalmente, ao controle e à prevenção de doenças a ele relacionadas (FUNASA, 2006). Porém tornou-se claro, internacionalmente, que os sistemas de saneamento não devem apenas coletar com higiene e segurança e dispor

adequadamente os resíduos humanos, mas também oferecer a opção de reaproveitamento de nutrientes na agricultura (NIEMCZYNOWICZ, 2001).

Os resíduos sólidos orgânicos e as águas residuárias domésticas são uma potencial fonte de nutrientes, energia e água (VAN VOORTHUIZEN *et al.*, 2005). A separação desses resíduos sólidos e líquidos na fonte e o tratamento descentralizado podem levar a uma utilização eficiente dos nutrientes neles presentes e a, pelo menos, 25% de redução no consumo de água potável (ZEEMAN *et al.*, 2007).

As conclusões extraídas por cientistas, assim como por políticos, incluindo-se os governos de diversos países europeus, para tornar os nutrientes presentes nos esgotos domésticos disponíveis para a reciclagem na agricultura, são que os sistemas sanitários devem ser alterados para permitir a descentralização, possivelmente, para o nível de uma única residência unifamiliar ou um grupo de habitações unifamiliares (NIEMCZYNOWICZ, 2001). Portanto, o saneamento descentralizado, sustentável ou ecológico (Ecosan) concentra-se na coleta segregada das águas residuárias de diferentes qualidades, direcionando-as a tratamentos apropriados (próximos ao local onde foram geradas), com vistas à maximização das possibilidades de recuperação e reutilização de nutrientes, água e energia (MASI, 2009).

Embora o foco central do Ecosan seja o reúso da urina e excreta, bem como a poupança do consumo de água potável para o transporte de excretas humanas (PAULO *et al.*, 2007), o reúso de águas cinza é uma alternativa atraente aos sistemas convencionais de saneamento, pois o reúso de água na escala das edificações residenciais é uma opção que desperta grande interesse, considerando-se que o consumo de água, nessa escala, em áreas densamente urbanizadas, pode atingir 50% do consumo total (GONÇALVES & JORDÃO, 2006).

De acordo com Paulo *et al.* (2007), a separação das águas negras (provenientes das bacias sanitárias) das águas cinzas (todo efluente gerado em uma residência, com exceção da bacia sanitária), reusando a última, seria um grande passo em direção à implementação do saneamento ecológico, tendo em vista que essa prática iria reduzir significativamente o volume de esgoto gerado. Portanto, a caracterização desses diversos tipos de águas residuárias na escala residencial é de vital importância para o sucesso dos projetos de reúso, pois, quanto mais informações forem obtidas do efluente, mais apropriada será a decisão em relação ao tratamento que atenda as condições de qualidade e quantidade estabelecidas para o fim almejado (NOUR *et al.*, 2006).

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo verificar o impacto do sistema de reúso de águas cinza nas vazões de esgoto de um edifício multifamiliar, por meio da caracterização quantitativa e do monitoramento da produção segregada das águas residuárias .

6.2.2 Material e métodos

A pesquisa foi realizada mediante o monitoramento das vazões de esgoto de uma edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, localizada no bairro da Praia do Canto, Vitória-ES. São consideradas, neste trabalho, águas cinza-claras (AC_{claras}) as provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas, e águas cinza-escuras (AC_{escuras}) as provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça. E águas negras (AN) as provenientes de bacias sanitárias (BS).

6.2.2.1 Monitoramento

6.2.2.1.1 sistema de monitoramento das vazões de esgoto

Para o monitoramento das vazões de águas negras e das águas cinza-escuras, foi instalado, no edifício, um sistema de medição de esgoto do tipo calha *parshall* (SPC) equipado com sensor de nível ultrassônico e conversor microprocessado, que fornecem indicação instantânea de vazão e totalização do volume escoado, conforme detalhado a seguir (PEREIRA e SASAKI, 2002):

- **calha *parshall* (instrumento primário)** – dispositivo de medição de vazão na configuração de um canal aberto com dimensões padronizadas – o líquido é forçado por uma garganta estreita, sendo que o nível do líquido a montante da garganta é o indicativo da vazão a ser medida, por meio de fórmula consagrada;
- **sensor de nível (instrumento secundário)** – transdutor ultrassônico que emite uma onda de som que atinge na superfície do material e é refletida como um eco; o tempo de trânsito ou retorno é medido, e a distância ao objeto refletor é convertida eletronicamente em uma indicação de distância, que é, então, convertida em nível, vazão ou outros parâmetros desejados; e
- **conversor (instrumento secundário)** – dispositivo microprocessado que recebe sinal do sensor de nível (medição da altura da lâmina) e o converte em vazão e totalização de volume, em função das características da calha.

A calha *parshall* (Figura 40), com a largura de garganta de 1", em fibra de vidro, foi instalada na última caixa de inspeção do sistema predial, antes da ligação à rede coletora. O sensor de nível ultrassônico (Figura 40) foi instalado em local protegido contra intempéries, no trecho convergente a 2/3 da garganta estreita da calha *parshall*, em suporte metálico, devidamente nivelado e centralizado no eixo da calha, conforme determinado pelo fabricante. O conversor (Figura 41) foi instalado no *hall* de serviço localizado no térreo da edificação.



Figura 40: Calha *parshall* e sensor de nível ultrassônico.



Figura 41: Conversor.

Foi realizada a aferição (Apêndice A) do sistema de medição de esgoto do tipo calha *parshall* instalado no edifício e verificou-se uma sobremedição em torno de 39%. Com isso, foi possível fazer a correção da vazão registrada pelo conversor, obtendo-se uma vazão mais próxima da vazão real de esgoto escoado. Para o monitoramento das águas cinza-claras que são produzidas além da demanda, foi instalado um hidrômetro na tubulação que direciona as águas cinza-claras excedentes da demanda para a rede coletora de esgoto. Essa tubulação encontra-se depois da tulipa de extravasamento localizada na caixa de distribuição de águas cinza da ETAC.

O Quadro 4 apresenta o sistema de monitoramento das vazões de esgoto instalado no edifício, com a identificação e localização dos equipamentos, e respectivos parâmetros monitorados.

Sigla	Identificação	Localização	Parâmetro monitorado
H4	Hidrômetro 4, geral de água de reúso (AR)	Coluna de distribuição de AR, abastece as bacias sanitárias (BS) do banheiro (banh.) conjugado e do banh. da suíte de casal do 19º ao 10º pavimento (pav.).	AR consumida pelas BS do banh. conjugado e do banh. da suíte de casal do 19º ao 10º pav.
H5	Hidrômetro 5, geral de AR	Coluna de distribuição de AR, abastece as BS do banh. da suíte de solteiro e banh. de empregada do 19º ao 10º pav.	AR consumida pelas BS do banh. da suíte de solteiro e banh. de empregada* do 19º ao 10º pav.
H6	Hidrômetro 6, geral de AR	Coluna de distribuição de AR, abastece todas as BS do 9º ao 3º pav.	AR consumida por todas* as BS do 9º ao 3º pavimento
H7	Hidrômetro 7, geral de AR	Coluna de distribuição de AR, abastece as BS do lavabo do 19º ao 10º pav.	AR consumida pelas BS do lavabo do 19º ao 10º pav.
H8	Hidrômetro 8, geral de AR	Saída do tratamento (ETAC), tubulação que alimenta o reservatório inferior de AR.	AR produzida pela ETAC
H9	Hidrômetro 9, geral de águas cinza-claras (AC _{claras}) brutas	Subsolo, ETAC, hidrômetro instalado na tubulação que direciona as AC _{claras} excedentes a demanda para a rede coletora de esgoto (RCE).	AC _{claras} excedentes da demanda, direcionadas para a RCE
SCP	Sistema de medição de esgoto tipo calha <i>parshall</i>	Pav. térreo, sistema instalado na última caixa de inspeção do sistema predial, antes da ligação à RCE	Águas negras (AN) e águas cinza-escuras (AC _{escuras})

*Detectou-se no final da pesquisa que algumas bacias sanitárias dos banheiros de empregadas estavam sendo alimentadas por água potável (fato explicado anteriormente na Figura 16). Como não se teve acesso a todos os apartamentos, não foi possível detectar quantas e quais bacias sanitárias apresentavam esse problema.

Quadro 4: Equipamentos que compõem o sistema de monitoramento das vazões de esgoto.

O esquema da distribuição dos medidores de águas residuárias que compõem o sistema de monitoramento das vazões de esgoto é apresentado na Figura 42.

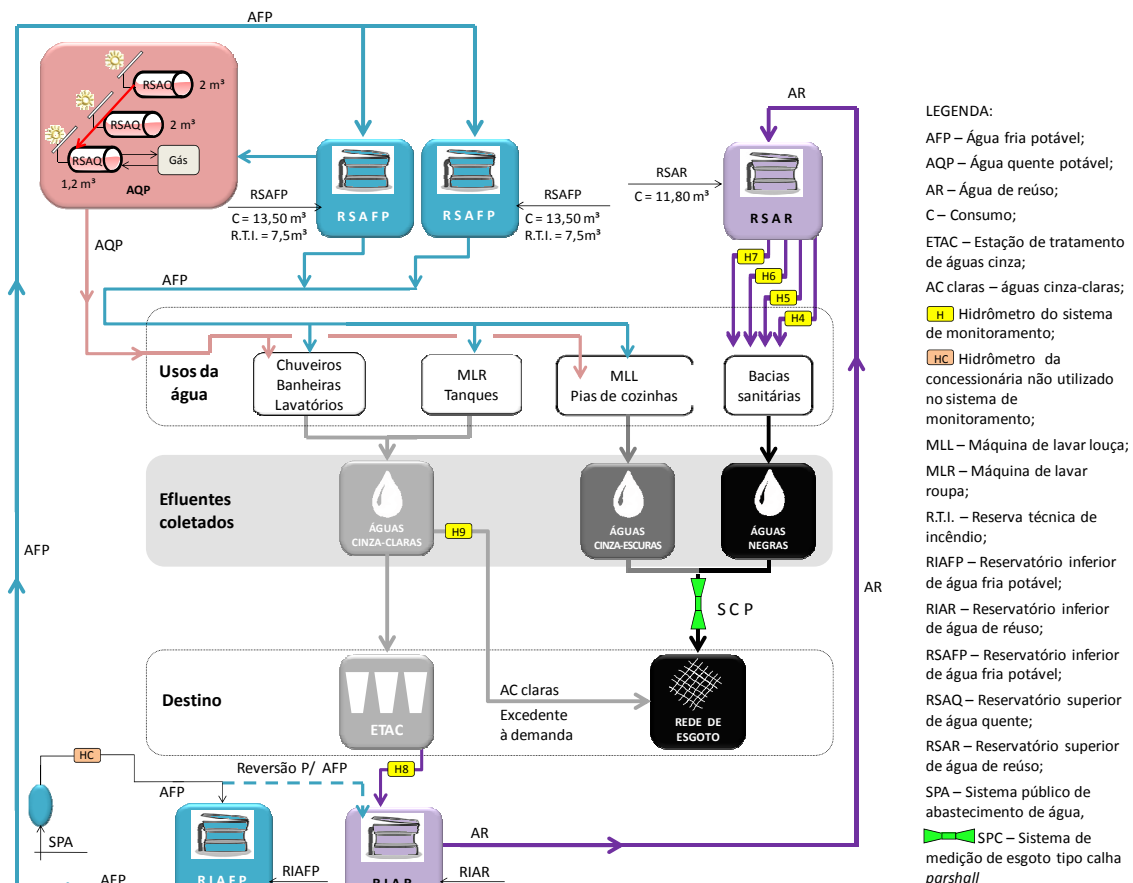


Figura 42: Esquema de distribuição dos medidores que compõem o sistema de monitoramento das vazões de esgoto.

6.2.2.1.2 monitoramento das vazões de esgoto

O monitoramento das vazões de águas negras e águas cinza-escuras foi realizado de setembro a janeiro de 2011. Já as vazões de águas cinza-claras foram monitoradas em dezembro e janeiro de 2011. O monitoramento das águas residuárias que compõem o esgoto doméstico foi realizado por meio de leituras diárias matinais dos medidores, com início às 8h, além do levantamento de perfis de produção 24h, em que foram registradas as leituras dos hidrômetros a cada 2h, também com início às 8h da manhã. Como a leitura era manual, executada por uma pessoa somente, uma mesma sequência de leitura era realizada todos os dias. Primeiro, faziam-se as leituras do H8 e do H9, localizados no subsolo, e, em sequência, a pessoa direcionava-se para o térreo onde era realizada a leitura do conversor do sistema de medição de esgoto do tipo calha *parshall*. Em seguida, faziam-se as leituras dos seguintes hidrômetros localizados na cobertura: H4, H5, H6 e H7.

6.2.2.2 Caracterização das vazões de esgoto doméstico

Com a instalação dos equipamentos de medição das águas residuárias, foi possível calcular a produção de águas negras e águas cinza-escuras ($P_{AN+AC\text{ escuras}}$), a produção de águas cinza-claras excedentes da demanda e lançadas na rede coletora ($P_{AC\text{ claras Rede}}$), a produção total de águas cinza-claras ($P_{AC\text{ claras Total}}$), a produção de esgoto doméstico lançado na rede coletora ($P_{ED\text{ Rede}}$) e a produção total de esgoto doméstico ($P_{ED\text{ Total}}$) do edifício. O Quadro 5 apresenta as produções de águas residuárias e de esgoto doméstico monitoradas no edifício, de forma detalhada.

Setor	Parâmetro monitorado	Forma de obtenção do parâmetro	Tempo decorrido entre registros
Edifício	Produção AN + AC _{escuras} ($P_{AN+AC\text{ escuras}}$)	Volume totalizado registrado pelo SCP	24 h ($\Delta T_{\text{monit. diário}}$) 2 h ($\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$)
	Produção AC _{claras Rede} ($P_{AC\text{ claras Rede}}$)	Volume registrado pelo H9	
	Consumo de AR (C_{AR})	H4+H5+H6+H7	
	Produção de AC _{claras Total} ($P_{AC\text{ claras Total}}$)	H8+H9	
	Produção ED _{Rede} ($P_{ED\text{ Rede}}$)	H9+SPC	
	Produção ED _{Total} ($P_{ED\text{ Total}}$)	H8+H9+SPC	
	População (Pop)	Registrado pelos porteiros	

$\Delta T_{\text{monit. diário}}$ – intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento diário; $\Delta T_{\text{monit. 24 h}}$ – intervalo de tempo entre as leituras no monitoramento 24 horas.

Quadro 5: Detalhamento das produções de efluentes, monitoradas.

6.2.2.2.1 produção de águas negras (AN)

Como o efluente que é medido no SPC representa as AN em conjunto com as AC_{escuras}, o volume somente de AN foi calculado separadamente. Considerando-se que as AN são os efluentes provenientes das bacias sanitárias (BS), incluindo-se água, urina, fezes e papel higiênico, e que, no edifício analisado, a AR abastece somente as BS dos apartamentos, a produção diária de AN dos apartamentos foi calculada a partir da Equação 8.

$$P_{AN\text{ Aps}} = C_{AR} + \{[(F_{U\text{ Mor}} + 1)V_U] \times Pop_M\} + \{[(F_{U\text{ Fun}} + 1)V_U] \times Pop_F\} + (V_F \times Pop) \quad (8)$$

Em que:

$P_{AN\text{ Aps}}$ é a produção diária de águas negras dos apartamentos (ℓ/d);

C_{AR} é o consumo diário de água de reúso (ℓ/d);

$F_{U\text{ Mor}}$ é a frequência diária de uso da BS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d);

- V_U é o volume médio de urina excretado por pessoa por ato de urinar (ℓ);
 V_F é o volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de excretar (ℓ);
 Pop_M é a população de moradores do edifício (pes.);
 $F_{U_{Fun}}$ é a frequência diária de uso da BS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d);
 Pop_F é a população de funcionários dos apartamentos (pes.);
 Pop é a população (funcionários e moradores) do edifício (pes.).

Volume de urina excretado por ato de urinar: foi utilizada a média dos valores pesquisados na literatura, em conjunto com a média obtida neste trabalho. O volume de urina excretado por pessoa por ato de urinar também foi obtido por meio de uma pesquisa com respondentes voluntários, em que foram distribuídas planilhas e uma proveta graduada onde a pessoa anotava o volume de urina excretado por uso da bacia sanitária em sua residência no período de uma semana.

Volume de fezes excretado por ato de defecar: o volume de fezes excretado por pessoa por ato de defecar foi obtido por meio da média encontrada na literatura técnica.

Os dados de frequência de utilização da bacia sanitária foram obtidos por meio de uma pesquisa com respondentes voluntários em conjunto com uma pesquisa realizada na literatura técnica, e tais pesquisas serão explicadas no final deste item. Já a produção diária de AN do edifício foi calculada a partir da Equação 9.

$$P_{AN} = P_{AN\ Aps} + \left[\left(\frac{P_{AN\ Aps}}{Pop_{Ap}} \right) \times Pop_{FC} \right] \quad (9)$$

Sendo:

- P_{AN} é a produção diária de águas negras do edifício (ℓ/d);
 $P_{AN\ Aps}$ é a produção diária de águas negras dos apartamentos(ℓ/d);
 Pop_{Aps} é a população de funcionários e moradores dos apartamentos (pes.);
 Pop_{FC} é a população de funcionários do condomínio (pes.).

Para cálculo da produção de águas negras nos apartamentos (aps.) em 2 horas, para confecção do gráfico de perfil 24 horas, foi utilizada a Equação 10. E a produção de águas negras do edifício em 2 horas foi calculada a partir da Equação 11.

$$P_{AN\ Aps.2h} = C_{AR2h} + \left\{ \left[(F_{U2h} \times V_U) + (F_{F2h} \times V_F) + (F_{F2h} \times V_U) \right] \times Pop_{Aps.2h} \right\} \quad (10)$$

Em que:

- $P_{AN\ Aps.2h}$ é a produção de águas negras dos apartamentos em 2 horas (ℓ/2h);
 C_{AR2h} é o consumo de água de reúso do edifício em 2 horas (ℓ/2h);
 F_{U2h} é a frequência de uso das BS nos aps. para urinar em 2 horas (vezes/2h);
 V_U é o volume médio de urina excretado por pessoa por ato de urinar (ℓ);
 F_{F2h} é a frequência de uso das BS nos aps. para defecar em 2 horas (vezes/2h);
 V_F é o volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de excretar (ℓ);
 $Pop_{Aps.2h}$ é a população de funcionários e moradores dos apartamentos em 2 horas (pes.).

$$P_{AN\ 2h} = P_{AN\ Aps.2h} + \left[\left(\frac{P_{AN\ Aps.2h}}{Pop_{Aps.2h}} \right) \times Pop_{FC2h} \right] \quad (11)$$

Sendo:

- P_{AN2h} é a produção de águas negras em 2 horas do edifício (ℓ/2h);
 $P_{AN\ Aps. 2h}$ é a produção de águas negras nos apartamentos em 2 horas (ℓ/d);
 $Pop_{Aps. 2h}$ é a população de funcionários e moradores dos apartamentos em 2 horas (pes.);
 $Pop_{F. C. 2h}$ é a população de funcionários do condomínio em 2 horas (pes.).

Frequência diária de utilização da bacia sanitária: para a adoção dos valores referentes à frequência de utilização da bacia sanitária por moradores em sua residência, foi utilizada a média dos valores pesquisados na literatura, em conjunto com a média obtida neste trabalho por meio de uma pesquisa com respondentes voluntários, em que foram distribuídas planilhas (Apêndice B) para que os voluntários anotassem a frequência de utilização da bacia sanitária e o tipo de uso (urina ou fezes) num período de uma semana. A frequência de utilização da bacia sanitária por funcionários domésticos no trabalho também foi obtida por meio de uma pesquisa com respondentes voluntários da mesma forma descrita acima. Para tal efeito, contou-se com a participação de familiares, funcionários domésticos, estudantes e pesquisadores do Núcleo Água, homens e mulheres de faixas etárias variadas.

Frequência de utilização das bacias sanitárias no período de 2 horas: a frequência de utilização das bacias sanitárias nos apartamentos no período de 2h foi calculada a partir da Equação 12.

$$F_{U2h} = \frac{N^{\circ}_{Desc. 2h} \times F_{UT24h}}{N^{\circ}_{Desc. 24h}} \quad (12)$$

Em que:

- F_{U2h} é a frequência de uso das BS para urinar em 2 horas nos aps. (vezes/2h);
 $N^{\circ}_{Desc. 2h}$ é o número de descargas acionadas nos apartamentos em 2 horas (ℓ/d);
 F_{UT24h} é a frequência diária de uso das BS para urinar nos aps. (vezes/d);
 $N^{\circ}_{Desc. 24h}$ é o número de descargas acionadas nos apartamentos em um dia (vezes/d).

De acordo com Oliveira (2002), o consumo de água da bacia sanitária é a água utilizada na descarga mais a água desperdiçada através de perdas por vazamento. Portanto foi acrescentado ao volume de água a ser utilizada nas descargas das bacias sanitárias um potencial de perdas de 10% (GONÇALVES *et al.*, 2006). A partir do consumo de AR nos períodos de 2 horas e de 24 horas, da porcentagem de perdas por vazamento (10%) e do volume de descarga (6,8 ℓ), foi possível calcular os números de descargas acionadas nos apartamentos em 24 horas e em 2 horas, conforme demonstram as Equações 13 e 14, respectivamente.

$$N^{\circ}_{Desc. 24h} = \frac{[C_{AR} - (0,1 \times C_{AR})]}{6,8} \times 1000 \quad (13)$$

Em que:

- $N^{\circ}_{Desc. 24h}$ é o número de descargas acionadas nos apartamentos em um dia (vezes/d);
 C_{AR} é o consumo diário médio de AR do edifício (m³/d).

$$N^{\circ}_{Desc. 2h} = \frac{[C_{AR2h} - (0,1 \times C_{AR2h})]}{6,8} \times 1000 \quad (14)$$

Sendo:

- $N^{\circ}_{Desc. 2h}$ é o número de descargas acionadas nos apartamentos em 2 horas (vezes/2h);
 C_{AR2h} é o consumo médio de AR em 2 horas nos apartamentos (m³/2h).

A frequência diária de uso da bacia sanitária para urinar nos apartamentos foi calculada a partir da Equação 15, utilizando-se das informações de frequência de uso da bacia sanitária para urinar e para defecar, por dia, obtidas com a pesquisa realizada com respondentes voluntários.

$$F_{UT24h} = (F_{UMor} \times Pop_M) + (F_{UFun} \times Pop_F) \quad (15)$$

Em que:

F_{UT24h} é a frequência diária de uso das BS para urinar nos Aps. (vezes/d); e

F_{UMor} é a frequência diária de uso da BS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d);

Pop_M é a população de moradores do edifício (pes.);

F_{UFun} é a frequência diária de uso da BS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d);

Pop_F é a população de funcionários dos apartamentos (pes.);

E a frequência de uso da bacia sanitária para defecar em duas horas nos apartamentos foi calculada a partir da Equação 16.

$$F_{F2h} = N^{\circ}_{Desc. 2h} - F_{U2h} \quad (16)$$

Sendo:

F_{F2h} é a frequência de uso das BS para defecar em 2 horas nos Aps. (vezes/2h);

$N^{\circ}_{Desc. 2h}$ é o número de descargas acionadas nos apartamentos em 2 horas (ℓ/d);

F_{U2h} é a frequência de uso das BS para urinar em 2 horas nos Aps. (vezes/2h).

6.2.2.2.2 produção de águas cinza-escuras ($AC_{escuras}$)

A produção diária de águas cinza-escuras (efluentes oriundos de cozinha) foi calculada a partir da Equação 17, e a produção em 2 horas, a partir da Equação 18.

$$P_{AC_{escuras}} = P_{AN+AC_{escuras}} - P_{AN} \quad (17)$$

Sendo:

$P_{AC_{escuras}}$ é a produção diária de águas cinza-escuras (ℓ/d);

$P_{AN+AC_{escuras}}$ é a produção diária de águas negras somadas às águas cinza-escuras (ℓ/d);

P_{AN} é a produção diária de águas negras (ℓ/d).

$$P_{AC_{escuras} 2h} = P_{(AN+AC_{escuras}) 2h} - P_{AN 2h} \quad (18)$$

Em que:

$P_{AC_{escuras} 2h}$ é a produção de águas cinza-escuras em duas horas(ℓ/2h);

$P_{(AN+AC_{escuras}) 2h}$ é a produção de águas negras somadas às águas cinza-escuras em duas horas, medida pelo SCP (ℓ/2h);

$P_{AN 2h}$ é a produção de águas negras em 2 horas(ℓ/2h).

6.2.2.3 Cálculo dos indicadores

6.2.2.3.1 indicador de produção per capita de esgoto doméstico

O indicador de produção *per capita* de esgoto doméstico (ℓ/pes.d) é definido como o volume de esgoto doméstico produzido por pessoa por dia. Como existe a segregação das águas residuárias no edifício, foram calculados os indicadores de produção *per capita* de AC_{claras}, de AC_{escuras} e de AN, a partir das Equações 19, 20 e 21, respectivamente. O indicador de produção *per capita* de águas cinza-claras corresponde à produção total de AC_{claras} por pessoa por dia, englobando a parcela que foi reutilizada, ou seja, a oferta de AC_{claras} produzidas por pessoa.

$$IP_{AC_{clara}} = \frac{P_{AC_{clara\ Total}}}{Pop} \quad (19)$$

Em que:

$IP_{AC_{clara}}$ é o indicador de produção de águas cinza-claras *per capita* (ℓ/pes.d);
 $P_{AC_{clara\ Total}}$ é a produção diária média de águas cinza-claras total do edifício (ℓ/d);
 Pop é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes).

$$IP_{AC_{escura}} = \frac{P_{AC_{escura}}}{Pop} \quad (20)$$

Sendo:

$IP_{AC_{escura}}$ é o indicador de produção de águas cinza-escuras *per capita* (ℓ/pes.d);
 $P_{AC_{escura}}$ é a produção diária média de águas cinza-escuras do edifício (ℓ/d);
 Pop é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes).

$$IP_{AN} = \frac{P_{AN}}{Pop} \quad (21)$$

Em que:

IP_{AN} é o indicador de produção de águas negras *per capita* (ℓ/pes.d);
 P_{AN} é a produção diária média de águas negras do edifício (ℓ/d);
 Pop é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes).

O indicador de produção de esgoto doméstico total *per capita* no edifício corresponde ao total de esgoto doméstico produzido por pessoa por dia no edifício, englobando a parcela de águas cinza-claras reutilizadas, e foi calculado a partir da Equação 22.

$$IP_{ED\ Total} = \frac{P_{ED\ Total}}{Pop} \quad (22)$$

Sendo:

$IP_{ED\ Total}$ é o indicador de produção total de esgoto *per capita* (ℓ/pes.d);
 $P_{ED\ Total}$ é a produção diária média de esgoto doméstico total do edifício (ℓ/d);
 Pop é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes).

O indicador *per capita* de produção de ED_{Rede} corresponde ao total de esgoto doméstico produzido por pessoa por dia no edifício, descartando-se a parcela de AC_{claras} reutilizadas, e foi calculado a partir da Equação 23.

$$IP_{ED\ Rede} = \frac{P_{ED\ Rede}}{Pop} \quad (23)$$

Sendo:

$IP_{ED\ Rede}$ é o indicador de produção de esgoto *per capita* lançado na rede coletora (ℓ/pes.d);
 $P_{ED\ Rede}$ é a produção diária média de esgoto doméstico do edifício, lançado na rede coletora (ℓ/d);
 Pop é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes.).

6.2.2.4 Avaliação do impacto do reúso nas vazões de esgoto doméstico

A avaliação do impacto de redução de ED_{Rede} foi realizada a partir da análise dos indicadores de produção *per capita* de ED_{Total} e de ED_{Rede} do edifício monitorado, com 10 dias de monitoramento. Na situação sem reúso, todo o esgoto produzido é lançado na rede coletora de esgoto. Portanto o impacto de redução do lançamento de esgoto na rede coletora foi calculado conforme a Equação 24.

$$IR_E = \frac{IP_{ED\ Total} - IP_{ED\ Rede}}{IP_{ED\ Total}} \times 100 \quad (\%) \quad (24)$$

Em que:

IR_E é o impacto de redução do lançamento de ED na rede (%);
 $IP_{ED\ Total}$ é o indicador de produção *per capita* de ED_{Total} (ℓ/pes.d);
 $IP_{ED\ Rede}$ é o indicador de produção *per capita* de ED_{Rede} (ℓ/pes.d).

6.2.3 Resultados e discussão

6.2.3.1 Caracterização das vazões de esgoto

6.2.3.1.1 produção de águas negras

Para o cálculo da produção de águas negras, foram obtidos, neste trabalho, a frequência diária de utilização da bacia sanitária (BS) por morador em sua residência e também o tipo de uso (urina ou fezes). Os resultados estão especificados na Tabela 11, em que se observa que há variação na frequência de uso da BS por dia por indivíduo. Nesse aspecto, a frequência média diária de uso da BS por morador foi de 5 utilizações, variando entre 2 a 8 vezes – observou-se que, para homens e mulheres, a média foi, respectivamente, 4 e 5. Nota-se, ainda, que a frequência diária média de uso da BS para urinar por indivíduo em sua residência foi de 4 utilizações, enquanto que, para defecar, foi apenas de 1 utilização.

Tabela 11: Frequência de uso da bacia sanitária na residência por morador.

	Frequência diária de uso da bacia sanitária por morador em sua residência								
	Para urinar*			Para defecar			Frequência Total		
	Masculino (5 pes.)	Feminino (11 pes.)	Total (16 pes.)	Masculino (5 pes.)	Feminino (11 pes.)	Total (16 pes.)	Masculino (5 pes.)	Feminino (11 pes.)	Total (16 pes.)
Média	4	4	4	1	1	1	5	5	5
Máximo	6	7	7	2	1	2	6	8	8
Mínimo	2	3	2	0	0	0	2	4	2
DP	1,50	1,57	1,50	0,75	0,26	0,44	1,72	1,5	1,60
CV	39	40	38	92	35	55	37	33	34

* desconsiderando-se uma vez que seria para eliminação da urina junto com as fezes;
 DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; pes. – pessoa.

Na Tabela 12, são apresentados valores encontrados por diversos autores para a frequência de utilização da BS por morador em sua residência, em diferentes países. O valor médio encontrado neste trabalho (5) foi semelhante às médias mundiais relatadas pela literatura.

Tabela 12: Frequência de uso da bacia sanitária na residência por morador.

Autor	Ano	País ou região	Edificação	Frequência diária de uso da BS na residência por morador (vezes/morador/d)
Barreto e Medeiros	2008	SP, Brasil	Residências unifamiliares	4
Mierzwa <i>et al.</i>	2006	Brasil	Residências verticais e horizontais	4
O'Toole, Leder e Sinclair	2008	Austrália	Residências unifamiliares	3,5
Roberts	2004	Melbourne, Austrália	Residências unifamiliares	4,2
Vickers	2002	EUA	Residências	5,1
<i>Health Canada</i>	2010	Canadá	Residências	3
Mayer <i>et al.</i>	2004	Tampa, EUA	Residências unifamiliares	5,01
<i>South West Water</i>	2010	Inglaterra	Residências	4
Wilkes <i>et al.</i>	2005	EUA	Residências unifamiliares	5,2
Média literatura				4,22
Esta pesquisa	2011	Vitória, Brasil	Residências unifamiliares e multifamiliares	5
Média utilizada				4,30

A frequência de utilização da BS por funcionária doméstica no trabalho é apresentada na Tabela 13, em que se observa que, em média, funcionárias domésticas no trabalho utilizam 6 vezes a BS para urinar e 1 vez para defecar.

Tabela 13: Frequência de uso da bacia sanitária por funcionária doméstica no trabalho.

	Frequência diária de uso da bacia sanitária por funcionária doméstica no trabalho		
	Para urinar*	Para defecar	Frequência Total
	Feminino - (4 pes.)	Feminino (4 pes.)	Feminino (4 pes.)
Média	6	1	7
Máximo	7	2	8
Mínimo	4	1	5
DP	1,59	0,11	1,70
CV	26	12	24

* desconsiderando-se uma vez que seria para eliminação da urina junto com as fezes.

DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; pes. - pessoa

Segundo Almeida *et al.* (1999), são eliminados 296 mL de urina por pessoa em cada ato de urinar. Com a análise feita com um grupo de 5 pessoas, neste trabalho, constatou-se a produção de um volume médio de 311 mL por pessoa por ato de urinar (Tabela 14).

Tabela 14: Volume de urina excretado por pessoa por ato de urinar.

Amostra	Média (mL)	DP (mL)	Máximo (mL)	Mínimo (mL)	CV (%)
Masculino (1 pes.)	414	248	950	90	60
Feminino (4 pes.)	285	129	403	107	45
Total (5 pes.)	311	126	414	107	40

DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; pes. - pessoa

Na Tabela 15, são apresentados valores encontrados na literatura para o volume de urina excretado por ato de urinar – esses valores são próximos ao valor médio encontrado neste trabalho. O valor utilizado para cálculo da produção de águas negras foi a média encontrada neste trabalho junto com a média encontrada na literatura técnica.

Tabela 15: Volume de urina excretado por pessoa por ato de urinar.

País ou região	Volume de urina excretado por ato de urinar	Autor
Sudeste da Inglaterra	296 mℓ	Almeida <i>et al.</i> (1999)
	200 mℓ	Gaillard (2002)
Vitória – ES	288 mℓ	Zancheta (2007)
Vitória – ES	311 mℓ	Esta pesquisa (2011)
Média utilizada	274 mℓ	

Como a frequência de defecação encontrada neste trabalho foi de apenas 1 vez por indivíduo por dia, considerou-se como o volume de fezes produzido por ato de defecar o volume de fezes gerado por pessoa por dia. Na Tabela 16, são apresentados valores encontrados na literatura para a taxa de geração de fezes em diferentes países. Para o cálculo das águas negras, utilizou-se a média obtida dos valores encontrados.

Tabela 16: Taxa de geração de fezes humanas por pessoa por dia.

País ou região	Produção de fezes por ato de defecar (g)	Autor
Média mundial	150	Del Porto e Steinfeld (1999)
	138	Gaillard (2002)
Áreas rurais e aldeias agrícolas	135-270	Gotaas (1956)
América e Europa	100-200	Niwagaba (2007)
Sudeste da Inglaterra	134	Almeida <i>et al.</i> (1999)
Países em desenvolvimento (áreas urbanas)	250	Feachem <i>et al.</i> (1983)
China	315	Gao <i>et al.</i> (2002) <i>apud</i>
		Niwagaba (2007)
Quênia	520	Pieper (1987) <i>apud</i> Niwagaba (2007)
Sul da Tailândia	120-400	Schouw <i>et al.</i> (2002)
Suécia	140	Vinnerås <i>et al.</i> (2006)
Vietnã	130-140	Polprasert <i>et al.</i> (1981) <i>apud</i>
		Schouw <i>et al.</i> (2002)
Japão e China	116-200	Polprasert <i>et al.</i> (1981) <i>apud</i>
		Schouw <i>et al.</i> (2002)
Vitória – ES – Brasil	130	Rebouças (2010)
Média utilizada	206	

De posse dessas informações, foi calculada a produção de AN no edifício monitorado.

6.2.3.1.2 histórico das vazões de esgoto

O histórico da produção de águas negras (AN) e de águas cinza-escuras (AC_{escuras}) do edifício foi obtido por meio do monitoramento diário, no período de 1 de setembro de 2010 a 23 de janeiro de 2011. Já as produções de águas cinza-claras lançadas na rede (AC_{claras Rede}) e do esgoto doméstico lançado na rede coletora (ED_{Rede}) foram monitoradas em alguns dias de dezembro e janeiro, com 11 dias de monitoramento para águas cinza-claras e 10 para esgoto doméstico lançado na rede pública coletora de esgoto doméstico. Na Figura 43, podem ser visualizadas as séries históricas de produção de águas cinza-escuras, de águas negras e de águas cinza-claras lançadas na rede coletora de esgoto e de esgoto doméstico lançado na rede coletora.

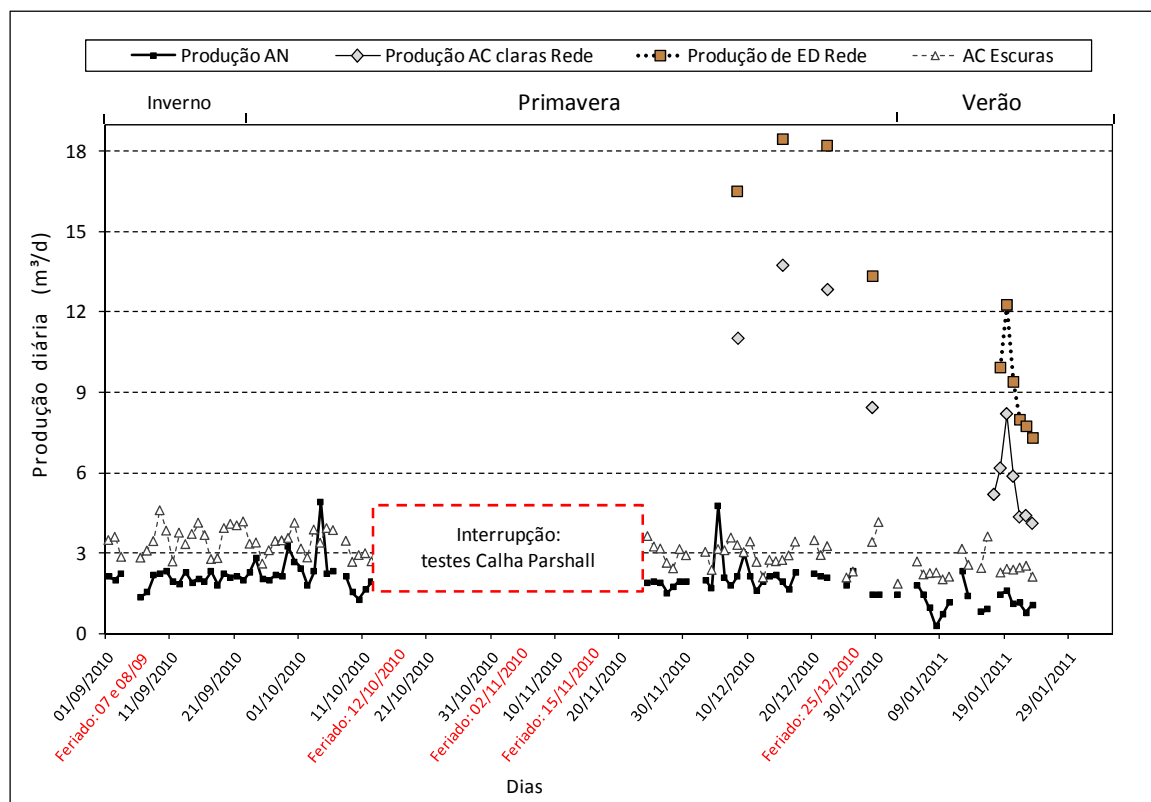


Figura 43: Série histórica de águas residuárias.

Podem ser visualizados na Figura 43, dois maiores picos de produção de AN ($4,98\text{m}^3$ em outubro e $4,89\text{m}^3$ em dezembro), que podem ter ocorrido em virtude do aumento do uso das bacias sanitárias nos apartamentos, pois coincidem com os dois maiores picos de consumo de AR.

A produção de esgoto doméstico total e as produções das águas residuárias que o compõem (AN, AC_{escuras} e AC_{claras}) estão especificadas na Tabela 17. Em média, é produzido, no edifício, um total de $9\text{m}^3/\text{d}$ de águas cinza-claras (AC_{claras Total}), porém $7,7\text{m}^3/\text{d}$ (AC_{claras Rede}) são lançados na rede coletora de esgoto, já que uma parcela dessa água é reutilizada. Observou-se, também, uma produção média de $1,97\text{m}^3/\text{d}$ de AN e de $3,12\text{m}^3/\text{d}$ de AC_{escuras} em 88 dias de monitoramento.

Tabela 17: Análise estatística da produção de esgoto doméstico.

	Parâmetro monitorado				
	AC _{claras Total} (m^3/d)	AC _{claras Rede} (m^3/d)	AC _{escuras} (m^3/d)	AN (m^3/d)	ED _{Rede} (m^3/d)
Nº de observações (unid.)	11	11	88	88	10
Média	9	7,7	3,12	1,98	12,10
Mínimo	5,09	4,1	1,86	0,27	7,3
Máximo	15,50	13,7	4,61	4,90	18,44
Desvio-padrão	3,85	3,5	0,62	0,69	4,3
Coefficiente de variação (%)	42,83	45,5	19,79	35,07	35,8

Por meio da série histórica, foi possível determinar os coeficientes de máxima vazão diária, importantes para o dimensionamento de ETAC's, conforme apresenta a Tabela 18.

Tabela 18: Coeficiente de vazão máxima diária.

Autor	Ano	Local	Edificação	AN	AC _{escuras}	AC _{claras Rede}	AC _{claras Total}	ED _{Rede}	ED _{Total}
				K1	K1	K1	K1	K1	K1
Esta Pesquisa	2011	Vitória-ES	Multifamiliar dotada de AR	2,47	1,48	1,79	1,72	1,52	1,50

AN – Águas negras; AC_{escuras} - Águas cinza-escuras; AC_{claras Rede} – Águas cinza-claras lançadas na rede de esgoto; AC_{claras Total} – Águas cinza-claras totais produzidas; ED_{Rede} – Esgoto doméstico lançado na rede coletora; ED_{Total} – Esgoto doméstico total produzido.

A Figura 44 apresenta, por meio do gráfico *Box-plot*, a produção de AN, de AC_{escuras}, de AC_{claras} Rede, de AC_{claras} Total, de ED_{Rede} e de ED_{Total}. Verificou-se que o volume médio diário produzido de AC_{claras} foi muito superior aos volumes de AN e AC_{escuras} e ainda que existe uma grande parcela de AC_{claras} que poderiam ser reutilizadas para outras atividades como lavagem de área pavimentada e rega de jardim, mas é desviada para a rede coletora de esgoto.

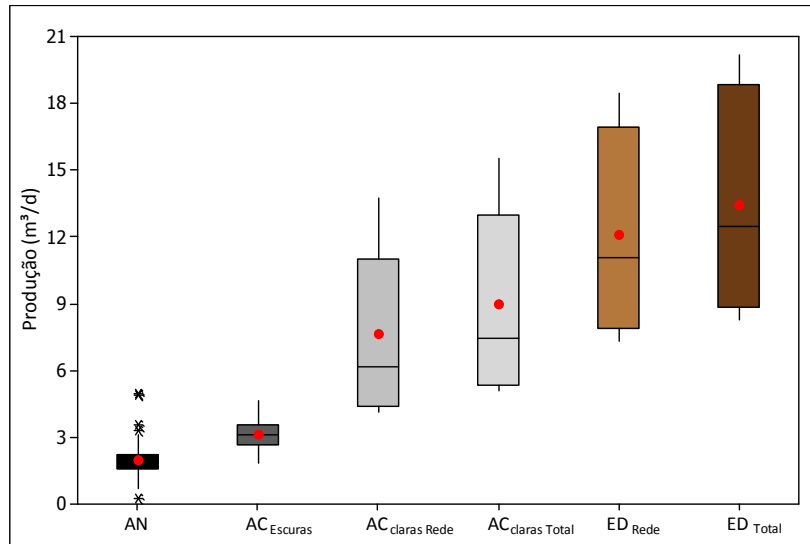


Figura 44: Variação da produção de esgoto doméstico.

6.2.3.1.3 distribuição do esgoto doméstico

Na Figura 45, observa-se a distribuição do esgoto doméstico total produzido na edificação, em que se verifica que 64% correspondem às AC_{claras} Total com um volume médio de $9\text{m}^3/\text{d}$; 22% correspondem às AC_{escuras} com volume médio produzido de $3,12\text{m}^3/\text{d}$; e a menor parcela, 14%, corresponde às AN com volume médio de $1,98\text{m}^3/\text{d}$. Entretanto uma parcela ($1,86\text{m}^3/\text{d}$) das AC_{claras} é reutilizada para descargas das bacias sanitárias após tratamento, e $7,14\text{m}^3/\text{d}$ são direcionados para a rede coletora de esgoto. A Figura 46 apresenta a distribuição do ED lançado na rede coletora. Em média, 16% ($1,98\text{m}^3/\text{d}$) do ED do edifício lançado na rede coletora correspondem a AN, 26% ($3,12\text{m}^3/\text{d}$) equivalem a AC_{escuras}, e 58% ($7,14\text{m}^3/\text{d}$) correspondem a AC_{claras} Rede.

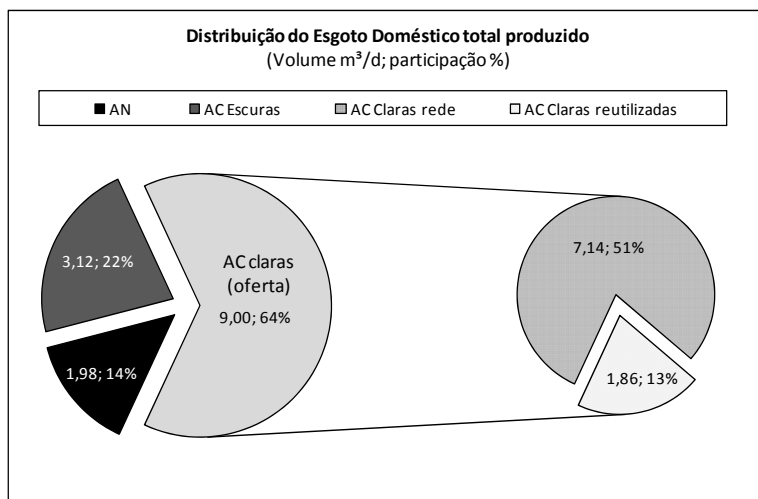


Figura 45: Composição do ED_{Total} produzido.

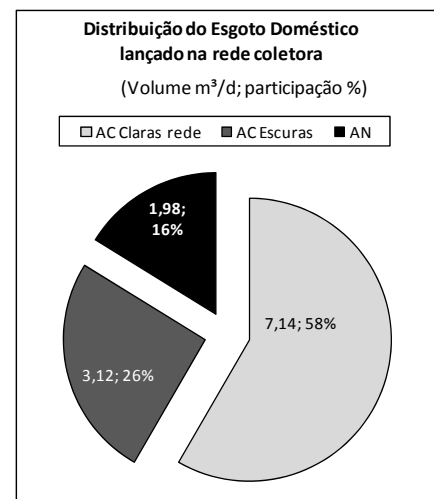


Figura 46: Composição do ED_{Rede}.

6.2.3.1.4 variação da produção de ED ao longo do dia

A Figura 47 apresenta os perfis 24 horas de produção de AN, de AC_{escuras}, de AC_{claras Rede}, de ED_{Rede} e de ED_{Total}. Pode-se observar, nos perfis de AC_{claras Rede}, de ED_{Rede} e de ED_{Total}, os 3 maiores picos de produção: de manhã (das 6h às 8h), na hora do almoço (das 10h às 12h) e à noite (das 18 às 20h), em que se verifica que o maior pico ocorre das 10h às 12h, horário de preparação do almoço.

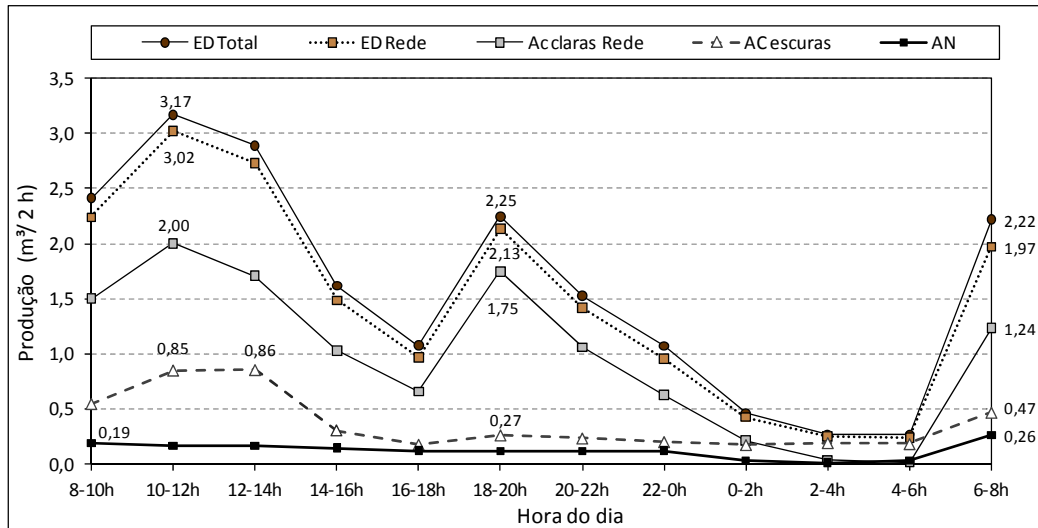


Figura 47: Perfil de produção de esgoto doméstico em 24 horas.

O maior pico de produção de AN ($0,26\text{m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 6h às 8h da manhã, provavelmente caracterizando o horário em que os moradores acordam e utilizam a bacia sanitária; e o horário de menor produção ocorreu das 2h às 4h, quando foram produzidos $0,02\text{m}^3/2\text{h}$. A média de produção de AN ficou em torno de $0,13\text{m}^3/2\text{h}$, portanto o coeficiente de máxima vazão horária (K2) foi de 2,10, e o de mínima vazão horária (K3) foi de 0,12, conforme apresenta a Tabela 19. O maior pico de produção de AC_{escuras} ($0,86\text{m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 10h às 12h, horário de almoço; e o horário de menor produção ($0,18\text{m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 4h às 6h, porém a produção da 0h às 2h e das 2h às 4h oscilou de 0,18 a $0,20\text{m}^3/2\text{h}$, o que indica um provável vazamento.

Tabela 19: Coeficiente de vazão máxima diária.

Autor	Local	Edificação	AN		AC _{escuras}		AC _{claras Rede}		AC _{claras Total}		ED _{Rede}		ED _{Total}	
			K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3
Esta Pesquisa (2011)	Vitória ES	Multifamiliar c/ reúso	2,10	0,12	2,27	0,50	2,03	0,01	1,95	0,05	2,03	0,16	1,98	0,17
Valentina (2009)	Vitória ES	Multifamiliar c/ reúso							1,8					

Os perfis 24 *per capita* de produção de AN, de AC_{escuras}, de AC_{claras Rede}, de AC_{claras Total}, de ED_{Rede} e de ED_{Total} podem ser visualizados na Figura 48. Nota-se, na referida figura, que o perfil *per capita* de AC_{escuras} apresentou o maior pico de produção das 10h às 12h (24 $\ell/\text{pes.2h}$), igualmente ao perfil de produção de AC_{escuras}. O perfil *per capita* de AN apresentou comportamento semelhante ao perfil 24h de produção de AN, com pico das 6h às 8h (5,6 $\ell/\text{pes.2h}$). A faixa de horário de maior produção de ED_{Rede} e de ED_{Total} foi das 10h às 12h, quando foram produzidos, em média, 81,1 $\ell/\text{pes.2h}$ e 85,09 $\ell/\text{pes.2h}$, respectivamente.

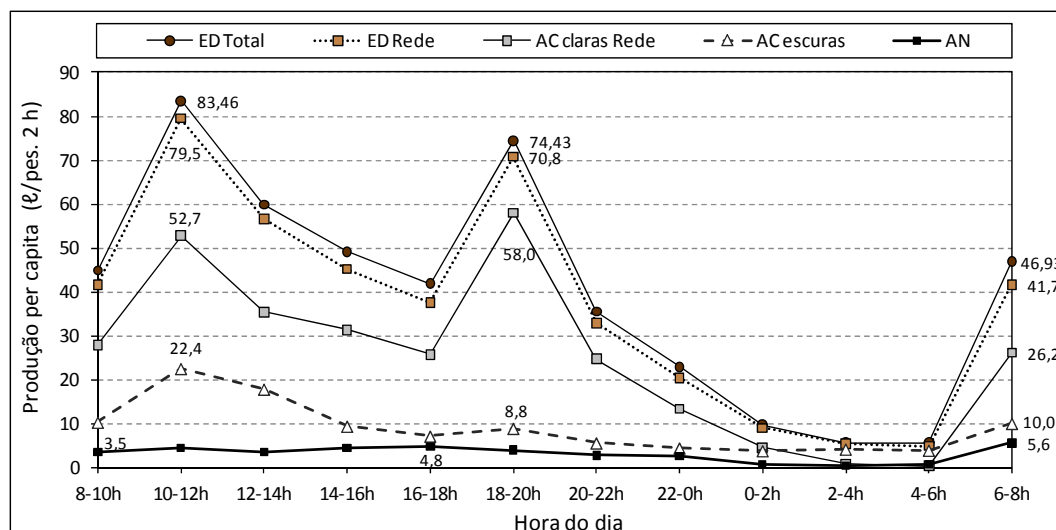


Figura 48: Perfil *per capita* de produção de esgoto doméstico em 24 horas.

6.2.3.2 Indicador de produção *per capita*

Os indicadores de produção *per capita* de águas cinza-claras, águas cinza-escuras, águas negras, esgoto doméstico lançado na rede coletora e esgoto doméstico total, obtidos nesta pesquisa, são apresentados na Tabela 20, junto com indicadores encontrados na literatura.

Tabela 20: Indicadores de produção *per capita* de AC claras, AC escuras, AN, ED Rede e ED Total em comparação com a literatura.

Autor	Ano	Local	Padrão da Edificação	$IP_{AC\ clara}$ (l/pes.d)	$IP_{AC\ escura}$ (l/pes.d)	IP_{AN} (l/pes.d)	$IP_{ED\ Rede}$ (l/pes.d)	$IP_{ED\ Total}$ (l/pes.d)
Esta pesquisa	2011	Vitória – ES	Multifamiliar c/ reuso	152,02	52,64	33,46	215,62	238,12
Cheung <i>et al.</i>	2009	Florianópolis – SC	Unifamiliar baixa renda reuso e Ach	91	22	31	-	-
Custódio e Ferreira	2005	Goiânia – GO.	Unifamiliares	-	-	-	138,76	-
Valentina	2009	Vitória – ES	Multifamiliar c/ reuso	195	-	-	-	-
Pansonato <i>et al.</i>	2007	Campo Grande - MS	Residência baixa renda	58,6	17,34	-	-	-
Peters <i>et al.</i>	2006	Florianópolis – SC	Residência baixa renda	54,3	-	-	-	90,63
Prathapar <i>et al.</i>	2005	Omã	Residências	105	55	-	-	-
Palmquist e Hanæus	2005	Suécia	Residências	-	66	28,5	-	-
Halalsheh <i>et al.</i>	2008	Jordânia	Residências áreas rurais	-	14	-	-	-
Jamrah <i>et al.</i>	2006	Amã	Residências	-	59	-	-	-
Fittschen e Niemczynowicz	1997	Suécia	Ecovilas	-	110	-	-	-
Parkinson <i>et al.</i>	2005	Goiânia – GO	Unifamiliares	-	-	-	241	241
Almeida <i>et al.</i>	1999	Inglaterra	Residências	57,49	13,30	31,51	-	102,3
Henze & Ledin	2001	Japão	Unifamiliares	120	20	50	200	200
Metcalf & Eddy/	1979	Valor ref.	Aps.	-	-	-	260	260

Ach – água de chuva; ref. – referência; Aps. – apartamentos.

Pôde-se observar, na Tabela 20, que a média de produção *per capita* de Ac claras obtida neste trabalho (152,02 ℓ /pes.d) foi a segunda maior dentre as apresentadas na literatura consultada. A maior foi a obtida por Valentina (195 ℓ /pes.d) numa edificação de padrão semelhante a edificação monitorada no presente estudo. A menor (14 ℓ /pes.d) foi a encontrada por Halalsheh *et al.* (2005) em residências localizadas em áreas rurais, na Jordânia, país que enfrenta a escassez de água. A produção de Ac claras obtida neste trabalho foi quase 3 (três) vezes maior que a obtida por Peters *et al.* (2006), cujo valor foi de 54,3 ℓ /pes.d, para residência de baixa renda. Essa diferença se deve ao fato de a edificação objeto de estudo deste trabalho apresentar um alto padrão, o que justifica o maior consumo de água e, conseqüentemente, uma maior produção de águas cinza.

O resultado obtido neste trabalho para a produção *per capita* de águas cinza-escuras (52,64 ℓ /pes.d), ou seja, efluentes provenientes de cozinhas, foi próximo ao encontrado por Prathapar *et al.* (2005), que demonstraram que a produção em Omã, na Ásia, foi em média de 55 ℓ /pes.d. Já a média de produção *per capita* de águas negras foi de 33,46 ℓ /pes.d, valores próximos aos encontrados por Cheung *et al.* (2009), numa residência de baixa renda na periferia de Florianópolis – SC (31 ℓ /pes.d), por Palmquist e Hanæus (2005), numa residência na Suécia (28,5 ℓ /pes.d), e por Almeida *et al.* (1999), em residências na Inglaterra (31,51 ℓ /pessoa.d).

A média de produção *per capita* de esgoto doméstico lançado na rede coletora (215,62 ℓ /pes.d) apresentou-se menor que a média estimada por Parkinson *et al.* (2005) e que o valor típico de produção *per capita* de esgoto residencial sugerido por Metcalf & Eddy (1979). E apresentou-se maior que os valores encontrados por Henze & Ledin (2001) e também por Custódio e Ferreira (2005) num condomínio de residências unifamiliares em Goiânia-GO. Porém o indicador encontrado por Custódio e Ferreira (2005) foi considerado baixo pelos autores, pois eles verificaram, no estudo, um baixo coeficiente de retorno (0,37), ou seja, apenas 37% da água potável que entra no condomínio retorna para a rede coletora de esgoto. O restante se dissipa, principalmente, na rega de jardins, já que se trata de um condomínio residencial com extensa área ajardinada.

6.2.3.3 Avaliação do impacto do reúso na produção de esgoto

A avaliação do impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora foi realizada a partir da análise dos indicadores de produção total de esgoto doméstico *per capita* e da parcela lançada na rede, do edifício monitorado, em 10 dias de monitoramento. O indicador de esgoto doméstico total produzido corresponde ao indicador de esgoto doméstico lançado na rede coletora, se o edifício não possuísse reúso. Com isso, pode-se calcular a redução de esgoto lançado na rede coletora, em virtude do reúso. Os resultados são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21: Impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora.

$IP_{ED\ Rede}$ (ℓ /pes.d)	$IP_{ED\ Total}$ (ℓ /pes.d)	IR_E (%)
215,62	238,12	9,45

O impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora, em virtude do reúso verificado neste trabalho para o edifício monitorado, foi de 9,45%. O baixo valor verificado pode estar associado ao pouco tempo de monitoramento da produção de águas cinza-claras. Esse percentual poderia retratar melhor a realidade se a série histórica de águas cinza-claras fosse maior. E também poderia ser maior se o reúso de águas cinza fosse destinado para outros fins, como rega de jardins, lavagem de áreas pavimentadas, lavagem de automóveis, reserva técnica

de incêndio, dentre outros. A utilização do excedente da água cinza-clara produzida acarretaria uma maior redução de esgoto lançado na rede pública.

6.2.4 Conclusão

1. A frequência de uso da bacia sanitária por morador em sua residência obtida neste trabalho foi de 5 utilizações, das quais 4 utilizações são para urinar e 1 utilização é para defecar.
2. Verificou-se uma frequência de 7 utilizações da bacia sanitária por funcionária doméstica no trabalho, das quais 6 utilizações são para urinar e 1 utilização é para defecar.
3. Constatou-se a produção de um volume médio de 311 mℓ por pessoa por ato de urinar.
4. Verificou-se que 64% do esgoto produzido na edificação correspondem ao total de AC_{claras} produzidas, 22% correspondem a AC_{escuras} e 14% correspondem a AN.
5. Observou-se que apenas uma parcela (1,86m³/d) das AC_{claras} é reutilizada para descargas das bacias sanitárias após tratamento, e 7,14 m³/d são direcionados para a rede coletora de esgoto.
6. Constatou-se que 16% do esgoto doméstico lançado na rede coletora correspondem a AN, 26% correspondem a AC_{escuras} e 58% equivalem a águas cinza-claras.
7. Os intervalos de maior produção de AC_{claras Rede}, de AC_{claras Total}, de ED_{Rede} e de ED_{Total} observados com o monitoramento horário foram: das 6h às 8h, das 10h às 12h e das 18h às 20h. Os intervalos de menor consumo ocorreram das 2h às 4h. Há uma queda na produção entre as 2h às 4h. O maior pico de produção de AN ocorreu das 6h às 8 h da manhã, e o de menor produção, das 2h às 4h.
8. O maior pico de produção de AC_{escuras} (0,86m³/2h) ocorreu das 10h às 12h, e o horário de menor produção (0,18m³/2h) ocorreu das 4h às 6h, porém a produção da 0h às 2h e das 2h às 4h oscilou de 0,18 a 0,20 m³/2 h, o que indica um provável vazamento.
9. Já os intervalos de maior produção *per capita* observados foram: das 10h às 12h, AC_{escuras}, e, para AN, continuou sendo no intervalo das 6h às 8h. Há uma queda na produção de AN entre as 2h e as 4h.
10. A faixa de horário de maior produção de ED_{Rede} e de ED_{Total} foi das 10h às 12h, quando são produzidos, em média, 81,1 ℓ/pes.2h e 85,09 ℓ/pes.2h, respectivamente.
11. O monitoramento de perdas entre as 2h e as 4h permitiu observar a existência de vazamento, visto que a produção de AC_{escuras}, nesse horário, foi praticamente a mesma, variando de 0,18 m³/2h a 0,20 m³/2h.
12. O indicador de produção *per capita* de AC_{claras} (152,02 ℓ/pes.d) obtido neste trabalho apresentou-se maior que os encontrados em outros trabalhos, e o indicador *per capita* de AC_{escuras} (52,64 ℓ/pes.d) mostrou-se próximo a alguns valores obtidos na literatura. O indicador *per capita* de produção de AN obtido neste trabalho foi de 33,46ℓ/pes.d.
13. A média de produção *per capita* de esgoto doméstico lançado na rede coletora foi de 215,62 ℓ/pes.d.
14. O impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora, em virtude do reúso verificado neste trabalho para o edifício monitorado, foi de 9,45%, em 10 dias de monitoramento.

6.2.5 Referências

- ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban water**. v. 1, n 1, p. 49-55, 1999.
- BARRETO, D.; MEDEIROS, O. Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n.4, p. 137-149, out./dez. 2008.
- CHEUNG, P. B. *et al.* Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98.
- CUSTÓDIO, S. P.; FERREIRA, O. M. **Condomínio residencial Aldeia do Vale: consumo de água e geração de esgoto**. 2005. Disponível em: <<http://www.ucg.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- DEL PORTO, D., STEINFELD, C. 1999. **The composting toilet system book**. A practical guide to choosing, planning and maintaining composting toilet systems, an alternative to sewer and septic systems. The center for ecological sanitation prevention , Concord, Massachusetts.
- FEACHEM, R.G., BRADLEY, D.J., GARELICK, H., MARA, D.D. 1983. **Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management**. World Bank studies in water supply and sanitation. John Wiley and Sons: New York.
- FITTSCHEN, I., NIEMCZYNOWICZ, J., Experiences with dry sanitation and grey water treatment in the eco-village Toarp, Sweden. **Water science technology**. v. 35, n. 9, p.161–170, 1997.
- FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (BRASIL). **Manual de saneamento**. 4. ed. rev. Brasília, DF: Fundação Nacional da Saúde, 2006. 408 p.
- GAILLARD, A. (2002). **Waste(water) characterisation and estimation of digestion kinetics**. Thesis (M. Sc. Thesis) – Wageningen University, The Netherlands.
- GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI, L. S. Gerenciamento de águas cinza. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 153-222.
- GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Vitória: ABES, 2006, p. 1-28.
- GOTAAS, H. B. 1956. **Composting: sanitary disposal and reclamation of organic wates**. World Health Organization, Monograph Series Number 31. Geneva. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/monograph/WHO_MONO_31_\(chp3-4\).pdf](http://whqlibdoc.who.int/monograph/WHO_MONO_31_(chp3-4).pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2011.
- HALALSHEH, M.; DALAHMEH, S.; SAYED, M.; SULEIMAN, W.; SHAREEF, M.; MANSOUR, M.; SAFI, M. Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan. **Bioresource Technology**.n. 99. P. 6635-6641, 2008.
- HEALTH CANADA. **Canadian guidelines for domestic reclaimed water for use in toilet and urinal flushing**. Ontario, 2010. Disponível em:<<http://www.hc-sc.gc.ca>>. Acesso em: 16 jan. 2011.
- HENZE, M; LEDIN, A. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. **Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation**. London: IWA Publishing, 2011, chapter 4, p. 59-72, 2001.

JAMRAH, A., AL-OMARI, A., AL-QASEM, L., ABDEL GHANI, N. Assessment of availability and characteristics of grey water in Amman. **Water international**. v. 31, n.2, p. 210–220, 2006.

MASI, F. Water reuse resources recovery: the role of constructed wetlands in the Ecosan approach. **Desalination**. n. 246, p. 27-34, 2009.

MAYER, P. W.; DEOREO, W. B.; TOWLER, E., MARTIEN, L., LEWIS, D. M. **The impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single-family homes**. Tampa Water Department Residential Water Conservation Study. Final Report to Tampa Water Department and USEPA by Aquacraft, Inc. 2004. Disponível em: <<http://www.aquacraft.com>>. Acesso em: 14 jan. 2011.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment disposal reuse**. 2 e.d. New York: Mc Graw Hill, 2003.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; CODAS, B. V B ; SILVA, J. O. P. ; MENDES, R. L. . Avaliação econômica dos sistemas de reúso de água em empreendimentos imobiliários. In: XXX Congresso Interamericano de Ingeniería y Ambiental, 2006, Punta Del Este. **Anais do XXX Congresso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 2006.

NIEMCZYNOWICZ, J. The urban sanitation dilemma. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. **Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation**. London: IWA Publishing, 2001. Chapter 7, p. 116-128.

NIWAGABA, C. **Human excreta treatment technologies: prerequisites, constraints and performance**. 2007. 68 f. Licentiate Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Engineering, Uppsala. Disponível em: < http://diss-epsilon.slu.se:8080/archive/00001644/01/Niwagaba_Lic.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2011.

NOUR, E. A. A. PHILLIPPI, L. S. ROSTON, D. M. ZANELLA, L. GONÇALVES, R. F. Gerenciamento de águas negras e amarelas. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 223-265.

O'TOOLE, J., LEDER, K., SINCLAIR, M. **Study of water usage in urban areas**. Research Report No. 53 Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, Australia, 2008. Disponível em: <<http://www.wqra.com.au>>. Acesso em: 16 jan. 2011.

OLIVEIRA, L., H. de. As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 39-45, 2002.

PALMQUIST, H.; HANÆUS, J. Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. **Science of the total environment**. n. 348. p. 151– 163, 2005.

PANSONATO, N.; AZEVEDO, C.; RIBEIRO, A. S; ASMUS, A. F.; PAULO, P. L. Caracterização de água cinza em uma residência de baixa renda em Campo Grande, MS, Brasil. In: **Conferência internacional em saneamento sustentável**, (Ecosan), Fortaleza, 2007.

PARKINSON, J. N. CAMPOS, L. C. Desenvolvimento de um modelo para a caracterização quantitativa e qualitativa de esgotos domésticos. In: **23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande, 2005.

PAULO, P. L.; BRAGA, A. F. M. ; MAXIMOVITCH, A. C. ; BONCZ, M. Á. . Tratamento de água cinza em uma unidade residencial de banheiros construídos. In: 24 Congresso Brasileiro de

Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. **Anais do 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro : ABES, 2007. v. 1. p. 1-6.

PEREIRA, L. G.; SASAKI, E. **Sistema de medição de esgoto em canal aberto (calha parshall)**. Sanasa, Campinas: 2002. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2011.

PETERS, M.R., DARELA, C.P., PASCAL, J.A., SEZERINO, P.H., PHILIPPI, L.S. Quantificação e caracterização de águas cinza para reúso doméstico. In: V Simpósio internacional de qualidade ambiental, Porto Alegre. **Anais do V Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, v. 01, 2006.

PRATHAPAR, S. A; JAMRAH, A.; AHMED, M.; AL ADAWI, S., AL SIDAIRI S., AL HARASSI, A. Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman. **Desalination**. n. 186. p. 177-186, 2005.

REBOUÇAS, T. C. 2010. 103 f. **Estabilização e higienização de fezes humanas através de compostagem em regime de batelada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

ROBERTS, P. **Yarra Valley Water: 2004 residential end use measurement study**. 2004. Disponível em: <<http://esvc000610.wic059u.server-web.com>>. Acesso em: 16 jan. 2011.

SCHOUW, N.L., DANTERAVANICH, S., MOSBAEKA, H., TJELLA, J.C. Composition of human excreta: a case study from Southern Thailand. **The science of the total environment**. v. 286, p. 155-166, 2002.

SOUTH WEST WATER. **Water meter option scheme: domestic customers 2010/2011**. 2010. Disponível em: <<http://www.southwestwater.co.uk>>. Acesso em: 16 jan. 2011.

VALENTINA R. S. D. **Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não potável**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

VAN VOORTHUIZEN, E. M.; ZWIJNENBURG, A.; WESSLING, M. Nutrient removal by NF and RO membranes in a decentralized sanitation system. **Water research**. v. 39, n. 15, p. 3657-3667, 2005.

VICKERS, A. **Handbook of water use and conservation**. Amherst: WaterPlow, 2002. 446 p.

VINNERÅS, B., PALMQUIST, H., BALMÉR, P., JÖNSSON, H. The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste – a proposal for new Swedish design values. **Urban water journal**. v. 3, p.3-11, 2006.

WILKES, C. R.; MASON, A. D.; NIANG, L. L.; JENSEN, K. L.; HERN, S. C. **Quantification of exposure-related water uses for various U.S. subpopulations**. United States Environmental Protection Agency, Washington, 2005. Disponível em: <<http://www.wilkestech.com>>. Acesso em: 16 jan. 2011.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

ZEEMAN, G.; KUJAWA, K.; MELS, A. MEULMAN, B.; KWANT, F. Full scale demonstration of vacuum collection, transport & treatment of black water. **Proceedings**, advanced sanitation, Aachen, Institute of environmental engineering RWTH Aachen University, IWA International Water Association, 12 - 13 March, Aachen, Germany. 2007.

6.3 ARTIGO 3:

ESTUDO DA INTER-RELAÇÃO QUANTITATIVA ENTRE O CONSUMO DE ÁGUA E A PRODUÇÃO DE ESGOTO EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DOTADO DE REÚSO DE ÁGUAS CINZA

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a relação entre o consumo de água e a produção de esgoto numa edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza, localizada em Vitória, por meio da realização do balanço hídrico da edificação e cálculo do coeficiente de retorno. A pesquisa foi realizada mediante o monitoramento do consumo de água e das vazões de esgoto de uma edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, localizada no bairro da Praia do Canto, Vitória-ES. A edificação possui uma Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) e medição individualizada por apartamento. É dotada de equipamentos economizadores como bacias sanitárias com caixa acoplada e arejadores nas torneiras. A coleta de dados foi realizada durante 10 dias dos meses de dezembro e janeiro de 2011 por meio da instalação de medidores de água e esgoto. O monitoramento foi realizado por meio de leituras diárias, com início às 8h, de todos os medidores do edifício, além do levantamento de 4 perfis de produção 24 horas realizados em dias de quarta-feira. Também foram calculados os indicadores *per capita*. Foi realizado, ainda, o balanço hídrico e calculado o coeficiente de retorno. Os resultados indicam que a produção de águas cinza, em média 9,24 m³/d, superou, em todos os dias, a demanda por água de reúso, que foi em média de 1,33 m³/d. Verificou-se, também, que a oferta de águas cinza-claras foi, em média, 7 vezes maior que a demanda por AR. Verificou-se que a produção de esgoto lançado na rede por pessoa por dia foi, em média, menor que o consumo de água potável e água total. Verificou-se um vazamento detectado pelo equipamento de medição de esgoto no intervalo da 2h às 4h e das 4h às 6h, que não foi detectado pelos hidrômetros de monitoramento de água. A medição de água e da produção de esgoto permitiu o cálculo do coeficiente de retorno, fechando-se, assim, o balanço hídrico na edificação. O coeficiente de retorno obtido em relação à água potável foi de 0,97. O resultado encontrado indica que 97% da água potável consumida retornam ao sistema de coleta público sob a forma de esgoto. Foi calculado, também, o coeficiente de retorno em relação à água total consumida, e o coeficiente encontrado foi de 0,88, o que indica que 88% da água total consumida na edificação (AP+AR) retornam à rede coletora sob a forma de esgoto.

Palavras-chave: água cinza; reúso de água; conservação de água; coeficiente de retorno; edificação multifamiliar.

Abreviaturas e símbolos

%	porcentagem	ED	esgoto doméstico
AC _{claras}	águas cinza-claras	ED _{Rede}	esgoto doméstico lançado na rede coletora, excluindo a parcela de AC _{clara} reutilizada.
AC _{claras Rede}	águas cinza-claras lançadas na rede coletora de esgoto, sem a parcela que é reutilizada	ED _{Total}	esgoto doméstico total produzido, incluindo a parcela de AC _{clara} reutilizada
AN	águas negras	ETAC	estação de tratamento de águas cinza
AP	água potável	h	hora
Ap.	apartamento	IC	indicador de consumo
Aps.	apartamentos	IC _{AP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AP (ℓ/pes.d)
AR	água de reúso	IC _{AR}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AR (ℓ/pes.d)
AT	água total	IC _{AT}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AT (ℓ/pes.d)
BS	bacia sanitária	IP	Indicador de produção
C	consumo diário médio de água do edifício (ℓ/d)	IP _{AC clara Total}	indicador de produção de AC _{claras Total} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)
C/	com	IP _{ED Total}	indicador de produção de ED _{Total} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)
C _{AP}	consumo de água potável do edifício	IP _{ED Rede}	indicador de produção de ED _{Rede} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)
C _{AR}	consumo de água de reúso do edifício	K2	coeficiente de máxima vazão horária
C _{AT}	consumo diário médio de água total do edifício	K3	coeficiente de mínima vazão horária
C _{rAP}	coeficiente de retorno em relação ao consumo de água potável	ℓ	litro
C _{rAT}	coeficiente de retorno em relação ao consumo de água total	ℓ/d	litros por dia
d	dia	ℓ/hora	litros por hora
		ℓ/pes.d	litros por pessoa por dia

$\ell/\text{pes.2h}$	litros por pessoa em 2 horas	P_{AR}	produção de água de reúso do edifício
m^3	metro cúbico	$P_{av.}$	pavimento
m^3/d	metro cúbico por dia	$P_{ED Rede}$	produção diária média de esgoto doméstico do edifício, lançado na rede coletora (ℓ/d)
$\text{m}^3/2\text{h}$	metro cúbico em 2 horas	$P_{ED Total}$	produção diária média de esgoto doméstico total do edifício (ℓ/d)
MLL	máquina de lavar louça	pes.	peessoa
MLR	máquina de lavar roupa	Pop	população total (moradores e funcionários) do edifício (pes)
N°	número	unid.	unidade
$P_{AC\ claras Rede}$	produção de águas cinza-claras excedentes da demanda e lançadas na rede coletora		
$P_{AC\ claras Total}$	produção total de águas cinza-claras		

6.3.1 Introdução

Um problema ambiental e sanitário dos grandes centros urbanos no Brasil, que vem se agravando com o tempo, é o abastecimento urbano de água potável e a coleta e tratamento apropriado do esgoto (FIORE *et al.*, 2006). O rápido crescimento da população urbana e da industrialização está submetendo a graves pressões os recursos hídricos de muitas cidades. Medidas de conservação de água potável, como a adoção de fontes alternativas de suprimento de água, estão sendo adotadas de modo a tentar reverter o quadro atual de escassez e poluição em que se encontram os recursos hídricos.

Dentre as fontes alternativas de suprimento de água, o reúso de águas servidas que não possuem contribuição fecal se apresenta como uma alternativa promissora para atender demandas que não exigem o uso de água potável na escala das edificações residenciais (nível micro). Essa é uma opção que desperta grande interesse, considerando-se que o consumo de água, nessa escala, em áreas densamente urbanizadas, pode atingir 50% do consumo total (GONÇALVES & JORDÃO, 2006).

Essas águas, denominadas águas cinza, são definidas como as águas residuais provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupa ou lavar louça e pias de cozinha, excluindo-se efluentes de bacias sanitárias (JEFFERSON *et al.*, 1999; OTTERPOHL *et al.*, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2002; FRIEDLER e HADARI, 2006). As águas cinza podem ser divididas em claras e escuras, que são, respectivamente, as águas residuárias originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas e as provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça (HENZE & LEDIN, 2001). Após tratadas, as águas cinza-claras podem ser empregadas nas descargas de mictórios e bacias sanitárias (NOLDE, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2003; FRIEDLER & HADARI, 2006) e, ainda, na rega de jardim, limpeza de áreas externas, proteção contra incêndio, lavagem de roupas e de automóveis (NOLDE, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2003).

Diferentemente da água de chuva, cuja oferta depende de fatores climáticos, a produção de águas cinza é proporcional ao consumo de água nas residências. Tal consumo e a consequente geração de esgoto podem variar consideravelmente, dependendo dos hábitos e estilo de vida dos usuários das instalações hidrossanitárias e, também, são influenciados principalmente pelo tamanho da residência, tamanho da família, *status* socioeconômico e fonte de abastecimento de água (SIEGRIST *et al.*, 1976). Influências adicionais podem incluir o tipo de unidade de habitação (unifamiliar, multifamiliar, etc.), localização geográfica e os métodos utilizados para eliminação de águas residuárias (JACOBS e HAARHOFF, 2007).

De acordo com Gonçalves *et al.* (2006), enquanto houver usuários utilizando as instalações hidrossanitárias de um edifício, haverá produção de águas cinza. Por tal motivo, o autor considera que, em termos quantitativos, o seu uso comumente não comporta riscos de falta de água de reúso para usos não potáveis nos edifícios. Porém, pode existir um *deficit*

temporal entre a demanda e a oferta, o que implica a necessidade de implantação de reservatório de armazenamento de água de reúso na edificação (JEFFERSON *et al.*, 1999).

Por isso, um dos aspectos determinantes do sucesso de um sistema de gerenciamento de águas cinza na escala das edificações é o correto gerenciamento das cargas hidráulicas decorrentes das variações horárias de vazão (GONÇALVES *et al.*, 2006). Portanto, o conhecimento do consumo de água e da geração de águas residuárias ao longo do dia é estratégico para a concepção de sistemas de reúso. Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a relação em termos quantitativos entre o consumo de água e a produção de águas residuárias numa edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza, localizada em Vitória, por meio da realização do balanço hídrico da edificação e cálculo do coeficiente de retorno.

6.3.2 Material e métodos

A pesquisa foi realizada mediante o monitoramento do consumo de água e das vazões de esgoto de uma edificação residencial multifamiliar dotada de reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, localizada no bairro da Praia do Canto, Vitória-ES. Nesta pesquisa, as águas provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são consideradas águas cinza-claras (AC_{claras}), e as provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça são classificadas como águas cinza-escuras ($AC_{escuras}$), e águas negras (AN) as provenientes de bacias sanitárias.

6.3.2.1 Monitoramento

O monitoramento foi realizado durante 10 dias dos meses de dezembro e janeiro de 2011. Os sistemas de monitoramento de água e esgoto instalados no edifício em estudo foram descritos nos itens 6.1.2.1.1 e 6.2.2.1.1 deste trabalho. O monitoramento do consumo de água e das vazões de esgoto foi realizado por meio de leituras diárias, com início às 8h, de todos os medidores de água e esgoto doméstico (ED) da edificação, além do levantamento de perfis de consumo e produção 24h, em que foram registradas as leituras dos medidores a cada 2h, também com início às 8h. Foram gerados 4 perfis de consumo e produção 24h para o dia da semana de maior consumo. O levantamento diário e horário da população do edifício foi realizado com o auxílio dos porteiros.

Com a instalação do sistema de monitoramento do consumo de água, foi possível obter o consumo de água potável (C_{AP}), de água de reúso (C_{AR}) e também o consumo de água total (C_{AT}) do edifício. Com a instalação dos equipamentos de medição das águas residuárias, foi possível calcular a produção de águas cinza-claras total ($P_{AC\ claras\ Total}$) e a produção de esgoto doméstico lançado na rede coletora ($P_{ED\ Rede}$). Os indicadores *per capita* de consumo de água e produção de águas residuárias foram calculados conforme os itens 6.1.2.3.1 e 6.2.2.3.1. E os coeficientes de variação de vazão (K2 e K3) foram calculados de acordo com o item 6.1.2.2.

6.3.2.2 Cálculo do balanço hídrico

Para o cálculo do balanço hídrico, foram utilizados o consumo médio de água potável e o de água total do período de 10 dias, obtidos com o monitoramento e a produção média de esgoto doméstico lançado na rede coletora durante o mesmo período.

6.3.2.3 Cálculo do coeficiente de retorno

Com o monitoramento, durante 10 dias, do consumo de água e da produção de esgoto doméstico e o cálculo do balanço hídrico, foi possível avaliar o coeficiente de retorno do edifício, que de acordo com Von Sperling (2005) é a fração da água fornecida que adentra a rede de coleta na forma de esgoto (vazão de esgotos/vazão de água). Foram calculados os coeficientes de retorno em relação ao consumo de AP e ao de AT do edifício a partir das Equações 25 e 26.

$$c_{rAP} = \frac{P_{ED\text{Rede}}}{C_{AP}} \quad (25)$$

Em que:

c_{rAP} é o coeficiente de retorno em relação ao consumo de água potável;
 $P_{ED\text{Rede}}$ é a produção diária média de ED do edifício lançado na rede coletora(ℓ/d);
 C_{AP} é o consumo diário médio de água potável do edifício (ℓ/d).

$$c_{rAT} = \frac{P_{ED\text{Rede}}}{C_{AT}} \quad (26)$$

Sendo:

c_{rAP} é o coeficiente de retorno em relação ao consumo de água total;
 C_{AT} é o consumo diário médio de água total do edifício (ℓ/d);
 $P_{ED\text{Rede}}$ é a produção diária média de ED do edifício lançado na rede coletora(ℓ/d).

6.3.3 Resultados e discussão

6.3.3.1 Consumo de água e da produção de esgoto doméstico

A Figura 49 apresenta a vazão média diária de esgoto lançado na rede coletora comparada com o consumo de água potável e o de água total monitorados durante um período de 10 dias. Além da população do edifício. O consumo de água potável foi, em média, de 12,5 m^3/d , e o de AT foi de 13,83 m^3/d . A produção média diária de ED_{Rede} foi de 12,1 m^3/d .

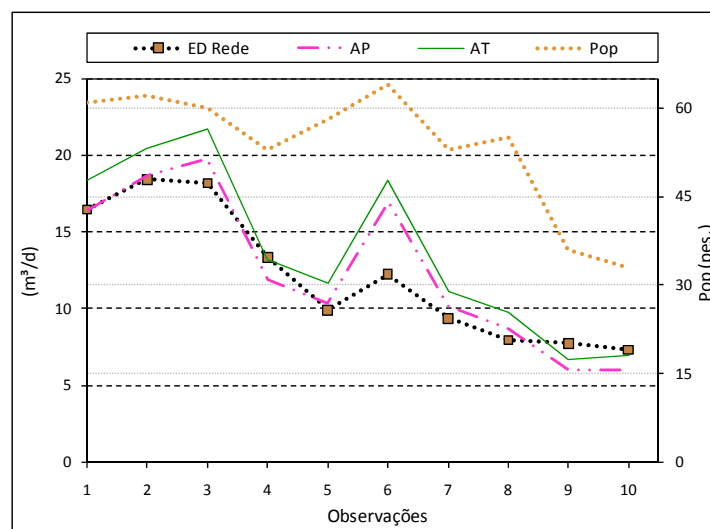


Figura 49: Vazão de ED_{Rede} em comparação com o consumo de AP e de AT no período de 10 dias.

A Tabela 22 apresenta uma breve análise estatística dos parâmetros monitorados. Verificou-se um consumo diário máximo de AP de 19,79 m³ com um desvio padrão de 5,11 em 10 dias de monitoramento e variação em torno de 41%. Já o consumo de água diário máximo de AT obtido foi de 21,68 m³ com um desvio padrão de 4,33.

Tabela 22: Análise estatística do consumo de água, da produção de esgoto e da população do edifício em 10 dias de monitoramento.

	Parâmetro monitorado			
	Consumo AP (m ³ /d)	Consumo AT (m ³ /d)	Produção ED _{Rede} (m ³ /d)	Pop (pes)
Nº de observações (unid.)	10	10	10	10
Média	12,50	13,83	12,10	53,5
Mínimo	5,97	6,72	7,31	33
Máximo	19,79	21,68	18,44	64
Desvio padrão	5,11	5,51	4,33	11
Coeficiente de variação (%)	40,88	39,87	35,81	20

A Figura 50 ilustra a produção total de águas cinza-claras (oferta de AC_{claras}) e o consumo de água de reúso (demanda de AC_{claras}) no edifício, no período de 10 dias. Nota-se que os picos e vales de produção de AC_{claras} se assemelham aos picos e vales da população do edifício. A produção de AC_{claras} foi, portanto, possivelmente influenciada pelo número de habitantes do edifício. Já o consumo de água de reúso permaneceu mais estável, com variação em torno de 32%.

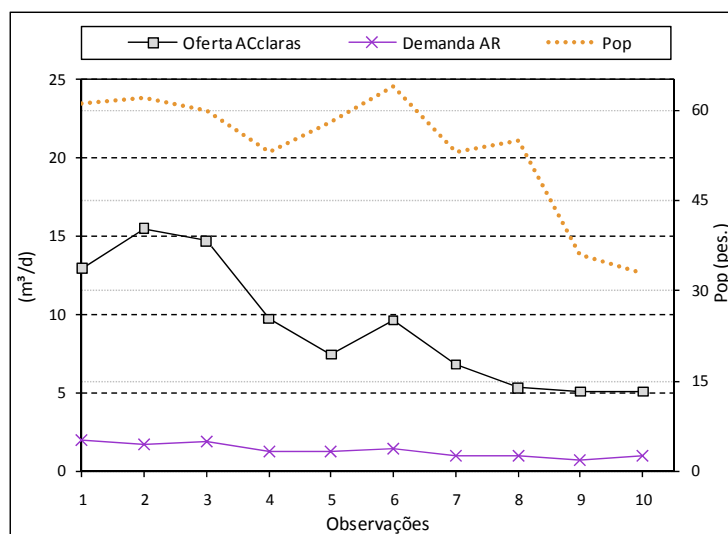


Figura 50: Oferta de águas cinza-claras versus consumo de água de reúso e população no período de 10 dias.

Nota-se, na referida figura, que a produção de águas cinza, em média, 9,24 m³/d, superou, em todos os dias, a demanda por água de reúso, que foi, em média, de 1,33 m³/d. Verificou-se, também, que a oferta de AC_{claras} foi, em média, 7 vezes maior que a demanda por AR. Isso mostra o grande potencial de utilização dessa fonte alternativa de água para outros usos não potáveis além da descarga das bacias sanitárias.

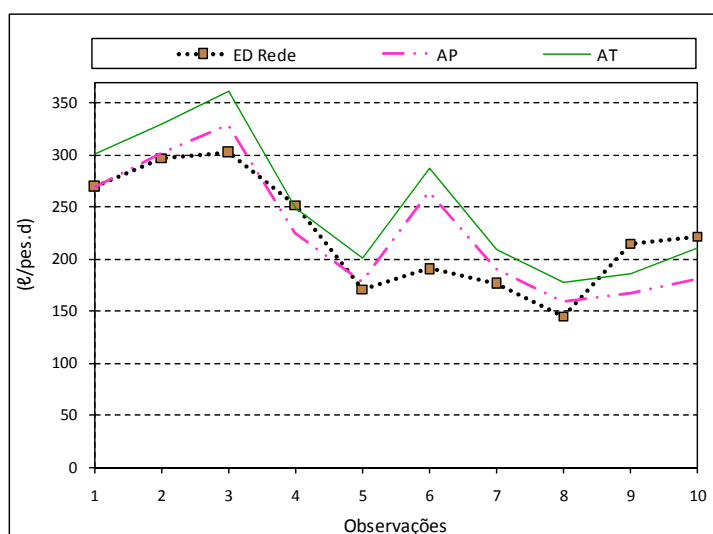
A quantidade excedente de AC_{claras} poderia ser destinada para lavagem de área impermeabilizada, rega de jardim, para lavar carros e até mesmo para lavagem de roupas, e tais ações, juntamente com o uso nas descargas, poderiam induzir a uma redução em torno de 29 a 47% do requerimento por água potável, de acordo com estudos realizados por Lazarova *et al.*, 2003; e Humeau *et al.*, 2011.

Na Tabela 23, observa-se uma breve análise estatística a partir dos dados de consumo de AR e produção total de águas cinza-claras (oferta) em 10 dias de monitoramento.

Tabela 23: Análise estatística do consumo (demanda) de água de reúso e da produção (oferta) de AC claras.

	Parâmetro monitorado	
	Demanda de AR = C_{AR} (m^3/d)	Oferta de AC _{claras} = $P_{AC\text{ claras Total}}$ (m^3/d)
Nº de observações (unid.)	10	10
Média	1,33	9,24
Mínimo	0,69	5,09
Máximo	1,95	15,50
Desvio padrão	0,43	3,97
Coefficiente de variação (%)	32,63	43,01

A Figura 51 apresenta a produção *per capita* de ED_{Rede}, em comparação com os consumos *per capita* de AP e AT. Nota-se, na referida figura, que em alguns dias, a produção *per capita* de esgoto supera o consumo *per capita* de água.

Figura 51: Produção *per capita* de ED_{Rede}, em comparação com os consumos *per capita* de AP e de AT.

A média *per capita* de consumo de água potável foi de 227 ℓ/pes.d, com variação em torno de 27%, e o indicador *per capita* de consumo de água total foi de 251 ℓ/pes.d, enquanto que o indicador de produção *per capita* de esgoto doméstico lançado na rede pública de esgoto foi de 224 ℓ/pes.d. Verificou-se, portanto, que a produção de esgoto lançado na rede por pessoa por dia foi, em média, menor que o consumo de água potável e água total (Tabela 24).

Tabela 24: Análise estatística do consumo de água, da produção de esgoto e da população do edifício.

	Parâmetro monitorado		
	IC _{AP} (ℓ/pes.d)	IC _{AT} (ℓ/pes.d)	IP _{ED Rede} (ℓ/pes.d)
Nº de observações (unid.)	10	10	10
Média	227	251	224
Mínimo	159	177	145
Máximo	330	361	303
Desvio padrão	61	65	55
Coefficiente de variação (%)	27	26	24

IC – indicador de consumo, IP – Indicador de produção.

A Figura 53 apresenta o consumo *per capita* de água de reúso (demanda de AR), em comparação com a produção *per capita* total de águas cinza-claras (oferta de AC_{claras}). Nota-se que, em todos os dias monitorados, a produção *per capita* superou o consumo.

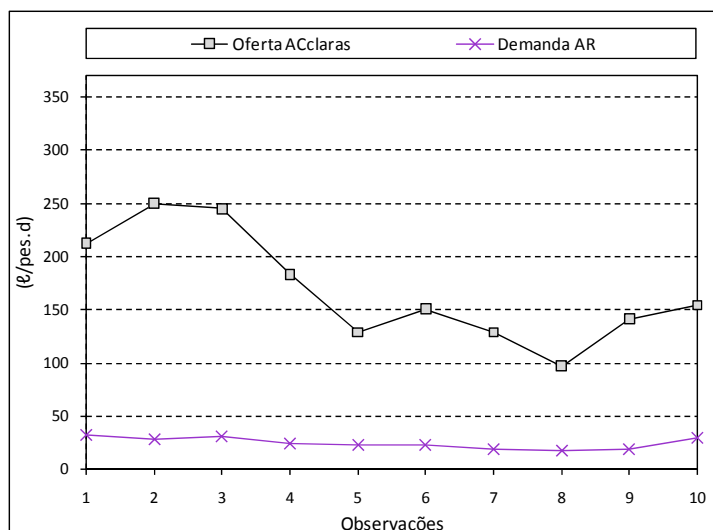


Figura 52: Produção *per capita* de águas cinza-claras versus consumo *per capita* de água de reúso.

A média *per capita* de $P_{AC\text{ claras Total}}$ foi de 169 ℓ/pes.d, com variação em torno de 31% (Tabela 25). Essa média foi maior que a encontrada por Pansonato (2007), cujo valor foi de 58,6 ℓ/pes.d, para residências de baixa renda. Essa diferença pode ter ocorrido em virtude de a edificação monitorada ser de alto padrão, o que justifica o consumo de água e consequente produção de AC_{claras} mais elevada. Porém esse valor foi inferior ao encontrado por Valentina (2009), cujo valor foi de 195 ℓ/pes.d para uma edificação com padrões semelhantes ao edifício monitorado e localizado no mesmo bairro.

Tabela 25: Análise estatística do consumo de água, da produção de esgoto e da população do edifício.

	Parâmetro monitorado	
	IC_{AR} (ℓ/pes'd)	$IP_{AC\text{ claras Total}}$ (ℓ/pes'd)
Nº de observações (unid.)	10	10
Média	25	169
Mínimo	18	97
Máximo	32	250
Desvio padrão	5	52
Coeficiente de variação (%)	22	31

Já a média *per capita* de consumo de água de reúso foi de 25 ℓ/pes.d, valor baixo, se comparado ao encontrado por Agostini (2009), 54 ℓ/pes.d. O consumo *per capita* menor encontrado nesta pesquisa pode ser explicado por um fato descoberto no decorrer do monitoramento, em que se observou que algumas bacias sanitárias dos banheiros de empregadas estavam sendo alimentadas por água potável, pelo ponto de alimentação da ducha higiênica, não consumindo, portanto, água de reúso. Não foi possível quantificar quantas bacias sanitárias apresentavam esse erro de conexão, pois não se teve acesso a todos os apartamentos. Entretanto, se esse erro de conexão fosse consertado, a conservação de água potável seria ainda maior, e ainda seria possível o emprego do excedente de água cinza para outros usos não potáveis, visto que a produção *per capita* também é 7 vezes maior que a demanda.

6.3.3.2. Variação horária do consumo de água e da produção de esgoto

Como descrito na metodologia, foram realizados quatro monitoramentos de 24 horas, a fim de se caracterizar o perfil de consumo de água e a produção de esgoto durante esse período. A Figura 53 apresenta os perfis de 24h de consumo de água potável (AP) e de água total (AT) e

de produção de esgoto lançado na rede pública (ED_{Rede}), que representam o consumo ou produção média relativos a quatro perfis realizados durante a pesquisa.

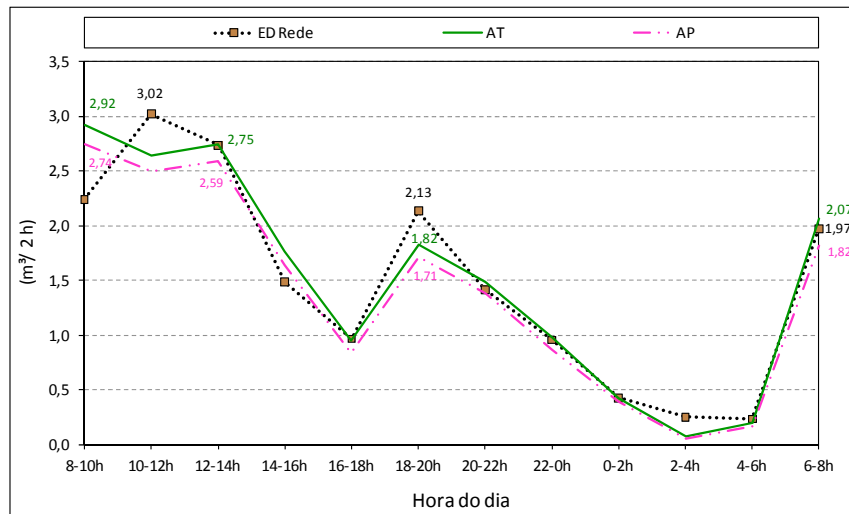


Figura 53: Perfil de consumo de AP e AT e produção de ED_{REDE} em 24 horas.

Verificou-se que a produção de ED_{Rede} superou o consumo de AT nos seguintes intervalos: das 10h às 12h, das 16h às 18h, das 18h às 20h, das 2h às 4h e das 4h às 6h. O maior pico de produção de ED_{Rede} ($3,02 \text{ m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 10h às 12h, horário de almoço; e o horário de menor produção ($0,24 \text{ m}^3/2\text{h}$) ocorreu das 4h às 6h, porém a produção da 2h às 4h e das 4h às 6h quase não oscilou, variando de 0,25 a $0,24 \text{ m}^3/2\text{h}$, o que indica um provável vazamento detectado pelo equipamento de medição de esgoto. Percebeu-se, no entanto, que esse volume praticamente constante não ocorre com relação aos consumos de água potável e de água total. O vazamento pode ser proveniente de vários pontos de uso de água, o que pode não ter sido detectado pelos hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento de água, por estar abaixo da sensibilidade dos aparelhos. Porém a junção dessas perdas foi detectada no medidor de esgoto.

A Figura 54 apresenta os perfis 24 h de consumo *per capita* de AP e AT e também o perfil 24h de produção *per capita* de ED_{Rede} . Igualmente ao perfil de produção e consumo global da edificação, verificou-se que a produção *per capita* de ED_{Rede} superou o consumo de AT nos seguintes intervalos: das 10h às 12h, das 16h às 18h, das 18h às 20h, das 2h às 4h e das 4h às 6h. Igualmente ao perfil de produção global, a produção *per capita* da 0h às 2h e das 2h às 4h quase não oscilou, o que indica um provável vazamento detectado pelo equipamento de medição de esgoto.

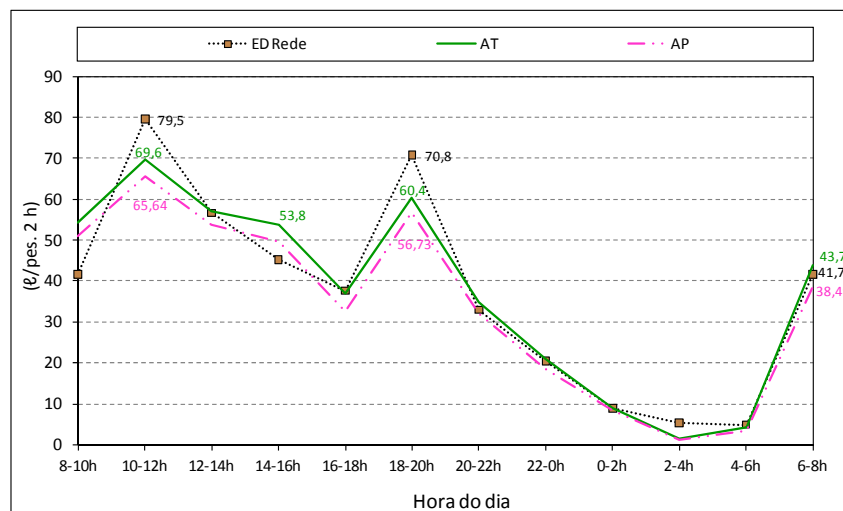


Figura 54: Perfil de consumo *per capita* de AP e AT e produção *per capita* de ED_{REDE} em 24 horas.

A Figura 55 apresenta os perfis 24 horas de $P_{AC\text{ claras Total}}$ e o C_{AR} , em que se pode observar que há uma grande variabilidade de produção de águas cinza-claras ao longo do dia. Nota-se que a produção de águas cinza-claras supera a demanda por água de reúso em todos os intervalos do dia e, ainda, que o maior pico de produção ocorreu no intervalo das 10h às 12h ($2,16\text{ m}^3/2\text{ horas}$), e o horário de menor produção ocorreu das 2h às 4h e das 4h às 6h ($0,05\text{ m}^3/2\text{ horas}$), com uma média de $1,10\text{ m}^3/2\text{ horas}$. O coeficiente de máxima vazão horária (K2) foi de 1,96 (em 10 dias de monitoramento), um pouco superior que 1,8, coeficiente encontrado por Valentina (2009).

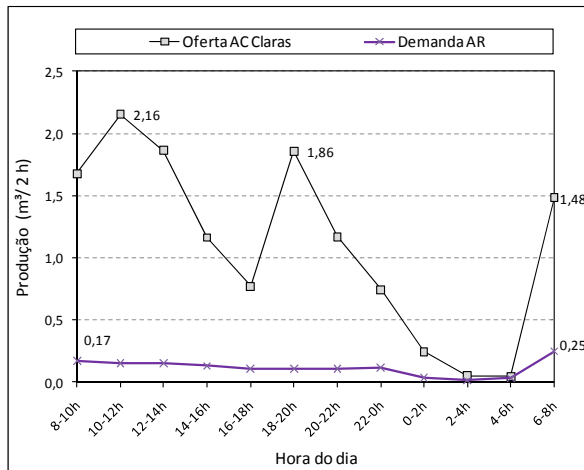


Figura 55: Perfil 24 horas de produção de AC_{claras} , e consumo de AR.

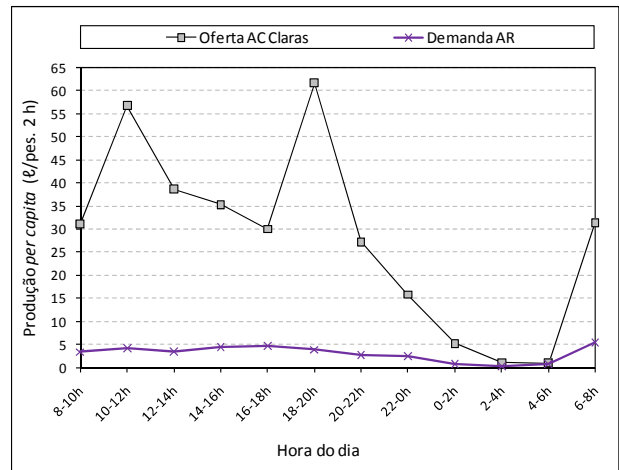


Figura 56: Perfil 24 horas *per capita* de produção de AC_{claras} , e consumo de AR.

Diferentemente do perfil de $P_{AC\text{ claras Total}}$, o perfil *per capita* (Figura 56) apresentou o maior pico de $P_{AC\text{ claras Total}}$ no intervalo das 18h às 20h, sendo $61,6\text{ ℓ/pes.2h}$ produzidos nesse horário, em média. Valentina (2009) encontrou, em uma edificação semelhante, uma produção de 57 ℓ/pes.2h , no intervalo das 14h às 16h. A média de produção horária ficou em torno de $27,94\text{ ℓ/pes.2h}$, valor um pouco inferior à 32 ℓ/pes.2h , média horária encontrada por Valentina (2009).

No período da madrugada, os dois perfis seguiram uma tendência similar, com vales nos horários da 0h às 6h. O horário de menor $P_{AC\text{ claras Total}}$ foi o das 4h às 6h ($0,97\text{ ℓ/pes.2h}$), e o de menor consumo de AR, das 2h às 4h ($0,14\text{ ℓ/pes.2h}$). O perfil de consumo de AR *per capita* apresenta comportamento semelhante ao perfil 24 h de consumo, com pico entre as 6h e as 8h, em que foram consumidos, em média, 3 ℓ/pes.2h . Nota-se que, em nenhum momento, a demanda de AR supera a oferta de AC_{claras} ($P_{AC\text{ claras Total}}$).

6.3.3.3 Balanço hídrico e coeficiente de retorno

A partir do monitoramento do consumo de água do edifício estudado e da produção de esgoto em 10 dias de monitoramento, pôde-se verificar o volume médio de água consumido no edifício e o volume médio de esgoto lançado na rede coletora. Os resultados obtidos são observados na Tabela 26.

Tabela 26: Balanço hídrico do edifício monitorado.

	Balanço Hídrico						
	Entradas			Saídas			
	AP (ℓ/d)	AR (ℓ/d)	AT (ℓ/d)	AC_{claras} Rede (ℓ/d)	$AC_{escuras}$ (ℓ/d)	AN (ℓ/d)	ED Rede (ℓ/d)
Nº obs.	10	10	10	10	10	10	10
Média	12.500	1.326	13.825	7.914	2.695	1.492	12.100

Cabe salientar que apenas uma parcela da AC_{clara} produzida no edifício foi contabilizada para cálculo do coeficiente de retorno, uma vez que esta é a parcela lançada diretamente na rede coletora, já que parte é reutilizada para descarga nas bacias sanitárias após tratamento. De posse dos valores observados na referida tabela, o coeficiente de retorno encontrado, em relação à água potável, foi 0,97. O resultado encontrado indica que 97% da água potável consumida retornam ao sistema de coleta público sob a forma de esgoto. Foi calculado, também, o coeficiente de retorno em relação à água total consumida, e o coeficiente encontrado foi de 0,88, o que indica que 88% da AT consumida (AP+AR) retornam à rede coletora sob a forma de esgoto.

Na Tabela 27, são apresentados os coeficientes de retorno em relação à água potável e à água total consumida, obtidos neste trabalho, em comparação com valores pesquisados na literatura.

Tabela 27: Coeficientes de retorno obtidos em comparação com a literatura.

Autor	Ano	Local	Padrão da Edificação	C_{rAP}	C_{rAT}
Esta pesquisa	2011	Vitória – ES	Multifamiliar c/ reúso	0,97	0,88
Custódio e Ferreira	2005	Goiânia – GO	Residências unifamiliares	0,37	
Pertel	2009	Vitória – ES	Multifamiliar c/ reúso	0,69	
Parkinson <i>et al.</i>	2005	Goiânia – GO	Residências unifamiliares	1,00	

C_{rAP} - coeficiente de retorno em relação à água potável; C_{rAT} - coeficiente de retorno em relação à água total consumida.

Nota-se, ao analisar a Tabela 27, que o resultado do presente estudo se encontra um pouco acima da maioria dos valores de coeficiente de retorno encontrados na literatura. Ele está abaixo, somente, do coeficiente de retorno estimado por Parkinson *et al.* (2005), que foi de 1,00, próximo ao esperado pelo autor, devido ao fato de ter chovido na maioria dos dias em que os dados foram coletados e de os moradores terem respondido, no questionário, que não lavam os seus carros no condomínio. Acredita-se que tal constatação seja reflexo de que alguns valores foram estimados por alguns autores e não medidos realmente, como o encontrado por Pertel (2009), em que se estimou um coeficiente de retorno de 0,69 para uma edificação dotada de reúso na mesma região e muito semelhante à edificação objeto deste estudo.

O valor mais baixo encontrado por Pertel (2009) também pode ser explicado pelo fato de que no edifício estudado pela autora, a água de reuso era utilizada para descarga de bacias sanitárias, para rega de jardim e para lavagem de área pavimentada, e no edifício monitorado nesta pesquisa o reúso é utilizado apenas para descarga das bacias sanitárias. Já Custódio e Ferreira (2005) mediram a produção de esgoto num condomínio de casas por meio de um sistema de medição de esgoto do tipo calha *parshall* e encontraram um coeficiente de retorno de 0,37, considerado baixo pelos autores, explicado pela grande extensão de áreas ajardinadas existentes no condomínio que demandam um grande volume de água que infiltram no solo e não retornam para a rede coletora sob a forma de esgoto.

Os resultados obtidos nesta pesquisa podem ter sido altos pelo pouco tempo de monitoramento (10 dias) e pelo fato de o edifício em questão possuir poucas áreas ajardinadas e utilizar a água de reúso apenas para descarga das bacias sanitárias.

6.3.4 Conclusão

1. Verificou-se que a produção de esgoto superou o consumo de água total e de água potável em 3 dias dos 10 dias monitorados.
2. Verificou-se que a produção de águas cinza, em média 9,24 m³/d, superou, em todos os dias, a demanda por água de reúso, que foi, em média, de 1,33 m³/d.

3. Verificou-se, também, que a oferta de AC_{claras} foi, em média, 7 vezes maior que a demanda por AR. Essa quantidade excedente de AC_{claras} poderia ser destinada para lavagem de área pavimentada, rega de jardim, para lavar carros e até mesmo para lavagem de roupas, e tais ações, juntamente com o uso nas descargas, poderiam induzir a uma redução de 29 a 47% do requerimento por água potável (LAZAROVA *et al.*, 2003; HUMEAU *et al.*, 2011).
4. Verificou-se que a produção de esgoto lançado na rede por pessoa por dia foi, em média, menor que o consumo de água potável e de água total.
5. Constatou-se que, em todos os dias monitorados, a produção *per capita* de AC_{claras} (oferta) superou o consumo de AR (demanda).
6. Verificou-se que houve uma produção de ED_{Rede} de $0,25 \text{ m}^3/2\text{h}$ no intervalo das 2h às 4h e de $0,24 \text{ m}^3/2\text{h}$ das 4h às 6h, provavelmente referente a um vazamento detectado pelo equipamento de medição de esgoto, que não foi detectado pelos hidrômetros de monitoramento de água.
7. A medição de água e da produção de esgoto permitiu o cálculo do coeficiente de retorno, fechando-se, assim, o balanço hídrico na edificação.
8. O coeficiente de retorno obtido em relação à água potável foi de 0,97, o que indica que 97% da água potável consumida retornam ao sistema de coleta público sob a forma de esgoto. Foi calculado, também, o coeficiente de retorno em relação à água total consumida, e o coeficiente encontrado foi de 0,88, o que indica que 88% da água total consumida na edificação (AP+AR) retornam à rede coletora sob a forma de esgoto.

6.3.5 Referências

- AGOSTINI, R.; S. dos; de. **Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão**. 2009. 69 f. Monografia (Trabalho Final de Conclusão de Curso) – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.
- CUSTÓDIO, S. P.; FERREIRA, O. M. **Condomínio residencial Aldeia do Vale: consumo de água e geração de esgoto**. 2005. Disponível em: <<http://www.ucg.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- ERIKSSON, E.; AUFFARH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban water**. v. 4, p. 85-104, 2002.
- ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; EILERSEN, A-M.; HENZE, M.; LEDIN, A. Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. **Water SA**. 2003; v. 29, n. 2, p. 135–46, 2003.
- FIGLIOTTI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinza em edificações. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.
- FRIEDLER, E.; HADARI, M. Economic feasibility of on-site grey water reuse in multi-storey buildings. **Desalination**. v. 190, p. 221–234, 2006.
- GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI, L. S. Gerenciamento de águas cinza. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 153-222.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Vitória: ABES, 2006, p. 1-28.

HENZE, M.; LEDIN, A. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. **Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation**. London: IWA Publishing, 2011, chapter 4, p. 59-72, 2001.

HUMEAU, P., HOURLIER, F.; BULTEAU, G.; MASSÉ, A.; JAOUEN, P.; GÉRENTE, C.; FAUR, C.; LE CLOIREC, P. Technical-economic analysis of implementation of membrane processes for on-site greywater recycling. Manuscript Draft. **Water science and technology**. 2011.

JACOBS, H. E.; HAARHOFF, J. Prioritisation of parameters influencing residential water use and wastewater flow. **Journal of water supply: research and technology—AQUA**. v. 56, n. 8, p. 495–514, 2007.

JEFFERSON, B., LAINE, A., PARSONS, S., STEPHENSON, T., JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban water**. v.1, p. 285-292, 1999.

LAZAROVA V., HILLS S., BIRKS R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water science and technology: water supply**. v. 3, n. 4, p. 69–77, 2003.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings: Over ten years of experience in Berlin. **Urban water**, v.1, n.4, p.275-84, 1999.

OTTERPOHL, R., ALBOLD, A.; OLDENBURG, M. Source control in urban sanitation and waste management: ten systems with reuse of resources. **Water science & technology**. v. 39, n.5, p. 153–160, 1999.

PANSONATO, N.; AZEVEDO, C.; RIBEIRO, A. S; ASMUS, A. F.; PAULO, P. L. Caracterização de água cinza em uma residência de baixa renda em Campo Grande, MS, Brasil. In: **Conferência internacional em saneamento sustentável**, (Ecosan), Fortaleza, 2007.

PARKINSON, J. N. CAMPOS, L. C. Desenvolvimento de um modelo para a caracterização quantitativa e qualitativa de esgotos domésticos. In: **23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande, 2005.

PERTEL, M. **Caracterização do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

SIEGRIST, R.; WITT, M.; BOYLE, W. Characteristics of rural household wastewater. **Journal of the environmental engineering division**, ASCE, v. 102, n. EE3, p. 533-548, 1976.

VALENTINA R. S. D. **Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não potável**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005. 452 p.

6.4 ARTIGO 4:

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA COM A PRÁTICA DO REÚSO DE ÁGUAS CINZA E COM O GERENCIAMENTO DA URINA HUMANA EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Resumo

O saneamento seco e o reúso de água em residências são opções que despertam grande interesse considerando-se que o consumo de água em áreas densamente urbanizadas pode atingir metade do consumo total. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo estimar o potencial de conservação de água a partir do gerenciamento da urina humana em um edifício residencial multifamiliar dotado de reúso de águas cinza, localizado em Vitória-ES, por meio da simulação de cenários, quantificando o impacto dessa medida de racionalização nos indicadores de consumo de água e produção de esgoto doméstico. Foram definidos cinco cenários de consumo de água e produção de esgoto e seus respectivos indicadores *per capita*. O cenário 1 representa o edifício residencial multifamiliar existente monitorado, dotado de reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, o cenário 2 é o edifício convencional sem reúso (cenário base para comparação), no cenário 3, o reúso é empregado para rega de jardim, limpeza de área pavimentada, além das descargas. No cenário 4a, propõe-se o uso de bacias sanitárias segregadoras em substituição às bacias sanitárias existentes, sendo o cenário 4b a variação desse cenário, acrescentando-se o reúso de águas cinza para descarga. No cenário 5a, propõe-se o uso de mictório unissex seco nos banheiros em conjunto com a bacia sanitária existente para defecar. E o cenário 5b acrescenta ao 5a o reúso de águas cinza para descarga. Para cálculo dos cenários foram utilizados os indicadores *per capita* calculados por meio do monitoramento diário do consumo de água e da produção de águas residuárias. Também foram utilizados dados de frequência, vazão e tempo de uso de equipamentos e o volume de urina e de fezes produzidos no edifício. Se as propostas do cenário 3 fossem implementadas, uma economia de água potável de 16% seria atingida. Dentre as possibilidades estudadas, a que apresentou um melhor desempenho em termos de uso racional de água foi o cenário 4, que resultou em uma redução na demanda por água total da edificação em torno de 8%. No cenário 5, verificou-se uma redução do consumo de água da bacia sanitária de 70% em relação ao uso somente do sistema de descarga de 6,8 litros. Com este trabalho verificou-se que dentro das opções inovadoras de conservação de água propostas, a que apresentou maior potencial de redução do consumo de água potável e consequente redução de esgoto lançado na rede coletora foi o reúso de águas cinza proposto no Cenário 3, o que demonstrou a importância do incremento da água de reúso em edifícios para conservação de água potável.

Palavras-chave: segregação da urina, bacia sanitária segregadora, mictório seco, reúso de águas cinza.

Abreviaturas e símbolos

%	porcentagem	c/	com
AA	águas amarelas	C1	cenário 1
AC _{claras}	águas cinza-claras	C2	cenário 2
AC _{claras} Rede	AC _{claras} lançadas na rede coletora de esgoto sem a parcela que é reutilizada	C3	cenário 3
AC _{claras} Total	total de águas cinza-claras	C4	cenário 4
AC _{escuras}	águas cinza-escuras	C4a	cenário 4a
AFP	água fria potável	C4b	cenário 4b
AM	águas marrons	C5	cenário 5
AN	águas negras	C5a	cenário 5a
AP	água potável	C5b	cenário 5b
Ap.	apartamento	C _{AP}	consumo de água potável do edifício
Aps.	apartamentos	C _{AP Aps. C1}	consumo de AP dos aps. no Cenário 1 (ℓ/d)
AR	água de reúso	C _{AP C1}	consumo de água potável no Cenário 1 (ℓ/d)
AT	água total	C _{AP C3}	consumo de AP no Cenário 3 (ℓ/d)
BS	bacia sanitária	C _{AP C4a}	consumo de AP no Cenário 4a (ℓ/d)
BSS	bacia sanitária segregadora	C _{AP C5a}	consumo de AP no Cenário 5a (ℓ/d)
C	consumo diário médio de água do edifício (ℓ/d)	C _{AP Condomínio C1}	consumo de AP da área comum do condomínio no Cenário 1 (ℓ/d)
C _{BS AP}	consumo bacia sanitária água potável	C _{AR}	consumo de água de reúso do edifício
C _{BS AR}	consumo bacia sanitária água de reúso	C _{AR C1}	consumo de AR no Cenário 1 (ℓ/d)

$C_{AR\ C3}$	consumo de AR no Cenário 3 (ℓ/d)	MLL	máquina de lavar louça
C_{AT}	consumo diário médio de AT do edifício	MLR	máquina de lavar roupa
$C_{BS\ C5a}$	consumo de AP das BS no Cenário 5a (ℓ/d)	MSU	mictório seco unissex
$C_{BSS\ C4a}$	consumo de AP das BSS no Cenário 4a (ℓ/d)	n	número da amostra
d	dia	N	nitrogênio
$D_{0,1\ \ell}$	volume nominal de descarga de 0,1 litro utilizado para carreamento da urina (ℓ)	Nº	número
$D_{0,4\ \ell}$	volume nominal de descarga de 4 litros utilizado para carreamento de fezes (ℓ)	P	fósforo
$D_{AR\ Rego\ jardim\ C3}$	demanda de AR para rega de área ajardinada (ℓ/d)	$P_{AM\ C5a}$	produção de AM no Cenário 5a (ℓ/d)
$D_{AR\ Limpeza\ C3}$	demanda de AR para limpeza de área impermeabilizada (ℓ/d)	P_{AN}	produção diária de AN do edifício (ℓ/d)
ED	esgoto doméstico	$P_{AN\ C1}$	produção de AN no Cenário 1 (ℓ/d)
ED _{Rede}	esgoto doméstico lançado na rede coletora	$P_{AC\ claras\ Rede}$	produção de AC _{claras} excedentes da demanda e lançadas na rede coletora
ED _{Total}	esgoto doméstico total produzido	$P_{AC\ claras\ Rede\ C3}$	produção de águas cinza-claras lançadas na rede coletora no Cenário 3 (ℓ/d)
ETAC	estação de tratamento de águas cinza	$P_{AC\ claras\ Total}$	produção total de águas cinza-claras
$F_{U\ Fun}$	frequência diária de uso da BS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d)	$P_{AC\ claras\ Total\ C1}$	produção total de AC _{claras} no Cenário 1 (ℓ/d)
$F_{U\ Mor}$	frequência diária de uso da BS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d)	$P_{AC\ escuras}$	produção diária de águas cinza-escuras (ℓ/d)
h	hora	$P_{AC\ escuras\ C1}$	produção de AC _{escuras} no Cenário 1 (ℓ/d)
IC	indicador de consumo	$P_{AM\ C4a}$	produção de AM no Cenário 4a
IC_{AP}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AP (ℓ/pes.d)	P_{AR}	produção de AR do edifício
$IC_{AP\ C2\ per\ capita}$	indicador de consumo <i>per capita</i> de AP do Cenário 2 (ℓ/pes.d)	Pav.	pavimento
$IC_{AP\ Cx\ per\ capita}$	indicador de consumo <i>per capita</i> de água potável do Cenário em estudo (ℓ/pes.d)	$P_{ED\ Rede}$	produção diária média de ED _{Rede} (ℓ/d)
IC_{AR}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AR (ℓ/pes.d)	$P_{ED\ Rede\ C3}$	produção de ED _{Rede} no Cenário 3 (ℓ/d)
IC_{AT}	indicador de consumo <i>per capita</i> de AT (ℓ/pes.d)	$P_{ED\ Rede\ C4a}$	produção de ED _{Rede} no Cenário 4a (ℓ/d)
IP	indicador de produção	$P_{ED\ Rede\ C4b}$	produção de ED _{Rede} no Cenário 4b (ℓ/d)
IP_{AA}	indicador de produção de AA <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	$P_{ED\ Rede\ C5a}$	produção de ED _{Rede} no Cenário 5a (ℓ/d)
IP_{AM}	indicador de produção de AM <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	$P_{ED\ Rede\ C5b}$	produção de ED _{Rede} no Cenário 5b (ℓ/d)
$IP_{ED\ Rede}$	indicador de produção de ED _{Rede} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	$P_{ED\ Total}$	produção diária média de ED total do edifício (ℓ/d)
$IP_{ED\ Rede\ C2}$	indicador de produção <i>per capita</i> de ED _{Rede} no cenário 2 (ℓ/pes.d)	pes.	pessoa
$IP_{ED\ Rede\ Cx}$	indicador de produção <i>per capita</i> de ED _{Rede} do cenário em estudo (ℓ/pes.d)	Pop	população total (moradores e funcionários) do edifício (pes)
$IP_{ED\ Total}$	indicador de produção de ED _{Total} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	Pop_F	população de funcionários dos aps. (pes.)
$IP_{AC\ clara}$	indicador de produção de AC _{claras} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	Pop_M	população de moradores do edifício (pes.)
$IP_{AC\ clara\ Rede}$	indicador de produção de AC _{claras\ Rede} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	RA	reservatório de armazenameto
$IP_{AC\ escura}$	indicador de produção de AC _{escuras} <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	unid.	unidade
IP_{AN}	indicador de produção de AN <i>per capita</i> (ℓ/pes.d)	$V_{D,\ C4a}$	volume de água utilizado nas descargas das BSS no Cenário 4a (ℓ/d)
IR	impacto de redução do consumo de AP (%)	$V_{D,\ C5a}$	volume de água utilizado nas descargas das BS no Cenário 5a (ℓ/d)
IR_E	impacto de redução do lançamento de ED na rede (%)	$V_{D,\ U\ C4a}$	volume total de água utilizado nas descargas das BSS p/ urina no Cenário 4a (ℓ/d)
K	potássio	V_F	volume médio de fezes excretado por pes. por ato de excretar (ℓ)
ℓ	litro	V_U	volume médio de urina excretado por pes. por ato de urinar (ℓ)
ℓ/d	litros por dia	$V_{U\ estocado}$	volume de urina estocado no cenário 5a (ℓ/d)
ℓ/pes.d	litros por pessoa por dia	$V_{U\ Total}$	volume total de urina produzido no edifício por dia (ℓ/d)
m^3	metro cúbico	V_{U+A}	volume de urina e água estocado por dia no Cenário 4a (ℓ/d)
m^3/ano	metro cúbico por ano		
m^3/d	metro cúbico por dia		

6.4.1 Introdução

Os sistemas convencionais centralizados de saneamento, muito utilizados em países industrializados, produzem um fluxo linear de materiais em que ocorre a mistura do ciclo da água com o ciclo de alimentos, em que as águas residuárias e os nutrientes eliminados nas excretas humanas não têm valor significativo e, por isso, são descartados (ESREY *et al.*, 1998). Tais sistemas implicam elevados custos, impactos ambientais significantes, alto consumo de energia e, conseqüentemente, não representam uma solução sustentável de saneamento. Outra

desvantagem do sistema convencional são os grandes volumes de água utilizados para o transporte de resíduos nas redes coletoras. Segundo Silva & Mara (1979), 99,9% dos esgotos domésticos constituem-se de água, e 0,1%, de sólidos.

Embora a urina constitua menos de 1% das águas residuais domésticas (LARSEN *et al.*, 2001), nos sistemas convencionais de saneamento, é necessário o emprego de uma grande quantidade de água para seu carreamento. Em edifícios residenciais, dependendo do dispositivo de descarga existente, cerca de 19 a 100 litros de água *per capita* por dia (DZIEGIELEWSKI e KIEFER, 2010; GLEICK, 1996; CHEUNG *et al.*, 2009), o que corresponde a 20-27% do consumo de água interno de uma residência, são destinados apenas para a descarga das bacias sanitárias (OLIVEIRA, 2007; GLEICK, 1996; BARRETO, 2008; AGOSTINI, 2009; CHEUNG *et al.*, 2009).

Alternativas a tais sistemas convencionais devem ser consideradas e tornam-se cada vez mais imprescindíveis por motivos ecológicos, econômicos e sociais. Uma das principais questões propostas no âmbito do saneamento sustentável é a redução ao máximo do consumo de água potável para o transporte de excretas humanas (COHIM; KIPERSTOK, 2008). Nesse aspecto, as tecnologias de saneamento seco, as fontes alternativas de água e o reúso de água para usos não potáveis na escala das edificações residenciais são opções que despertam grande interesse.

A separação da urina na fonte tem sido proposta por diversos autores como uma opção promissora para introduzir o conceito de sustentabilidade à gestão das águas urbanas (LARSEN e GUJER, 1997; OTTERPOHL *et al.*, 1999; LARSEN *et al.*, 2001). A razão tradicional para a separação de urina é a reciclagem de nutrientes para a agricultura (LIENERT e LARSEN, 2006).

Ainda conforme Larsen e Gujer (1996) a urina contém a maior parcela dos nutrientes excretados pelo homem: cerca de 85-90% de nitrogênio (N), 50-80% de fósforo (P), e 80-90% de potássio (K). Na agricultura moderna, a reutilização dos nutrientes presentes na urina humana após tratamento pode substituir parcialmente os fertilizantes sintéticos (LIENERT e LARSEN, 2006).

A segregação da urina em edifícios, além de possibilitar o aproveitamento de nutrientes, representa uma significativa economia de água potável e, por isso mesmo, é uma solução bastante favorável do ponto de vista ambiental, pois resulta em significativa economia de água, de energia e redução de esgoto. Para a segregação, podem ser utilizadas bacias sanitárias com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina, mictórios secos ou com água. Segundo Zancheta (2007), para a segregação da urina e das fezes numa edificação, é necessário haver mudanças nos sistemas prediais, com a utilização de tubulações distintas que atendam as bacias sanitárias, de modo que uma seja para as águas negras, em que se incluem as águas marrons (fezes, água e papel higiênico) e urina, e outra, apenas, para as águas amarelas (urina e água, ou somente urina) – os dois tipos de águas serão conduzidos a reservatórios separados.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo estimar o potencial de conservação de água por meio do gerenciamento da urina humana em um edifício residencial multifamiliar dotado de reúso de águas cinza-claras, localizado em Vitória-ES, por meio da simulação de cenários, quantificando o impacto dessa medida de racionalização nos indicadores de consumo de água e produção de esgoto doméstico.

6.4.2 Material e métodos

O presente estudo foi realizado com base na análise de um edifício residencial multifamiliar de alto padrão, dotado de um sistema de reúso de água cinza para descarga das bacias sanitárias. O

edifício está localizado no bairro da Praia do Canto, em Vitória-ES, e sua ocupação foi iniciada em 2007. É dotado de 19 pavimentos: 01 subsolo, 01 pavimento térreo, 01 de pilotis e 17 pavimentos de apartamentos comum apartamento por andar. O edifício dispõe de medidas de uso racional de água como a medição individualizada e do uso de equipamentos economizadores, tais como bacia sanitária com caixa acoplada e arejadores nas torneiras. Possui, ainda, aquecimento de água coletivo e centralizado, realizado por meio de painéis solares instalados na cobertura.

São consideradas, neste trabalho, águas cinza-claras as provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas, e as provenientes de pia de cozinha e máquina de lavar louça, águas cinza-escuras. E foram denominadas águas negras as provenientes de bacias sanitárias, observando que quando há a utilização de mictórios secos, que segregam, dessa forma, a urina das fezes, as águas negras são divididas em águas marrons (fezes, água e papel higiênico) e amarelas (somente urina, ou mistura de urina e água). Com o intuito de se avaliar o potencial de conservação de água e redução de esgoto doméstico com a adoção de soluções alternativas como o uso da coleta segregada e/ou seca da urina humana no edifício, estudaram-se 5 (cinco) cenários de consumo de água e produção de esgoto e seus respectivos indicadores *per capita*.

6.4.2.1 descrição e montagem dos cenários

O Quadro 6 apresenta uma breve descrição dos cenários propostos.

Identificação	Descrição
Cenário 1	com reúso de águas cinza-claras (AC _{claras}) nas descargas de bacias sanitárias (BS)
Cenário 2	sem utilização de fontes alternativas de obtenção de água
Cenário 3	com reúso de AC _{claras} para descargas de BS, limpeza de área impermeabilizada e rega de jardim
Cenário 4	com coleta segregada da urina por meio do uso de bacia sanitária segregadora (BSS)
Cenário 4a	com coleta segregada da urina por meio do uso de BSS e desvio da urina para reservatório de armazenamento (RA) com potencial para o reúso agrícola
Cenário 4b	mescla do Cenário 4a com reúso de AC _{claras} nas descargas das BSS
Cenário 5	com coleta seca e segregada da urina humana por meio do uso de mictório seco unissex (MSU)
Cenário 5a	com coleta seca e segregada da urina por meio do uso de MSU e desvio da urina para RA com potencial para o reúso agrícola
Cenário 5b	mescla do Cenário 5a com reúso de AC _{claras} nas descargas das BS (no caso de defecação)

Quadro 6: Descrição dos cenários de consumo de água e produção de esgoto estudados.

6.4.2.1.1 cenário 1 – situação real

O Cenário 1 apresenta o consumo de água e a produção de esgoto doméstico da edificação na situação real, ou seja, com reúso de águas cinza nas descargas de bacias sanitárias. Os consumos de água e produções de esgoto, assim como os indicadores *per capita*, foram obtidos por meio do monitoramento diário, ou seja, por meio da leitura diária com início às 8 horas da manhã, de todos os medidores de água e esgoto instalados na edificação, no período de 10 dias. A metodologia de monitoramento do consumo de água foi a mesma descrita no item 6.1.2.1 e a de produção de esgoto no item 6.2.2.1 deste trabalho.

6.4.2.1.2 cenário 2 – o edifício convencional

O Cenário 2 apresenta o consumo de água e a produção de esgoto da edificação na situação sem reúso de águas cinza-claras nas descargas de bacias sanitárias. Esse cenário representa

um edifício convencional sem uso de fontes alternativas de água. Nessa situação, toda a água consumida na edificação é potável, fornecida pela concessionária. Portanto o consumo de água potável é igual ao consumo de água total do Cenário 1, e a produção de esgoto lançado na rede coletora é igual à produção de esgoto total do Cenário 1, ou seja, incluindo a parcela de águas-cinza claras que seriam reutilizadas no Cenário 1. A partir dos Cenários 1 e 2, foram calculados os consumos de água, a produção de esgoto lançado na rede coletora e os indicadores *per capita* dos demais cenários propostos.

6.4.2.1.3 cenário 3

Nesse cenário, foi proposto o reúso de águas cinza-claras para limpeza de área impermeabilizada e rega de jardim, além do reúso já existente na edificação para descarga das bacias sanitárias. Para tanto, foram calculadas as novas demandas não potáveis propostas por meio de entrevistas com funcionários do condomínio sobre a rotina de limpeza das áreas comuns do edifício e rega das áreas ajardinadas. Foram levantados dados de frequência de utilização de cada equipamento sanitário da área comum (como torneiras) utilizados na limpeza ou rega de jardim, o tempo de utilização e a vazão específica do equipamento. Para conhecimento da vazão fez-se a medição direta em reservatório de volume conhecido e mediu-se o tempo de enchimento do recipiente por meio de um cronômetro (Apêndices C e D).

A partir dos cálculos das novas demandas de água não potável, foi possível o cálculo do consumo de água de reúso por meio da Equação 27.

$$C_{AR\ C3} = C_{AR\ C1} + D_{AR\ Limpeza\ C3} + D_{AR\ Rega\ jardim\ C3} \quad (27)$$

Sendo:

- $C_{AR\ C3}$ é o consumo de água de reúso no Cenário 3 (ℓ/d);
- $C_{AR\ C1}$ é o consumo de água de reúso no Cenário 1 (ℓ/d);
- $D_{AR\ Limpeza\ C3}$ é a demanda de água de reúso para limpeza de área impermeabilizada (ℓ/d);
- $D_{AR\ Rega\ jardim\ C3}$ é a demanda de água de reúso para rega de área ajardinada (ℓ/d).

O consumo de água potável foi calculado a partir da Equação 28.

$$C_{AP\ C3} = C_{AP\ Aps.\ C1} + (C_{AP\ Condomínio\ C1} - D_{AR\ Limpeza\ C3} - D_{AR\ Rega\ jardim\ C3}) \quad (28)$$

Onde:

- $C_{AP\ C3}$ é o consumo de água potável no Cenário 3 (ℓ/d);
- $C_{AP\ Aps.\ C1}$ é o consumo de água potável dos apartamentos no Cenário 1 (ℓ/d);
- $C_{AP\ Condomínio\ C1}$ é o consumo de água potável da área comum do condomínio no Cenário 1 (ℓ/d);
- $D_{AR\ Limpeza\ C3}$ é a demanda de água de reúso para limpeza de área impermeabilizada (ℓ/d);
- $D_{AR\ Rega\ jardim\ C3}$ é a demanda de água de reúso para rega de área ajardinada (ℓ/d).

Nesse cenário, a produção total de águas cinza-claras ($P_{AC\ claras\ Total}$) permanece igual a $P_{AC\ claras\ Total}$ do Cenário 1, assim como a produção de águas negras (P_{AN}), de águas cinza-escuras ($P_{AC\ escuras}$) e de esgoto total ($P_{ED\ Total}$). A produção de águas cinza-claras lançadas na rede coletora de esgoto ($P_{AC\ claras\ Rede\ C3}$) e a do esgoto doméstico despejado na rede ($P_{ED\ Rede\ C3}$) foram calculadas a partir das Equações 29 e 30.

$$P_{AC\text{claras Rede } C3} = P_{AC\text{claras Total } C1} - C_{AR\ C3} \quad (29)$$

Onde:

- $P_{AC\text{claras Rede } C3}$ é a produção de águas cinza-claras lançadas na rede coletora no Cenário 3 (ℓ/d);
 $P_{AC\text{claras Total } C1}$ é a produção total de águas cinza-claras no Cenário 1 (ℓ/d);
 $C_{AR\ C3}$ é o consumo de água de reúso no Cenário 3 (ℓ/d).

$$P_{ED\text{Rede } C3} = P_{AC\text{clara Rede } C3} + P_{AC\text{Escuras } C1} + P_{AN\ C1} \quad (30)$$

Em que:

- $P_{ED\text{Rede } C3}$ é a produção de esgoto doméstico lançado na rede coletora no Cenário 3 (ℓ/d);
 $P_{AC\text{claras Rede } C3}$ é a produção de águas cinza-claras lançadas na rede coletora no Cenário 3 (ℓ/d);
 $P_{AC\text{Escuras } C1}$ é a produção de águas cinza-escuras no Cenário 1 (ℓ/d);
 $P_{AN\ C1}$ é a produção de águas negras no Cenário 1 (ℓ/d).

6.4.2.1.4 cenário 4

Neste cenário, propõe-se a coleta segregada da urina por meio da substituição das bacias sanitárias com caixa acoplada existentes por bacias sanitárias segregadoras, do tipo *Dubbletten* (Figura 57), e com duplo acionamento de descarga, 0,1 litro para urina e 4 litros para fezes (MROZOWSKI, 2011, mensagem pessoal). Essa bacia sanitária foi selecionada, por suas dimensões serem parecidas com a bacia sanitária existente na edificação.



Figura 57: Bacia sanitária segregadora com caixa acoplada e com duplo acionamento de descarga.
 Fonte: MROZOWSKI (2011), mensagem pessoal.

Sugere-se, neste cenário, que as águas amarelas, ou seja, a mistura de urina e água coletada pela bacia sanitária segregadora seja direcionada para um reservatório de armazenamento na própria edificação. As águas amarelas seriam recolhidas por caminhões-tanque e direcionadas para zonas rurais, onde seriam utilizadas como fertilizante. Foram propostas duas variações desse cenário: com e sem reúso de águas cinza-claras para descarga das bacias sanitárias segregadoras.

Cenário 4a – neste cenário, a bacia sanitária segregadora é alimentada com água potável. O consumo de água potável deste cenário foi calculado a partir da Equação 31.

$$C_{AP\ C4a} = C_{AP\ C1} + C_{BSS\ C4a} \quad (31)$$

Sendo:

- $C_{AP\ C4a}$ é o consumo de água potável no Cenário 4a (ℓ/d);
 $C_{AP\ C1}$ é o consumo de água potável no Cenário 1 (ℓ/d);
 $C_{BSS\ C4a}$ é o consumo de água potável das BSS no Cenário 4a (ℓ/d).

De acordo com Oliveira (2002), o consumo de água da bacia sanitária é a água utilizada na descarga mais a água desperdiçada através de perdas por vazamento. Portanto, foi acrescido ao volume de água a ser utilizada nas descargas das bacias sanitárias segregadoras um potencial de perdas de 10% (GONÇALVES *et al.*, 2006), conforme apresenta a Equação 32.

$$C_{BSS\ C4a} = 1,1(V_{D.C4a}) \quad (32)$$

Onde:

- $C_{BSS\ C4a}$ é o consumo de água das BSS no Cenário 4a (ℓ/d);
 $V_{D.C4a}$ é o volume de água utilizado nas descargas das BSS no Cenário 4a (ℓ/d).

A partir dos volumes nominais de descarga de 0,1 litro para carrear urina e 4 litros para carrear fezes, da população do edifício e das médias de frequência de utilização da bacia sanitária por moradores e funcionários (para urinar e defecar), foi calculado o volume de água utilizado nas descargas das bacias sanitárias segregadoras (BSS) a partir da Equação 33. Foram adotados os valores de frequência descritos no item 6.2.3.1.1 deste trabalho. Considerou-se o volume de urina excretado durante a defecação e o fato de que, também, nessa situação, as duas descargas da bacia sanitária são acionadas.

$$V_{D.C4a} = [D_{0,1\ell} \times (F_{UMor} + 1) \times Pop_M] + [D_{0,1\ell} \times (F_{UFun} + 1) \times Pop_{Fun}] + (D_{4\ell} \times Pop) \quad (33)$$

Em que:

- V_{DC4a} é o volume de água utilizado nas descargas das BSS no Cenário 4a (ℓ/d);
 $D_{0,1\ell}$ é o volume nominal de descarga de 0,1 litro utilizado para carreamento da urina (ℓ);
 F_{UMor} é a frequência diária de uso da BSS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d);
 Pop_M é a população de moradores do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes).
 F_{UFun} é a frequência diária de uso da BSS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d);
 Pop_F é a população de funcionários do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes);
 $D_{4\ell}$ é o volume nominal de descarga de 4 litros utilizado para carreamento de fezes (ℓ);
 Pop é a população do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes).

A produção do esgoto doméstico (ED) lançado na rede coletora foi calculada a partir da Equação 34.

$$P_{ED\ Rede\ C4a} = P_{AC\ claras\ Total\ C1} + P_{AC\ Escura\ C1} + P_{AM\ C4a} \quad (34)$$

Onde:

- $P_{ED\ Rede\ C4a}$ é a produção de ED lançado na rede coletora no Cenário 4a (ℓ/d);
 $P_{AC\ claras\ Total\ C1}$ é a produção total de AC_{claras} do Cenário 1 (ℓ/d);
 $P_{AC\ Escura\ C1}$ é a produção de águas cinza-escuras do Cenário 1;
 $P_{AM\ C4a}$ é a produção de águas marrons no Cenário 4a.

A produção de águas marrons no Cenário 4a foi calculada a partir da Equação 35.

$$P_{AMC4a} = (D_{4\ell} \times Pop) + (V_F \times Pop) \quad (35)$$

Onde:

- P_{AMC4a} é a produção de águas marrons no Cenário 4a (ℓ/d);
- $D_{4\ell}$ é o volume nominal de descarga de 4 litros utilizado para carreamento de fezes (ℓ);
- V_F é o volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de defecar (ℓ);
- Pop é a população do edifício obtida no Cenário 1 (pes).

O volume de águas amarelas, ou seja, de urina e água estocado por dia, nesse cenário foi calculado a partir da Equação 36, em que também foi considerado o percentual de perda de água por vazamento nas BSS de 10%.

$$V_{U+A} = 1,1V_{D.UC4a} + V_{UTotal} \quad (36)$$

Sendo:

- V_{U+A} é o volume de urina e água estocado por dia no Cenário 4a (ℓ/d);
- $V_{D.UC4a}$ é o volume total de água utilizado nas descargas das BSS p/ urina no Cenário 4a (ℓ/d);
- V_{UTotal} é o volume total de urina produzido no edifício por dia (ℓ/d).

O volume de descarga acionada para carreamento da urina foi calculado a partir da Equação 37.

$$V_{D.UC4a} = [D_{0,1\ell} \times (F_{UMor} + 1) \times Pop_M] + [D_{0,1\ell} \times (F_{UFun} + 1) \times Pop_{Fun}] \quad (37)$$

Em que:

- $V_{D.UC4a}$ é o volume total de água utilizado nas descargas das BSS p/ urina no Cenário 4a (ℓ/d);
- $D_{0,1\ell}$ é o volume nominal de descarga de 0,1 litro utilizado para carreamento da urina (ℓ);
- F_{UMor} é a frequência diária de uso da BSS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d);
- Pop_M é a população de moradores do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes);
- F_{UFun} é a frequência diária de uso da BSS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d);
- Pop_F é a população de funcionários do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes).

O volume de urina excretado por dia no edifício foi obtido por meio da Equação 38.

$$V_{UTotal} = [V_U \times (F_{UMor} + 1) \times Pop_M] + [V_U \times (F_{UFun} + 1) \times Pop_F] \quad (38)$$

Onde:

- V_{UTotal} é o volume total de urina produzido no edifício por dia (ℓ/d);
- V_U é o volume médio de urina excretado por pessoa por ato de urinar (ℓ);
- F_{UMor} é a frequência diária de uso da BSS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d);
- Pop_M é a população de moradores do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes);
- F_{UFun} é a frequência diária de uso da BSS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d);
- Pop_F é a população de funcionários do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes).

Cenário 4b – mescla do cenário 4a com reúso de águas cinza-claras para descarga nas bacias sanitárias. O consumo de água potável desse cenário é o mesmo do Cenário 1. O consumo de água de reúso nesse cenário equivale ao consumo de água das bacias sanitárias no Cenário

4a. A produção de esgoto lançado na rede coletora neste cenário é diferente do cenário 4a e foi calculada a partir da Equação 39.

$$P_{ED\text{ RedeC4b}} = P_{ED\text{ RedeC4a}} - C_{BSSC4a} \quad (39)$$

Onde:

- $P_{ED\text{ RedeC4b}}$ é a produção de esgoto lançado na rede no Cenário 4b (ℓ/d);
 $P_{ED\text{ RedeC4a}}$ é a produção de esgoto lançado na rede no Cenário 4a (ℓ/d);
 C_{BSSC4a} é o consumo de água das bacias sanitárias no Cenário 4a (ℓ/d).

6.4.2.1.5 cenário 5

Nesse cenário, propõe-se a coleta seca e segregada da urina por meio da instalação de mictórios unissex secos (Figura 58) dotados de um dispositivo com selo oleoso nos banheiros (Figura 59), em conjunto com a bacia sanitária existente. Considerou-se que a bacia sanitária, nesse cenário, seria utilizada somente para defecação, dotando de um volume de descarga de 6,8 litros. Nesse mictório, a urina passa, por ação da gravidade, por um dispositivo dotado de um selo líquido composto por uma substância oleosa odorante e biodegradável que funciona como uma barreira.



Figura 58: Mictório seco unissex.
 Fonte: <http://www.uridan.com/default.asp>

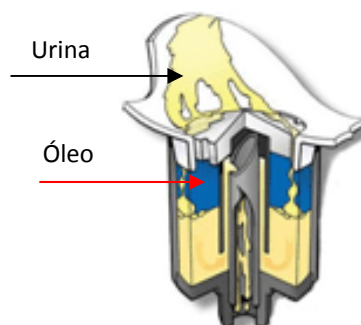


Figura 59: Dispositivo com selo oleoso.
 Fonte: <http://www.uridan.com/default.asp>

Sugere-se, nesse cenário, que as águas amarelas (urina) coletadas pelo mictório unissex seco seja direcionada para um reservatório de armazenamento de urina na própria edificação. As águas amarelas armazenadas seriam recolhidas por caminhões-tanque e direcionadas para zonas rurais, onde seria utilizada como fertilizante. Foram propostas duas variações desse cenário: com e sem reúso de águas cinza-claras para descarga das bacias sanitárias.

Cenário 5a – nesse cenário, a bacia sanitária é alimentada com água potável. O consumo de água potável desse cenário foi calculado a partir da Equação 40.

$$C_{AP\ C5a} = C_{AP\ C1} + C_{BS\ C5a} \quad (40)$$

Onde:

- $C_{AP\ C5a}$ é o consumo de água potável no Cenário 5a (ℓ/d);
 $C_{AP\ C1}$ é o consumo de água potável no Cenário 1 (ℓ/d);
 $C_{BS\ C5a}$ é o consumo de água potável das bacias sanitárias no Cenário 5a (ℓ/d).

Considerando-se o potencial de perdas de água por vazamento, o consumo de água da bacia sanitária foi calculado a partir da Equação 41.

$$C_{BS C5a} = 1,1(V_{D.C5a}) \quad (41)$$

Sendo:

- $C_{BS C5a}$ é o consumo de água das bacias sanitárias no Cenário 5a (ℓ/d);
 $V_{D.C5a}$ é o volume de água utilizado nas descargas das BS no Cenário 5a (ℓ/d).

Nesse cenário, a bacia sanitária é utilizada somente para defecação, portanto o volume de água utilizado nas descargas das bacias sanitárias corresponde ao volume necessário para afastamento das fezes e foi calculado a partir da Equação 42. Assumiu-se um volume de descarga da bacia sanitária com caixa acoplada igual a 6,8 litros (ALVES *et al.*, 2006; ILHA *et al.*, 2002).

$$V_{D.C5a} = Pop \times 6,8 \quad (42)$$

Em que:

- $V_{D.C5a}$ é o volume de água utilizado nas descargas das BS no Cenário 5a (ℓ/d);
 Pop é a população do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes).

A produção de esgoto doméstico despejado na rede coletora de esgoto ($P_{ED Rede C5a}$) foi calculada a partir da Equação 43.

$$P_{ED Rede C5a} = P_{AC claras Total C1} + P_{ACEscuras C1} + P_{AM C5a} \quad (43)$$

Onde:

- $P_{ED Rede C5a}$ é a produção de esgoto lançado na rede no Cenário 5a (ℓ/d);
 $P_{AC claras Total C1}$ é a produção total de águas cinza-claras no Cenário 1 (ℓ/d);
 $P_{ACEscuras C1}$ é a produção de águas cinza-escuras no Cenário 1 (ℓ/d);
 $P_{AM C5a}$ é a produção de águas marrons no Cenário 5a (ℓ/d).

A produção de águas marrons no Cenário 5a foi calculada a partir da Equação 44. Foram adotados os valores de frequência e volumes de fezes e urina descritos no item 6.2.3.1.1 deste trabalho. Considerou-se o volume de urina excretado durante a defecação.

$$P_{AM.C5a} = C_{BS C5a} + [(V_F + V_U)Pop] \quad (44)$$

Sendo:

- $P_{AM C5a}$ é a produção de águas marrons no Cenário 5a (ℓ/d);
 $C_{BS C5a}$ é o consumo de água das bacias sanitárias no Cenário 5a (ℓ/d);
 V_U é o volume médio de urina excretado por pessoa por ato de urinar (ℓ);
 V_F é o volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de excretar (ℓ);
 Pop é a população do edifício obtida no Cenário 1 (pes).

O volume de urina estocado nesse cenário foi calculado a partir da Equação 45 e corresponde a produção de águas amarelas (P_{AA}) produzidas por dia. Só foi considerado o volume de urina excretado no mictório. Não foi considerado o volume de urina excretado junto com as fezes.

$$V_{U \text{ Estocado}} = (F_{U \text{ Mor}} \times V_U \times Pop_M) + (F_{U \text{ Fun}} \times V_U \times Pop_F) \quad (45)$$

Onde:

$V_{U \text{ Estocado}}$	é o volume de urina estocado no cenário 5a (ℓ/d);
$F_{U \text{ Mor}}$	é a frequência diária de uso da BS p/ urinar por morador na residência (vezes/morador/d);
V_U	é o volume médio de urina excretado por pessoa por ato de urinar (ℓ);
Pop_M	é a população de moradores do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes).
$F_{U \text{ Fun}}$	é a frequência diária de uso da BS p/ urinar por funcionário no trabalho (vezes/funcionário/d);
Pop_F	é a população de funcionários do edifício monitorado obtida no Cenário 1 (pes);
V_F	é o volume médio de fezes excretado por pessoa por ato de excretar (ℓ).

Cenário 5b – mescla do cenário 5a com reúso de águas cinza-claras para descarga nas bacias sanitárias. O consumo de água potável desse cenário é o mesmo do Cenário 1. O consumo de água de reúso nesse cenário equivale ao consumo de água das bacias sanitárias no Cenário 5a. A produção de esgoto lançado na rede coletora neste cenário foi calculada a partir da Equação 46.

$$P_{ED \text{ RedeC5b}} = P_{ED \text{ RedeC5a}} - C_{BS \text{ C5a}} \quad (46)$$

Onde:

$P_{ED \text{ RedeC5b}}$	é a produção de esgoto lançado na rede no Cenário 5b (ℓ/d);
$P_{ED \text{ RedeC5a}}$	é a produção de esgoto lançado na rede no Cenário 5a (ℓ/d);
$C_{BS \text{ C5a}}$	é o consumo de água das bacias sanitárias no Cenário 5a (ℓ/d).

O volume de urina estocado no reservatório de armazenamento nesse cenário é equivalente ao do Cenário 5a.

6.4.2.2 Impacto de redução no consumo de água potável e na produção de esgoto lançado na rede

A redução do consumo de água proveniente da utilização do reúso e/ou gerenciamento da urina estudados foi obtida por meio dos indicadores *per capita* de consumo de água calculados em cada cenário, em comparação com o indicador do cenário 2 (edifício convencional). Portanto o impacto de redução do consumo de água potável foi calculado conforme a Equação 47.

$$IR = \frac{IC_{APC2 \text{ per capita}} - IC_{APCx \text{ per capita}}}{IC_{APC2 \text{ per capita}}} \times 100 \quad (\%) \quad (47)$$

Em que:

IR	é o impacto de redução do consumo de água potável (%);
------	--

$IC_{APC2 \text{ per capita}}$ é o indicador de consumo *per capita* de água potável do Cenário 2 (ℓ/pes.d);
 $IC_{APCx \text{ per capita}}$ é o indicador de consumo *per capita* de água potável do Cenário em estudo (ℓ/pes.d).

Para avaliar o impacto de redução do esgoto doméstico lançado na rede coletora em cada cenário, foi considerado o indicador de produção *per capita* de esgoto doméstico calculado em cada cenário, em comparação com o indicador do cenário 2 (edifício convencional). O impacto de redução foi calculado conforme a Equação 48.

$$IR_E = \frac{IP_{ED \text{ Re de } C2} - IP_{ED \text{ Rede } Cx}}{IP_{ED \text{ Total } C2}} \times 100 \quad (\%) \quad (48)$$

Sendo:

IR_E é o impacto de redução do lançamento de ED na rede (%);
 $IP_{ED \text{ Rede } C2}$ é o indicador de produção *per capita* de ED_{Rede} no cenário 2 (ℓ/pes.d);
 $IP_{ED \text{ Rede } Cx}$ é o indicador de produção *per capita* de ED_{Rede} do cenário em estudo (ℓ/pes.d).

6.4.3 Resultados e discussão

A Tabela 28 apresenta o consumo médio diário de água potável (AP), de água de reúso (AR) e de água total (AT) de cada cenário estudado, além da economia de água potável e da redução da demanda por água, em percentuais, quando comparados ao cenário convencional (2). O cenário 1 representa a condição atual de consumo de água do edifício, e o cenário 2 representa o edifício convencional sem utilização de fontes alternativas de água, sendo esta a referência para comparações com os demais cenários.

Tabela 28: Consumos de água em cada cenário.

	AP (ℓ/d)	AR (ℓ/d)	AT (ℓ/d)	Redução de AP (%)	Redução da demanda AT (%)
Cenário 1	12,50	1,33	13,83	10	0
Cenário 2	13,83	-	13,83	-	-
Cenário 3	11,56	2,26	13,83	16	0
Cenário 4					
Cenário 4a	12,76	-	12,76	8	8
Cenário 4b	12,50	0,26	12,76	10	8
Cenário 5					
Cenário 5a	12,90	-	12,90	7	7
Cenário 5b	12,50	0,40	12,90	10	7

Observou-se que, em relação ao cenário convencional (cenário 2), por meio da simulação dos consumos de água, a redução pode chegar a até 16% em relação ao consumo de água potável total e a 8% em relação à redução da demanda por água total da edificação.

No cenário 3, foi proposta a adoção do reúso de águas cinza para descargas das bacias sanitárias, para limpeza de área pavimentada e para rega de jardim, o que proporciona uma economia de 16% no consumo de água potável, máxima redução obtida. Entretanto essa redução foi somente em relação à água potável, pois, nesse cenário, só se propõe o uso de fontes alternativas, o que não reduz a demanda de água do edifício, que é de 13,83 m³/d. Agostini (2009) verificou um consumo *per capita* de água de reúso um pouco maior (64 ℓ/pes.d), num estudo em uma edificação semelhante, onde o reúso de águas cinza é

destinado aos mesmos usos não potáveis desse cenário. O menor consumo obtido no cenário em questão pode ser explicado pelo fato de a edificação em estudo possuir uma menor área ajardinada e uma menor área comum e necessitar, portanto, de menos água para as atividades de rega de jardim e limpeza.

A Figura 60 apresenta o conceito de gerenciamento segregado da urina humana no edifício proposto para o cenário 4a, por meio do uso de bacias sanitárias segregadoras.

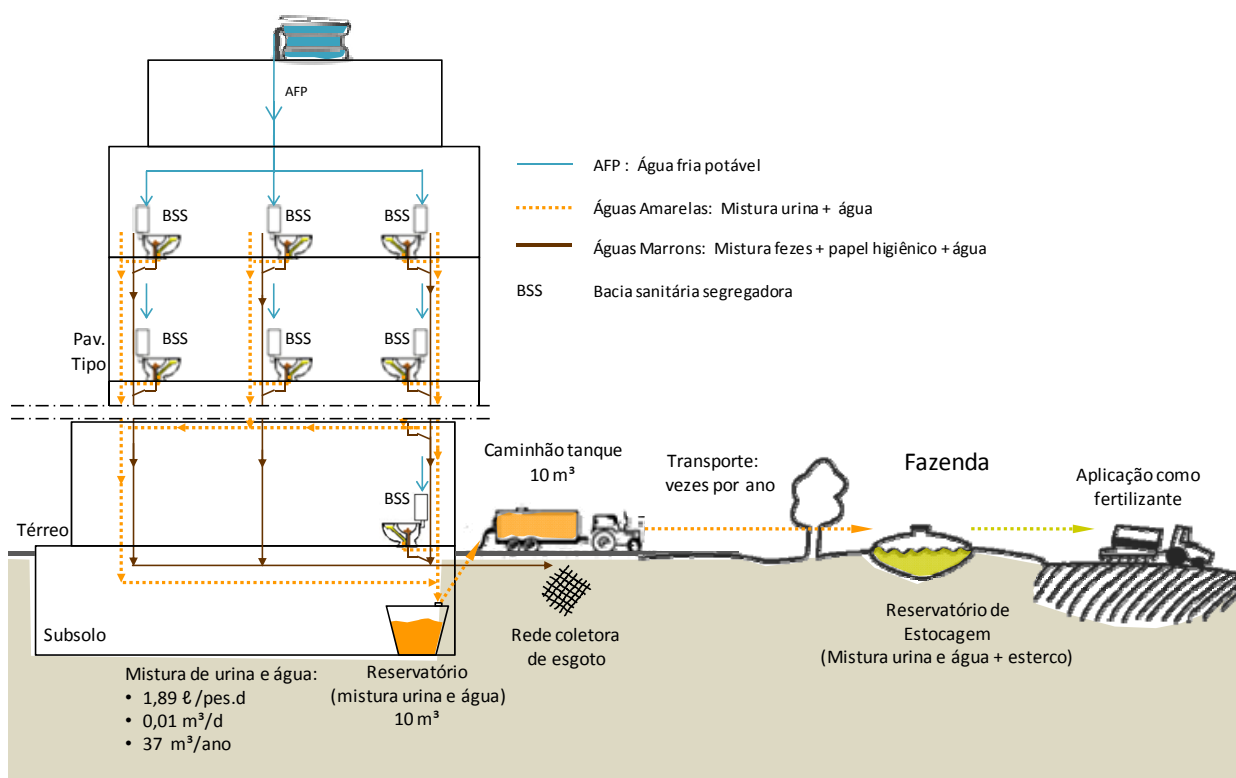


Figura 60: Desenho esquemático do gerenciamento segregado da urina humana no edifício.

Com a proposta de coleta segregada da urina no cenário 4a, por meio da substituição das bacias sanitárias com caixa acoplada existentes no edifício por bacias sanitárias segregadoras, do tipo *Dubblotten*, e com duplo acionamento de descarga, 0,1 litro para urina e 4 litros para fezes, foi possível uma redução de 1,07m³ de água por dia, o que representa uma redução de 8% em relação ao consumo de água total do edifício. Se, a esse cenário, fosse acrescentada a adoção de água de reúso (Cenário 4b), o potencial de conservação de água potável possível de ser atingido seria de 10%.

A Figura 61 apresenta os indicadores *per capita* de consumo de água de cada cenário e os respectivos percentuais de redução. Nos cenários 4a e 5a, foram propostas ações de uso racional de água (enfoque na demanda), por meio do uso de equipamentos economizadores, visando-se à otimização em busca do menor consumo de água. Nos cenários 2 e 3, foram recomendadas ações sobre a oferta de água, por meio do uso de fontes alternativas como o reúso de águas cinza, empregando-se água “menos nobre” para fins “menos nobres”. Já nos cenários 4b e 5b, foram indicadas ações de conservação de água, ou seja, otimização da demanda somada à implementação de ofertas alternativas de água.

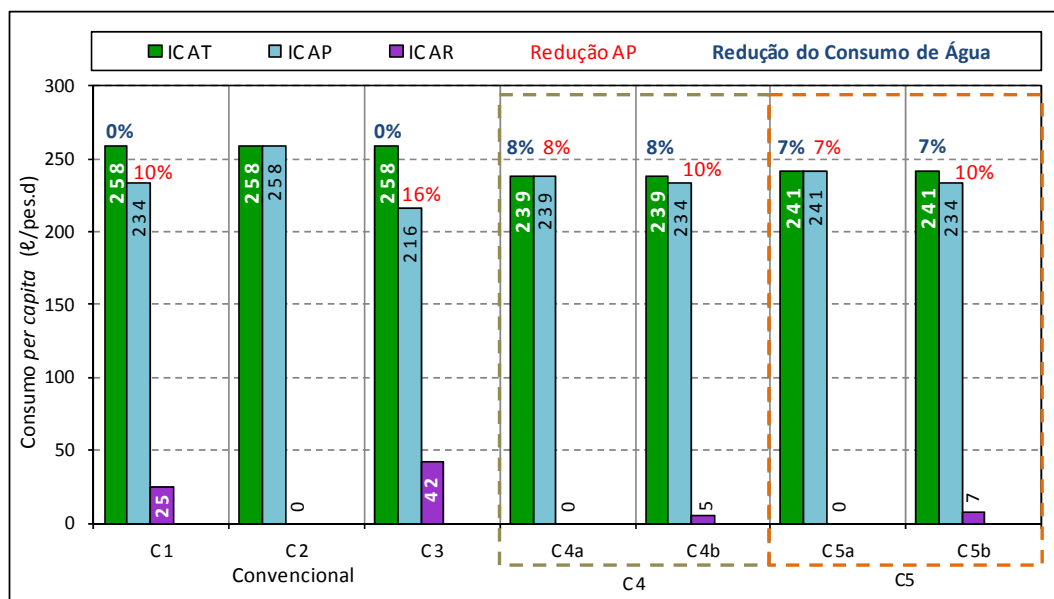


Figura 61: Indicadores *per capita* de consumo de água em cada cenário.

Dentre as possibilidades estudadas, a que apresentou um melhor desempenho, em termos de uso racional de água, foi a do cenário 4, com o uso da bacia sanitária segregadora. Esse cenário apresentou o menor consumo *per capita* de água total (239 l/pes.d). O que apresentou uma melhor otimização sobre a oferta de água foi o cenário 3, com uma média *per capita* de consumo de água potável de 216 l/pes.d, o que representa o cenário de menor consumo de AP.

A Figura 62 apresenta os consumos *per capita* das bacias sanitárias em cada cenário e os percentuais de redução do consumo de água.

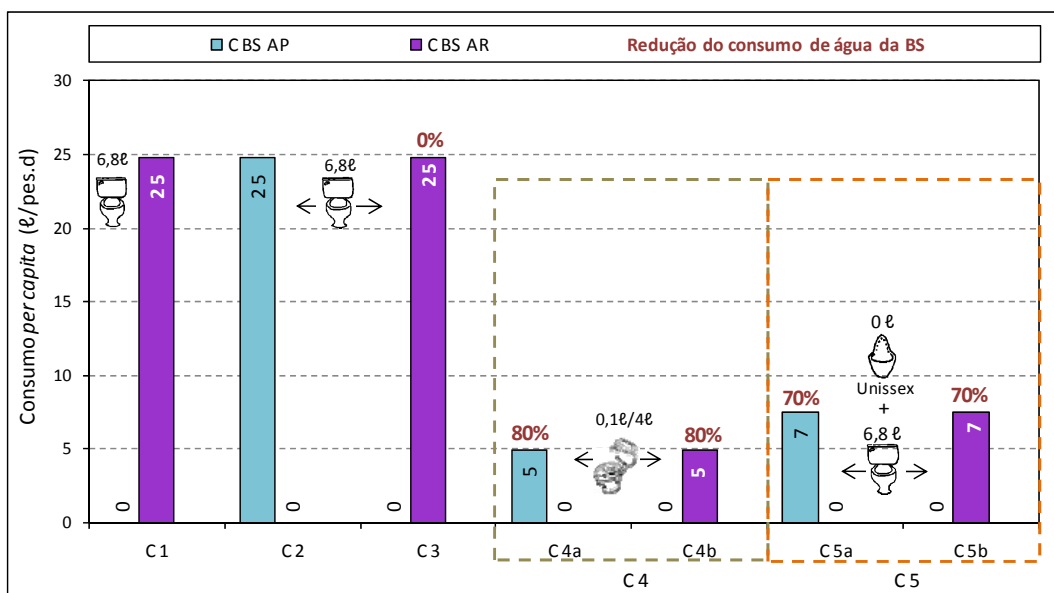


Figura 62: Indicadores *per capita* de consumo de água das bacias sanitárias em cada cenário.

No cenário 4, a adoção da bacia sanitária segregadora com caixa acoplada e dispositivo de descarga com duplo acionamento (0,1l/4l) proporcionou uma redução de 80% no consumo de água da bacia sanitária, em comparação com o sistema de 6,8 litros. De acordo com Johansson *et al.* (2001), a quantidade de água economizada com a separação da urina na fonte varia de 5 a 40l/pes.d, dependendo dos hábitos individuais, da cultura da região e da estrutura sanitária do banheiro. Nesse cenário, o consumo *per capita* de água da bacia sanitária de 25 l/pes.d passou

para 5 ℓ/pes.d, ou seja, uma redução de 20 ℓ/pes.d, o que está dentro da quantidade mencionada por Johansson *et al.* (2001).

No cenário 5, em que foi proposta a introdução de mictórios unissex secos em conjunto com o uso da bacia sanitária com volume de descarga de 6,8 litros (a existente) para defecar, a redução do consumo de água foi de 70% em relação ao cenário 2 com sistema de descarga de 6,8 litros. A Figura 63 apresenta o conceito de gerenciamento seco e segregado da urina humana no edifício realizado através do mictório seco unissex.

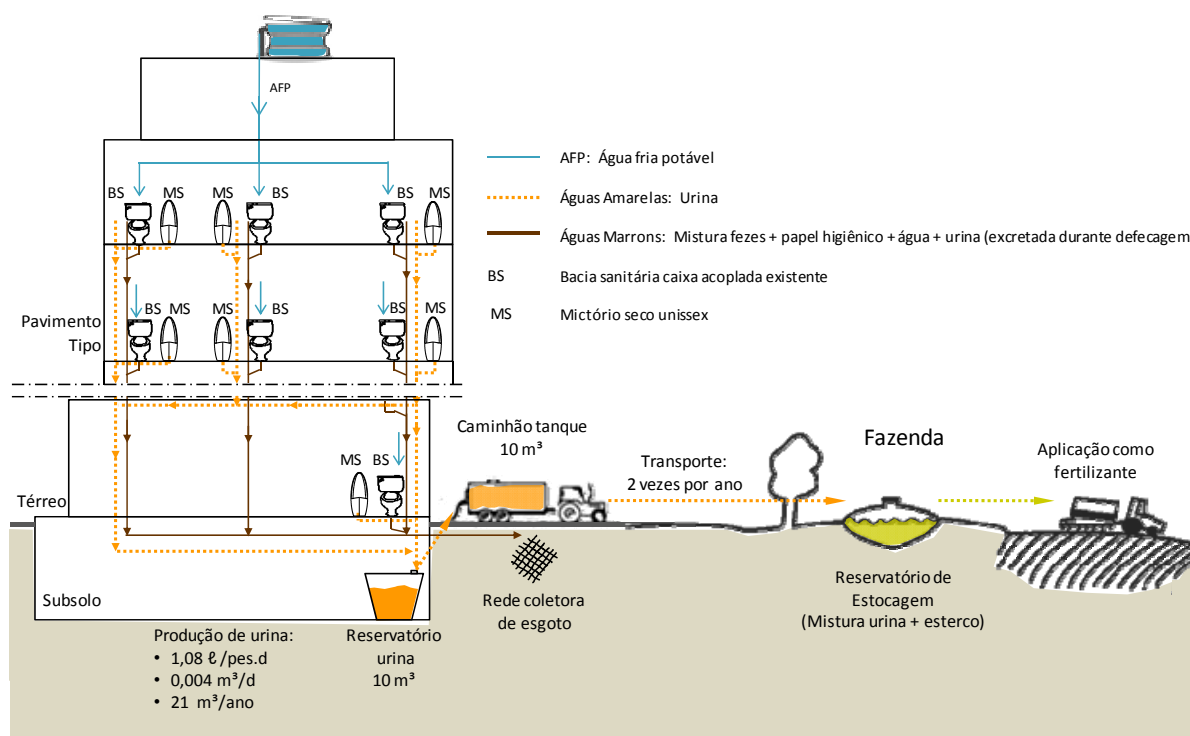


Figura 63: Desenho esquemático do gerenciamento seco e segregado da urina humana no edifício.

A Tabela 29 apresenta a produção de águas cinza-claras lançadas na rede coletora ($AC_{\text{claras Rede}}$), de águas cinza-escuras (AC_{Escuras}), águas negras (AN), de águas marrons (AM), de águas amarelas estocadas (AA) e de esgoto doméstico lançado na rede coletora (ED_{Rede}) e dos percentuais de redução do esgoto em cada cenário.

Tabela 29: Produção de águas residuárias em cada cenário.

	$AC_{\text{claras Rede}}$ (m³/d)	AC_{Escuras} (m³/d)	AA (m³/d)	AM (m³/d)	AN (m³/d)	ED_{Rede} (m³/d)	Redução ED_{Rede} (%)
Cenário 1	7,91	2,70			1,49	12,10	9,9
Cenário 2	9,24	2,70			1,49	13,43	
Cenário 3	6,98	2,70			1,49	11,16	16,9
Cenário 4a	9,24	2,70	0,10*	0,25	0,25	12,20	9,3
Cenário 4b	8,97	2,70	0,10*	0,25	0,25	11,92	11,2
Cenário 5a	9,24	2,70	0,06**	0,43	0,43	12,36	7,9
Cenário 5b	8,84	2,70	0,06**	0,43	0,43	11,96	10,9

* mistura de água e urina. ** somente urina

Observou-se que, em relação ao cenário convencional, com base na simulação das produções de águas residuárias, a redução de esgoto lançado na rede coletora pode chegar a até 16% em relação à produção de esgoto lançado na rede coletora no cenário 2. Essa situação ocorre no cenário 3, em que se propõe o reúso para descarga de bacias sanitárias, rega de jardim e limpeza de área pavimentada.

No cenário 4, propõem-se a instalação de bacias sanitárias segregadoras e desvio da mistura de urina e água para um reservatório de armazenamento, com vistas ao reúso agrícola. Com essa alternativa, é possível obter uma redução do esgoto lançado na rede coletora de aproximadamente 9%. Se, a esse cenário, for adicionado o reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, esse percentual atinge 11%, o que equivale a uma redução em torno de 45 m³ por mês.

Nos cenários 4a e 4b, em que há a estocagem das águas amarelas (mistura de urina e água) com vistas ao reúso agrícola, verificou-se uma produção de 100 litros por dia na edificação. Em um ano, essa produção atingiria 36.938 litros. Se a urina fosse estocada em um reservatório de 10.000 litros e a capacidade do caminhão-tanque que transportaria essa urina para as zonas rurais também fosse de 10.000 litros, seria necessário que o reservatório de armazenamento de urina fosse esvaziado 4 vezes ao ano, o que resultaria em um período de armazenamento de 3 meses.

Nos cenários 5a e 5b, também há a segregação da urina das fezes mediante o uso de mictórios secos unissex. Verificou-se, nesses cenários, uma produção de 40 litros de urina por dia na edificação, 60 litros a menos que a dos cenários 4a e 4b. Isso é explicado pelo fato de, no cenário com o mictório, o carreamento da urina ser realizado sem a utilização de água, enquanto que, no cenário em que se propõe o uso de bacia sanitária segregadora, o afastamento da urina é realizado com 0,1 litro de água. A produção anual de urina nos cenários 5a e 5b seria de aproximadamente 21 mil litros, o que reduziria os custos com transporte da urina para as zonas rurais, em relação aos cenários 4a e 4b, pois seriam necessárias, apenas, 2 viagens ao ano, se fosse utilizado um reservatório de armazenamento de 10.000 litros.

A Figura 64 apresenta os indicadores *per capita* de produção de águas residuárias de cada cenário e os respectivos percentuais de redução do lançamento de esgoto na rede coletora quando comparados com o cenário convencional (2).

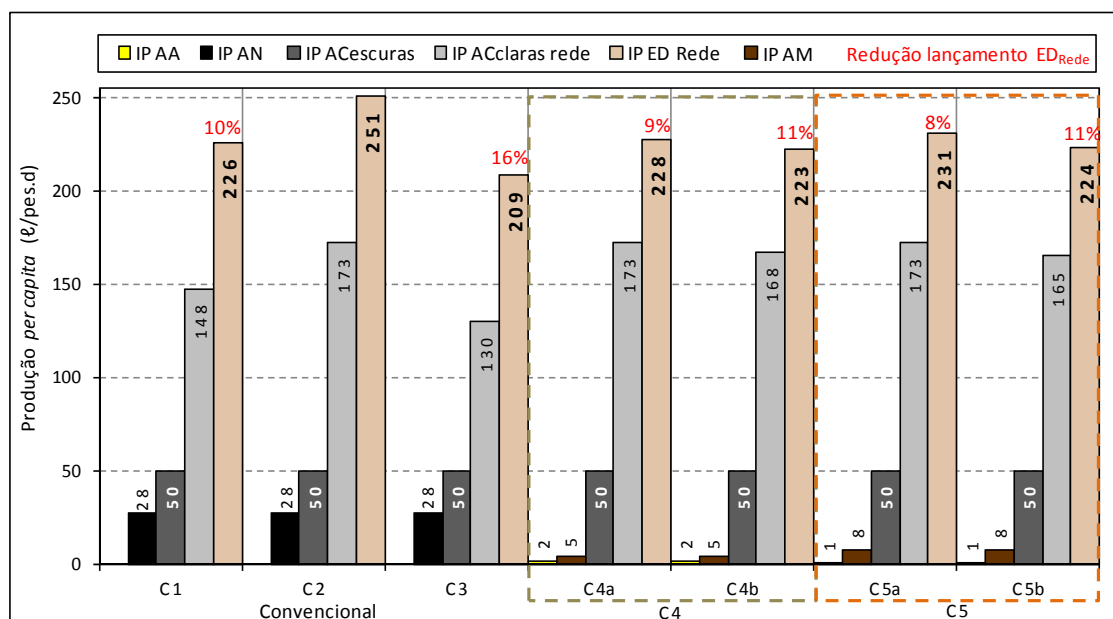


Figura 64: Indicadores *per capita* de produção de águas residuárias em cada cenário.

Como nos cenários 4 e 5 não há produção de águas negras, pode-se verificar a produção de águas marrons *per capita* de apenas 5€/pes.d e 8€/pes.d, respectivamente. Cabe salientar que, nesses cenários, foi proposta a estocagem das águas amarelas (urina no caso do cenário 5a e mistura de urina e água no caso do cenário 4) com vistas ao reúso agrícola. Observou-se, também, que, em

relação ao cenário convencional (cenário 2), por meio da simulação das produções de águas residuárias, a redução de lançamento do ED na rede coletora pode chegar a até 16%.

A Tabela 30 apresenta um resumo dos cenários propostos e sintetiza as reduções passíveis de serem obtidas com a implementação dos cenários considerados.

Tabela 30: Reduções de consumo de água e produção de esgoto previstas nos cenários

Identificação	Descrição	Redução AP (%)	Redução da demanda AT (%)	Redução ED _{Rede} (%)
Cenário 1	Situação real c/ reúso de água p/descarga das BS	10	0	10
Cenário 2	Convencional	-	-	-
Cenário 3	Reúso p/ descarga, rega de jardim e limpeza de área comum	16	0	17
Cenário 4				
Cenário 4a	BS segregadora com sistema dual de descarga 0,1/4 ℓ e estocagem da urina com vistas ao reúso agrícola	8	8	9
Cenário 4b	4a + reúso para descarga	10	8	11
Cenário 5				
Cenário 5a	Mictório seco unissex (urina) e BS convencional (fezes) e estocagem da urina com vistas ao reúso agrícola	7	7	8
Cenário 5b	5a + reúso para descarga	10	7	11

6.4.4 Conclusão

1. Se a AR for utilizada além da descarga, para rega de jardim e limpeza de área impermeabilizada, a economia de AP pode chegar a 16% no edifício em estudo;
2. Dentre as possibilidades analisadas, a que apresentou um melhor desempenho em termos de uso racional de água foi a proposta do uso da bacia sanitária segregadora – esse cenário apresentou redução na demanda por água total da edificação em torno de 8%;
3. A adoção da bacia sanitária segregadora com caixa acoplada e dispositivo de descarga com duplo acionamento (0,1/4 ℓ) proporcionou uma redução de 80% no consumo de água da bacia sanitária, em comparação com o sistema de 6,8 litros de descarga existente na edificação;
4. A introdução de mictórios unissex secos em conjunto com o uso da bacia sanitária com volume de descarga de 6,8 litros (a existente) para defecar permitiria uma redução do consumo de água de 70% em relação ao uso somente do sistema de descarga de 6,8 litros;
5. Uma redução de cerca de 16% de esgoto doméstico lançado na rede coletora pode ser obtida da prática do reúso de águas cinza para descarga de bacias sanitárias, rega de jardim e limpeza de área pavimentada;
6. Com este trabalho verificou-se que dentro das opções inovadoras de conservação de água propostas nos cenários, a que apresentou maior potencial de redução do consumo de água potável e consequente redução de esgoto lançado na rede coletora foi o reúso de águas cinza proposto no Cenário 3, o que demonstrou a importância do incremento da água de reúso em edifícios para conservação de água potável.

6.4.5 Referências Bibliográficas

- AGOSTINI, R. S.; Dos; de. **Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão**. 2009. 69 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.
- ALVES, W. C.; ROCHA, A. L.; GONÇALVES, R. F. Aparelhos sanitários economizadores. In: GONÇALVES, R. Franci (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 267-321.
- BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr.-jun. 2008.
- CHEUNG, P. B.; *et al.* Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98.
- COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Racionalização e reúso de água intradomiciliar. Produção limpa e ecossaneamento. In: KIPERSTOK, A. (Org.) **Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia**. Salvador: UFBA, 2008.
- DZIEGIELEWSKI, B.; KIEFER, J. C. **Water conservation measurement metrics: Guidance Report**. American Water Works Association Research Foundation (AWWA), 2010. Disponível em: <<http://www.awwa.org>>. Acesso em: 9 fev. 2011.
- ESREY, S. A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M.; VARGAS, J.; WINBLAD, U. (1998). **Ecological sanitation**. Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm. Disponível em: <<http://www.ecosanres.org>>. Acesso em: 09 fev. 2011.
- GLEICK, P. H., 1996. Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. **Water International**, 21, p. 83-92. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd17/basic_wate.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2011.
- GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI, L. S. Gerenciamento de águas cinza. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 153-222.
- GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Vitória: ABES, 2006, p. 1-28.
- ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA JUNIOR, O. B. de. Avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 47-61, 2002.
- JOHANSSON, M.; *et al.* **Urine separation – closing the nutrient cycle**. Verna Ecology. Stockholm, 2001.
- LARSEN, T. A.; PETERS, I.; ALDER, A.; EGGEN, R.; MAUREN, M.; MUNCKE, J. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. **Environmental science & technology**, Suíça, v. 35, n. 9, p. 192-197, 2001.
- LARSEN, T. A.; GUJER, W.. The concept of sustainable urban water management. **Water science & technology**. v. 35, n. 9, p. 3-10, 1997.

_____. Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine), **Water science & technology**, v. 34 , p. 87-94, 1996.

LIENERT, J.; LARSEN, T. Introducing urine separation in Switzerland: NOVAQUATIS, an interdisciplinary research project. **In:** 2nd International symposium on ecological sanitation, 2003.

_____. Considering user attitude in early development of environmentally friendly technology: a case study of no mix toilets. **Environmental science & technology**, v. 40, p. 4838-4844, 2006.

MROZOWSKI, B. B. The original is the best! DUBBLETT-SYSTEMET. BB Innovation & Co AB Folder [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <karolaguair@gmail.com> em 02 fev. 2011.

OLIVEIRA, L. H. de. Bacias sanitárias com sistema dual de descarga: quanto é possível reduzir o consumo de água? **Revista Hydro**, São Paulo, n. 68, março de 2007. Disponível em: <http://www.thesisprojetos.com.br/userfiles/Bacias%20sanitarias%20com%20sistema%20dual%20de%20descarga.pdf?acao3_cod0=dc520d21e0075a900e8159e8821d4b11>. Acesso em: 3 fev. 2010.

OLIVEIRA, L., H. de. As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 39-45, 2002.

OTTERPOHL, R., A. ALBOLD, OLDENBURG, M.. Source control in urban sanitation and waste management: ten systems with reuse of resources. **Water science & technology**, v. 39, 1999, 153-160.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamentos biológicos de águas residuárias:** lagoas de estabilização. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola.** 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

7 DISCUSSÃO GERAL

O objetivo principal do presente trabalho foi a verificação do impacto do sistema de reúso de águas cinza implantado em um edifício residencial multifamiliar de alto padrão, na conservação de água potável e nas vazões de esgoto doméstico. E, ainda, a avaliação do potencial de conservação de água e redução de esgoto, com a implantação de sistemas sanitários alternativos, como o gerenciamento segregado da urina humana nesse edifício.

Observou-se que os resultados obtidos foram principalmente relacionados ao diagnóstico realizado a partir do monitoramento do consumo de água e da produção de esgoto, à determinação dos indicadores de consumo de água e produção de esgoto, à determinação do perfil de consumo e produção 24h e à montagem dos cenários de consumo de água e produção de esgoto para a simulação de gerenciamentos alternativos, como a coleta seca e/ou segregada da urina humana na edificação.

Com a utilização de fonte alternativa como o reúso de águas cinza-claras para descarga das bacias sanitárias na edificação em estudo, foi possível reduzir o consumo de água potável em 11%, que corresponde ao consumo de água de reúso e, conseqüentemente, atingir o índice de 89% do consumo de água potável na edificação. Esses dados foram obtidos a partir do monitoramento de 180 dias. Agostini (2009), em uma edificação com padrões semelhantes, encontrou um percentual de 24% de redução do consumo de água potável, em virtude do reúso destinado à descarga de bacias sanitárias, rega de jardim e lavagem de área pavimentada.

Em relação à água de reúso utilizada no interior dos apartamentos para descarga de bacias sanitárias somente, o autor encontrou um percentual de redução de 20%. Barreto (2008), Oliveira (2007) e Cheung *et al.* (2009) encontraram um percentual em torno de 20% que representa o consumo de água de bacias sanitárias com caixa acoplada em relação ao consumo global da edificação. O percentual menor encontrado nesta pesquisa pode ter sido influenciado pelo fato de nem todas as bacias sanitárias dos apartamentos estarem sendo abastecidas com água de reúso, pois verificou-se que algumas estavam sendo alimentadas pelo ponto de alimentação da ducha higiênica, que corresponde à água potável. E também por outros fatores como: número diferente de usuários (moradores e funcionários), o modelo da bacia sanitária (apesar de serem todas de caixa acoplada, os modelos podem ser diferentes) e os hábitos de utilização do equipamento pelos moradores e funcionários.

Fazendo uma análise a partir de valores relativos (%), o baixo percentual de consumo de água de reúso encontrado (11%) pode ter sido baixo em virtude do alto consumo de água potável (acima da maioria dos indicadores encontrados na literatura técnica). Assim, como o consumo de água potável é muito grande o percentual de água de reúso é baixo.

A partir da análise dos indicadores de produção de esgoto doméstico obtido com 10 dias de monitoramento, verificou-se que o impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora, em virtude do reúso, foi de 9,45%. Tal percentual poderia ser maior pelo fato explicado acima. O baixo valor verificado pode estar associado ao pouco tempo de monitoramento da produção de águas cinza-claras. Esse percentual poderia retratar melhor a realidade, se a série histórica de águas cinza-claras fosse maior. E também poderia ser maior, se o reúso de águas cinza fosse destinado para outros fins, como rega de jardins, lavagem de áreas pavimentadas, lavagem de automóveis, reserva técnica de incêndio, dentre outros. A utilização do excedente da água cinza-clara produzida acarretaria numa maior redução de esgoto lançado na rede pública.

Por meio do monitoramento de 10 dias do consumo de água e da produção de esgoto no edifício, foi possível calcular o coeficiente de retorno em relação à água potável e em relação à água total consumida na edificação. Como não existem muitos dados na literatura técnica acerca do coeficiente de retorno no nível da edificação (nível micro), só se pôde comparar o valor encontrado nesta pesquisa com um dado real medido (CUSTÓDIO e FERREIRA, 2005) e dois valores estimados (PERTEL, 2009; PARKINSON *et al.*, 2005). O coeficiente de retorno encontrado em relação à água potável foi de 0,97, que é maior do que o encontrado por Custódio e Ferreira (2005) e que o simulado por Pertel (2009), 0,37 e 0,69, respectivamente. Ele está abaixo apenas do estimado por Parkinson *et al.* (2005), que foi de 1,00. Acredita-se que o alto valor encontrado nesta pesquisa seja reflexo de que alguns valores foram estimados por alguns autores e não medidos realmente. E também por possuir a edificação poucas áreas ajardinadas, o que iria reter uma parcela da água consumida. Os resultados obtidos nesta pesquisa também podem ter sido altos, pelo pouco tempo de monitoramento (10 dias), Com relação à água total da edificação, o coeficiente de retorno encontrado foi de 0,88, o que indica que 88% da água total consumida na edificação retornam à rede pública sob a forma de esgoto.

A partir da simulação de cenários, verificou-se que, se a água de reuso for utilizada além da descarga, para rega de jardim e limpeza de área impermeabilizada da área comum do condomínio, a economia de água potável pode chegar a 16% no edifício em estudo, e, conseqüentemente, pode haver uma redução de 16% de esgoto lançado na rede coletora.

Outras simulações foram realizadas neste trabalho, e evidenciou-se que apenas a substituição das bacias sanitárias existentes por bacias sanitárias segregadoras acarretaria uma economia global na edificação na ordem de 8% e uma redução de esgoto lançado na rede em torno de 9%, se forem estocados 0,10 m³ de urina humana por dia.

A introdução de mictórios unissex secos em conjunto com o uso da bacia sanitária com volume de descarga de 6,8 litros (a existente) para defecar, permitiria uma redução do consumo de água de 7% em relação ao consumo global de água na edificação e 70% em relação ao uso somente do sistema de descarga de 6,8 litros e uma redução de esgoto lançado na rede pública em torno de 8%, se forem estocados 0,06m³ de urina humana por dia.

O estudo da simulação de cenários demonstrou os potenciais que podem ser alcançados a partir do gerenciamento das águas cinza e da urina humana na edificação. Dentre as possibilidades estudadas, a que apresentou, portanto, um melhor desempenho, em termos de uso racional de água, foi o cenário com a proposta de utilização de bacia sanitária segregadora. E o que melhor apresentou uma melhor otimização sobre a oferta de água foi o cenário com a proposta de reuso de águas cinza para descarga de bacias sanitárias, rega de jardim e limpeza de área pavimentada. Porém, no referido cenário, ainda haveria um excedente de 6,98 m³/d de águas cinza-claras. A quantidade excedente após tratamento poderia ser destinada para lavagem de roupas (LAZAROVA *et al.*, 2003; HUMEAU *et al.*, 2011) e ainda poderia ser vendida para lava-jatos de carros e para rega de praças e jardins da cidade (VALENTINA, 2009), o que acarretaria uma maior conservação de água e minimização de esgoto.

8 CONCLUSÕES

O trabalho apresentado demonstrou que uma economia de água potável em torno de 11% pode ser obtida com a utilização do reúso de águas cinza-claras para descarga de bacias sanitárias, conforme os dados obtidos a partir de 180 dias de monitoramento. E, a partir de 10 dias de monitoramento, verificou-se que a prática do reúso acarretou uma redução de 9,45% de esgoto doméstico lançado na rede coletora.

Esses percentuais poderiam ser maiores, próximos de 20%, se todas as bacias sanitárias do edifício fossem alimentadas com água de reúso. E ainda maior, se o reúso fosse empregado para outros fins não potáveis como rega de jardim, lavagem de área impermeabilizada, lavagem de carros e até lavagem de roupas. Já que apenas 21% da água cinza-clara produzida são reutilizados, os outros 79% são direcionados para a rede coletora.

A demanda por água de reúso apresentou-se sempre menor que a produção de águas cinza – isso ao longo do dia e ao longo do período monitorado.

Dentro das opções inovadoras de conservação de água propostas na simulação dos cenários, a que apresentou maior potencial de redução do consumo de água potável e conseqüente redução de esgoto lançado na rede coletora foi o reúso de águas cinza proposto no Cenário 3 (reúso para descarga de bacias sanitárias, rega de jardim e lavagem de área pavimentada), o que demonstrou a importância do incremento da água de reúso em edifícios para conservação de água potável.

Também por meio de simulação de cenários, evidenciou-se que apenas a substituição das bacias sanitárias existentes por bacias sanitárias segregadoras apresenta apreciável potencialidade (8%) de economia de água total no nível da edificação residencial. Pôde-se constatar que a substituição mencionada anteriormente acarretaria uma redução de esgoto lançado na rede em torno de 9%, se forem estocados 0,10 m³ de urina humana por dia.

A introdução de mictórios unissex secos em conjunto com o uso de bacias sanitárias com caixa de descarga acoplada existentes no edifício para defecar permitiria uma redução do consumo de água de 7%, em relação ao consumo global de água na edificação, e 70%, em relação ao uso somente do sistema de descarga de 6,8 litros, e uma redução de esgoto lançado na rede pública em torno de 8%, se forem estocados 0,06m³ de urina humana por dia.

Nesse sentido, a criação de cenários demonstrou que o emprego de equipamentos economizadores, como a bacia sanitária segregadora e o mictório seco, teoricamente, pode ser um excelente instrumento para se alcançar uma significativa redução no consumo de água e minimização de esgoto. A segregação da urina em edifícios, além de possibilitar o aproveitamento de nutrientes, representa uma significativa economia de água potável, o que representa uma solução bastante favorável do ponto de vista ambiental, pois resulta em significativa economia de água, de energia e redução de esgoto.

Porém ressalta-se que a eficácia desses sistemas de gerenciamento alternativo está fundamentalmente relacionada ao comprometimento e conscientização da população que usufrui das instalações do edifício. É necessária, portanto, uma visão mais ampla acerca da implementação dos equipamentos para gerenciamento da urina humana no edifício, já que somente a implantação da tecnologia não basta, e sim uma mudança de paradigma na cultura da sociedade brasileira.

9 RECOMENDAÇÕES

- Continuar os estudos e monitoramento do sistema hidrossanitário, visando aprimorar os dados levantados, principalmente em relação à água cinza-clara bruta.
- Verificar as conexões das bacias sanitárias de todos os apartamentos e consertar as que apresentarem problemas de conexão (conexão da bacia sanitária ligada no ponto da ducha higiênica).
- Monitorar o consumo de água nos pontos de utilização de água internos aos apartamentos.
- Realizar uma análise de viabilidade econômica do reúso de águas cinza para a edificação e também para os cenários propostos.
- Quantificar, de maneira remota, o consumo de água e a produção de esgoto da edificação, obtendo, de maneira mais precisa, os horários de maior consumo de água e produção de esgoto doméstico e um melhor controle de perdas.
- Desenvolver um programa para o aproveitamento do excedente de água cinza produzida na edificação.
- Desenvolver um programa de gerenciamento da água quente potável para redução do alto consumo constatado.
- Avaliar a aceitabilidade dos usuários em relação aos sistemas alternativos como o gerenciamento segregado da urina humana e em relação à utilização das águas cinza-claras excedentes para lavagem de roupa.
- Avaliar o impacto desses sistemas alternativos nos sistemas prediais e na arquitetura da edificação.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, R. S.; Dos; de. **Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão**. 2009. 69 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.
- ALVES, W. C.; ROCHA, A. L.; GONÇALVES, R. F. Aparelhos sanitários economizadores. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 267-321.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard test method for open channel flow measurement of water with the Parshall flume**. D 1941 -91 (Reapproved 2007).
- ANA, FIESP & SindusCon-SP. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Medição de vazão de líquido em canais abertos – Calhas Parshall e SANIRI. **NBR ISO 9826**: 2008.
- BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr.-jun. 2008.
- BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- CAMPOS, I. M. 2007. **O que é retrofit?** Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br>>. Acesso em: 26 out. 2007.
- CHEUNG, P. B. *et al.* Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98.
- COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Racionalização e reúso de água intradomiciliar. Produção limpa e ecossaneamento. In: KIPERSTOK, A. (Org.) **Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia**. Salvador: UFBA, 2008.
- CUSTÓDIO, S. P.; FERREIRA, O. M. **Condomínio residencial Aldeia do Vale: consumo de água e geração de esgoto**. 2005. Disponível em: <<http://www.ucg.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- ESREY, S. A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M.; VARGAS, J.; WINBLAD, U. (1998). **Ecological sanitation**. Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm. Disponível em: <http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2011.
- FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.
- GHISI, E; GÓMEZ, L. A. **Uso racional de água em edifícios: sistemas modernos de evacuação de esgoto**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: 10 dez. 2007.
- GONÇALVES, R. F.; ALVES, W. C.; ZANELLA, L. Conservação de água no meio urbano. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 29-71.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Vitória: ABES, 2006, p. 1-28.

HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado) – COPPE – UFRJ. 161p.

HUMEAU, P., HOURLIER, F; BULTEAU, G.; MASSÉ, A.; JAOUEN; P.; GÉRENTE, C.; FAUR, C.; LE CLOIREC, P. Technical-economic analysis of implementation of membrane processes for on-site greywater recycling. Manuscript Draft. **Water science and technology**. 2011.

ILHA M.S.O., NUNES S.S, PEDROSO L.P. Programa de Conservação de Água da Universidade Estadual de Campinas". Seminário Internacional sobre Conservação dos Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas. FEC/UNICAMP. Novembro/2000.

ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais de água fria**. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. EPUSP, 1994. Disponível em: < <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/ttppcc08.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2011.

JOHANSSON, M. *et al.* **Urine separation – closing the nutrient cycle**. Verna Ecology. Stockholm, 2001.

LAZAROVA V., HILLS S., BIRKS R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water science and technology: water supply**. v. 3, n. 4, p. 69–77, 2003.

LOH, M.; COGHLAN, P. **Domestic water use study in Perth, Western Australia**. 2003. Disponível em: < <http://www.energyrating.gov.au>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

NARCHI, H. A demanda doméstica de água. **Revista DAE**, v. 49, n. 154, p. 1-7, jan./mar. 1989.

OLIVEIRA, L. H. de. Bacias sanitárias com sistema dual de descarga: quanto é possível reduzir o consumo de água? **Revista hydro**, São Paulo, n. 68, mar. 2007.

OLIVEIRA, L. H. de; ILHA, M.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Levantamento do estado da arte: Água**. In: Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. 2007. São Paulo, Finep, 2007. Disponível em: <<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br>>. Acesso em: 10 out. 2010.

OLIVEIRA, L.H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. São Paulo, 1999. 344p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. *Water* 21. p. 37-41, out. 2001.

OTTERPOHL, R., A. ALBOLD, OLDENBURG, M. Source control in urban sanitation and waste management: ten systems with reuse of resources. **Water science & technology**, v. 39, 1999, 153-160.

PARKINSON, J. N. CAMPOS, L. C. Desenvolvimento de um modelo para a caracterização quantitativa e qualitativa de esgotos domésticos. In: **23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande, 2005.

PERTEL, M. **Caracterização do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

PROGRAMA NACIONAL CONTRA O DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCDA. Produtos Economizadores de Água nos Sistemas Prediais, DTA F2. Brasília, 2004.

RETROFIT Ambiental. **Revista téchne**, São Paulo, ano 14, n. 106, p. 6, 2006.

ROCHA, A. L., BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. São Paulo, janeiro, 1999. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (DTA – Documento Técnico de Apoio nº E1).

RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SANTOS, D. C. dos. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v.2, n.4, p. 7-18, 2002.

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. 328p. São Paulo, 2004.

TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. A medição setorizada como instrumentos de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo :EPUSP, 2004.

UNESCO/IHP - International Hydrological Programme (IHP) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO); GTZ - Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. **Capacity building for ecological sanitation: concepts for ecologically sustainable sanitation in formal and continuing education**. 2006.

VALENTINA R. S. D. **Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não potável**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

VICKERS, A. **Handbook of water use and conservation**. Amherst: WaterPlow, 2002. 446 p.

WATERLESS. **No flush-urinals: Kalahari Model**, 2003. Folder. Disponível em: <<http://www.waterless.com/ecotrap.php>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

WUCB. **A water conservation guide for commercial, institutional and industrial users**. Ed. Water Use and Conservation Bureau, New Mexico Office of the State Engineer. EUA, 1999.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Aferição do instrumento secundário de medição de esgoto doméstico

A realização da calibração no local do sistema de medição de esgoto é recomendada pela norma internacional ASTM D1941 – 2007 “*Standard Test Method for Open Channel Flow Measurement of Water with the Parshall Flume*” para maior precisão dos dados coletados. No entanto, de acordo com a referida norma, a calibração do instrumento secundário sozinho pode ser um procedimento suficiente, desde que a calha atenda aos requisitos de fabricação e instalação recomendados.

A norma vigente no Brasil NBR/ISO 9826:2008 “Medição de vazão de líquido em canais abertos – Calhas Parshall e Saniri” é relativamente nova e, por isso, a grande maioria das calhas Parshall existentes foi fabricada de acordo com a norma ASTM 1941:1975 “*Standard Test Method for Open Channel Flow Measurement of Water with the Parshall Flume*”. As dimensões da calha Parshall de 1” instalada no edifício, de acordo com o fabricante, foram determinadas matematicamente com base na norma ASTM 1941:1975, pois as medidas correspondentes às calhas Parshall com largura de garganta de 1” e 2” não constam na referida norma. A norma em vigor ASTM 1941:2007 já possui as especificações das calhas com largura de garganta de 1” e 2”.

Neste trabalho, para aferir o sistema de medição de esgoto instalado, verificou-se somente o instrumento secundário. Para tanto, foi necessário haver vazões de referência independentes do sistema de medição de esgoto. Antes da aferição, o fluxo de esgoto foi desviado da calha *Parshall* e foi direcionado diretamente para a rede pública de coleta de esgoto. Após ter sido realizado o desvio, fez-se uma limpeza da calha, retirando-se os sólidos sedimentados.

A vazão de referência adotada foi obtida através de uma mangueira acoplada a uma torneira. Variou-se a vazão para a obtenção de 5 valores de vazão diferentes, por meio do controle manual da abertura da torneira. Para conhecimento das 5 vazões de referência, fez-se a medição direta em reservatório de volume conhecido e mediu-se o tempo de enchimento do recipiente por meio de um cronômetro, obtendo-se a vazão (Tabela 31).

Tabela 31: Descrição das 5 vazões de referências.

Nomenclatura	Vazão média (ℓ/S)
Vazão 1	0,167
Vazão 2	0,116
Vazão 3	0,081
Vazão 4	0,056
Vazão 5	0,029

Sem desligar a mangueira, esta foi posicionada dentro do trecho anterior à calha *Parshall*. Esperou-se um minuto para a estabilização do fluxo. O método de aferição foi realizado da seguinte maneira: a cada medição, o recipiente de volume conhecido era inserido na caixa de esgoto de maneira que todo o volume de água que saía da calha *Parshall* caía dentro do recipiente, o tempo de duração (Δt) desse processo era anotado, com a ajuda de um cronômetro, e a vazão real Q_{real} era obtida. Simultaneamente, era anotado o volume inicial (V_0) registrado no conversor de vazão da calha *Parshall* no tempo inicial (T_0), e, no tempo final (T_f), o volume final (V_f) totalizado era visualizado no *display* do conversor, que também era anotado. Esvaziava-se o recipiente, e o cronômetro era zerado, repetindo-se o procedimento acima. Foram realizadas 5 séries (vazões decrescentes), com 21 medições cada uma. Com isso, o procedimento descrito foi repetido 105 vezes. A Tabela 32 apresenta os dados coletados referentes à série 1, ou à vazão 1.

Tabela 32: Dados obtidos com a vazão 1.

Vazão 1											
Nº obs. (unid.)	ΔT (enchim.) (s)	Volumetria				Leitura conversor <i>Parshall</i>					
		Volume conhecido (ℓ)	Qreal (enchim.) (ℓ/s)	Qreal (enchim.) (m³/d)	Qreal (enchim.) (m³/2h)	V ₀ (mℓ)	V _f (mℓ)	ΔV (ℓ)	Qlida (ℓ/s)	Qlida (m³/d)	Qlida (m³/2h)
1	6,85	0,85	0,124	10,721	0,893	3941790	3943194	1,404	0,205	17,709	1,476
2	6,75	0,85	0,126	10,880	0,907	3961865	3963596	1,731	0,256	22,157	1,846
3	5,8	0,85	0,147	12,662	1,055	4244626	4245937	1,311	0,226	19,529	1,627
4	6,01	0,85	0,141	12,220	1,018	4263369	4264434	1,065	0,177	15,310	1,276
5	6,8	0,85	0,125	10,800	0,900	4278231	4279455	1,224	0,180	15,552	1,296
6	6,11	0,85	0,139	12,020	1,002	4289334	4290707	1,373	0,225	19,415	1,618
7	5,65	0,85	0,150	12,998	1,083	4300213	4301383	1,170	0,207	17,892	1,491
8	6,38	0,85	0,133	11,511	0,959	4318873	4320331	1,458	0,229	19,745	1,645
9	6,08	0,85	0,140	12,079	1,007	4331536	4332553	1,017	0,167	14,452	1,204
10	5,59	0,85	0,152	13,138	1,095	4345360	4346530	1,170	0,209	18,084	1,507
11	5,97	0,85	0,142	12,302	1,025	4358375	4359670	1,295	0,217	18,742	1,562
12	5,66	0,85	0,150	12,975	1,081	4372973	4374197	1,224	0,216	18,684	1,557
13	5,81	0,85	0,146	12,640	1,053	4416366	4417874	1,508	0,260	22,425	1,869
14	6,12	0,85	0,139	12,000	1,000	4448291	4449589	1,298	0,212	18,325	1,527
15	6,02	0,85	0,141	12,199	1,017	4460545	4461709	1,164	0,193	16,706	1,392
16	6,12	0,85	0,139	12,000	1,000	4470634	4471936	1,302	0,213	18,381	1,532
17	5,81	0,85	0,146	12,640	1,053	4479014	4480155	1,141	0,196	16,968	1,414
18	6,15	0,85	0,138	11,941	0,995	4491341	4492469	1,128	0,183	15,847	1,321
19	6,21	0,85	0,137	11,826	0,986	4500994	4502333	1,339	0,216	18,630	1,552
20	5,88	0,85	0,145	12,490	1,041	4513707	4514988	1,281	0,218	18,823	1,569
21	6,15	0,85	0,138	11,941	0,995	4529939	4531559	1,620	0,263	22,759	1,897

A Tabela 33 apresenta os dados coletados referentes à série 2, ou à vazão 2.

Tabela 33: Dados obtidos com a vazão 2.

Vazão 2											
Nº obs. (unid.)	ΔT (enchim.) (s)	Volumetria				Leitura conversor <i>Parshall</i>					
		Volume conhecido (ℓ)	Qreal (enchim.) (ℓ/s)	Qreal (enchim.) (m³/d)	Qreal (enchim.) (m³/2h)	V ₀ (mℓ)	V _f (mℓ)	ΔV (ℓ)	Qlida (ℓ/s)	Qlida (m³/d)	Qlida (m³/2h)
1	7,64	0,85	0,111	9,613	0,801	4586200	4587634	1,43	0,19	16,22	1,35
2	8,55	0,85	0,099	8,589	0,716	4624533	4625976	1,44	0,17	14,58	1,22
3	7,24	0,85	0,117	10,144	0,845	4633902	4635401	1,50	0,21	17,89	1,49
4	7,53	0,85	0,113	9,753	0,813	4646287	4647471	1,18	0,16	13,59	1,13
5	7,51	0,85	0,113	9,779	0,815	4665791	4667117	1,33	0,18	15,26	1,27
6	7,18	0,85	0,118	10,228	0,852	4686023	4687481	1,46	0,20	17,54	1,46
7	7,53	0,85	0,113	9,753	0,813	4698121	4699424	1,30	0,17	14,95	1,25
8	7,22	0,85	0,118	10,172	0,848	4710232	4711682	1,45	0,20	17,35	1,45
9	7,2	0,85	0,118	10,200	0,850	4721006	4722359	1,35	0,19	16,24	1,35
10	7,57	0,85	0,112	9,701	0,808	4732784	4733837	1,05	0,14	12,02	1,00
11	7,48	0,85	0,114	9,818	0,818	4744102	4745635	1,53	0,20	17,71	1,48
12	7,13	0,85	0,119	10,300	0,858	4756077	4757422	1,35	0,19	16,30	1,36
13	7,74	0,85	0,110	9,488	0,791	4780568	4781696	1,13	0,15	12,59	1,05
14	7,96	0,85	0,107	9,226	0,769	4799631	4801033	1,40	0,18	15,22	1,27
15	7,75	0,85	0,110	9,476	0,790	4809897	4811250	1,35	0,17	15,08	1,26
16	7,5	0,85	0,113	9,792	0,816	4820011	4821318	1,31	0,17	15,06	1,25
17	7,51	0,85	0,113	9,779	0,815	4836084	4837122	1,04	0,14	11,94	1,00
18	7,53	0,85	0,113	9,753	0,813	4849682	4851042	1,36	0,18	15,60	1,30
19	7,25	0,85	0,117	10,130	0,844	4890889	4892366	1,48	0,20	17,60	1,47
20	7,95	0,85	0,107	9,238	0,770	4906191	4907577	1,39	0,17	15,06	1,26
21	7,17	0,85	0,119	10,243	0,854	4914733	4915861	1,13	0,16	13,59	1,13

A Tabela 34 apresenta os dados coletados referentes à vazão 3.

Tabela 34: Dados obtidos com a vazão 3.

Vazão 3											
Nº obs. (unid.)	ΔT (enchim.) (s)	Volumetria				Leitura conversor <i>Parshall</i>					
		Volume conhecido (ℓ)	Qreal (enchim.) (ℓ/s)	Qreal (enchim.) (m³/d)	Qreal (enchim.) (m³/2h)	V ₀ (mℓ)	V _f (mℓ)	ΔV (ℓ)	Qlida (ℓ/s)	Qlida (m³/d)	Qlida (m³/2h)
1	9,25	0,85	0,09	7,94	0,66	4968413	4969793	1,38	0,15	12,89	1,07
2	10,76	0,85	0,08	6,83	0,57	4998632	5000244	1,61	0,15	12,94	1,08
3	10,66	0,85	0,08	6,89	0,57	5228567	5229985	1,42	0,13	11,49	0,96
4	10,67	0,85	0,08	6,88	0,57	5239371	5241000	1,63	0,15	13,19	1,10
5	10,67	0,85	0,08	6,88	0,57	5249896	5251529	1,63	0,15	13,22	1,10
6	10,35	0,85	0,08	7,10	0,59	5258070	5259418	1,35	0,13	11,25	0,94
7	9,85	0,85	0,09	7,46	0,62	5286683	5287999	1,32	0,13	11,54	0,96
8	10,67	0,85	0,08	6,88	0,57	5297032	5298620	1,59	0,15	12,86	1,07
9	10,68	0,85	0,08	6,88	0,57	5306315	5307995	1,68	0,16	13,59	1,13
10	9,53	0,85	0,09	7,71	0,64	5341080	5342443	1,36	0,14	12,36	1,03
11	10,34	0,85	0,08	7,10	0,59	5350472	5351606	1,13	0,11	9,48	0,79
12	10,35	0,85	0,08	7,10	0,59	5365370	5366780	1,41	0,14	11,77	0,98
13	11,13	0,85	0,08	6,60	0,55	5375404	5376950	1,55	0,14	12,00	1,00
14	10,47	0,85	0,08	7,01	0,58	5384031	5385229	1,20	0,11	9,89	0,82
15	10,26	0,85	0,08	7,16	0,60	5392031	5393232	1,20	0,12	10,11	0,84
16	10,45	0,85	0,08	7,03	0,59	5402704	5404277	1,57	0,15	13,01	1,08
17	10,57	0,85	0,08	6,95	0,58	5410922	5412547	1,63	0,15	13,28	1,11
18	10,44	0,85	0,08	7,03	0,59	5420371	5421928	1,56	0,15	12,89	1,07
19	10,98	0,85	0,08	6,69	0,56	5430070	5431989	1,92	0,17	15,10	1,26
20	11,06	0,85	0,08	6,64	0,55	5443266	5445007	1,74	0,16	13,60	1,13
21	10,73	0,85	0,08	6,84	0,57	5453322	5454635	1,31	0,12	10,57	0,88

A Tabela 35 apresenta os dados referentes à vazão 4.

Tabela 35: Dados obtidos com a vazão 4.

Vazão 4											
Nº obs. (unid.)	ΔT (enchim.) (s)	Volumetria				Leitura conversor <i>Parshall</i>					
		Volume conhecido (ℓ)	Qreal (enchim.) (ℓ/s)	Qreal (enchim.) (m³/d)	Qreal (enchim.) (m³/2h)	V ₀ (mℓ)	V _f (mℓ)	ΔV (ℓ)	Qlida (ℓ/s)	Qlida (m³/d)	Qlida (m³/2h)
1	16,24	0,85	0,05	4,52	0,38	5486030	5487526	1,50	0,09	7,96	0,66
2	14,87	0,85	0,06	4,94	0,41	5493232	5494143	0,91	0,06	5,29	0,44
3	15,25	0,85	0,06	4,82	0,40	5503373	5504638	1,27	0,08	7,17	0,60
4	15,32	0,85	0,06	4,79	0,40	5511233	5512654	1,42	0,09	8,01	0,67
5	15,85	0,85	0,05	4,63	0,39	5517337	5519004	1,67	0,11	9,09	0,76
6	18,43	0,85	0,05	3,98	0,33	5548527	5550580	2,05	0,11	9,62	0,80
7	15,67	0,85	0,05	4,69	0,39	5618911	5620658	1,75	0,11	9,63	0,80
8	18,16	0,85	0,05	4,04	0,34	5629606	5630976	1,37	0,08	6,52	0,54
9	15,16	0,85	0,06	4,84	0,40	5648688	5650296	1,61	0,11	9,16	0,76
10	16,04	0,85	0,05	4,58	0,38	5689446	5690740	1,29	0,08	6,97	0,58
11	21,05	0,85	0,04	3,49	0,29	5695598	5697661	2,06	0,10	8,47	0,71
12	16,44	0,85	0,05	4,47	0,37	5703683	5705186	1,50	0,09	7,90	0,66
13	17,04	0,85	0,05	4,31	0,36	5713944	5715425	1,48	0,09	7,51	0,63
14	16,25	0,85	0,05	4,52	0,38	5720893	5722517	1,62	0,10	8,63	0,72
15	16,34	0,85	0,05	4,49	0,37	5730224	5731485	1,26	0,08	6,67	0,56
16	15,95	0,85	0,05	4,60	0,38	5737965	5738734	0,77	0,05	4,17	0,35
17	16,67	0,85	0,05	4,41	0,37	5749661	5750964	1,30	0,08	6,75	0,56
18	15,53	0,85	0,05	4,73	0,39	5757793	5759139	1,35	0,09	7,49	0,62
19	16,26	0,85	0,05	4,52	0,38	5765551	5766652	1,10	0,07	5,85	0,49
20	16,54	0,85	0,05	4,44	0,37	5789622	5790607	0,99	0,06	5,15	0,43
21	16,06	0,85	0,05	4,57	0,38	5798988	5799834	0,85	0,05	4,55	0,38

A Tabela 36 apresenta os dados referentes à vazão 5.

Tabela 36: Dados obtidos com a vazão 5.

Vazão 5						Leitura conversor Parshall					
Nº obs. (unid.)	ΔT (enchim.) (s)	Volumetria			V_0 (mℓ)	V_f (mℓ)	ΔV (ℓ)	Qlida (ℓ/s)	Qlida (m³/d)	Qlida (m³/2h)	
		Volume conhecido (ℓ)	Qreal (enchim.) (ℓ/s)	Qreal (enchim.) (m³/d)							Qreal (enchim.) (m³/2h)
1	28,74	0,85	0,03	2,56	0,21	5812775	5813390	0,62	0,02	1,85	0,15
2	28,44	0,85	0,03	2,58	0,22	5814821	5815529	0,71	0,02	2,15	0,18
3	28,91	0,85	0,03	2,54	0,21	5817190	5817867	0,68	0,02	2,02	0,17
4	27,17	0,85	0,03	2,70	0,23	5819458	5820267	0,81	0,03	2,57	0,21
5	26,94	0,85	0,03	2,73	0,23	5821724	5822566	0,84	0,03	2,70	0,23
6	28,94	0,85	0,03	2,54	0,21	5823990	5824521	0,53	0,02	1,59	0,13
7	28,73	0,85	0,03	2,56	0,21	5826529	5827487	0,96	0,03	2,88	0,24
8	30,24	0,85	0,03	2,43	0,20	5829073	5829517	0,44	0,01	1,27	0,11
9	29,29	0,85	0,03	2,51	0,21	5831614	5831970	0,36	0,01	1,05	0,09
10	29,85	0,85	0,03	2,46	0,21	5833242	5833733	0,49	0,02	1,42	0,12
11	28,46	0,85	0,03	2,58	0,22	5835906	5836561	0,66	0,02	1,99	0,17
12	29,16	0,85	0,03	2,52	0,21	5838434	5838800	0,37	0,01	1,08	0,09
13	29,93	0,85	0,03	2,45	0,20	5840912	5843069	2,16	0,07	6,23	0,52
14	28,37	0,85	0,03	2,59	0,22	5843922	5844666	0,74	0,03	2,27	0,19
15	28,44	0,85	0,03	2,58	0,22	5848720	5849285	0,57	0,02	1,72	0,14
16	29,76	0,85	0,03	2,47	0,21	5850633	5851228	0,60	0,02	1,73	0,14
17	29,57	0,85	0,03	2,48	0,21	5851893	5852703	0,81	0,03	2,37	0,20
18	29,76	0,85	0,03	2,47	0,21	5854578	5855344	0,77	0,03	2,22	0,19
19	29,46	0,85	0,03	2,49	0,21	5856546	5857198	0,65	0,02	1,91	0,16
20	30,16	0,85	0,03	2,44	0,20	5857987	5858514	0,53	0,02	1,51	0,13
21	28,6	0,85	0,03	2,57	0,21	5860045	5860392	0,35	0,01	1,05	0,09

A partir dos dados coletados, foram feitos gráficos de dispersão entre a vazão real (Qreal) e a vazão registrada pelo conversor (instrumento secundário) (Qlida). Analisando-se os dois gráficos abaixo (Figura 65 e Figura 66), percebe-se, pelo coeficiente de determinação R^2 , que a curva polinomial apresentou uma melhor aproximação dos dados obtidos do que a curva linear.

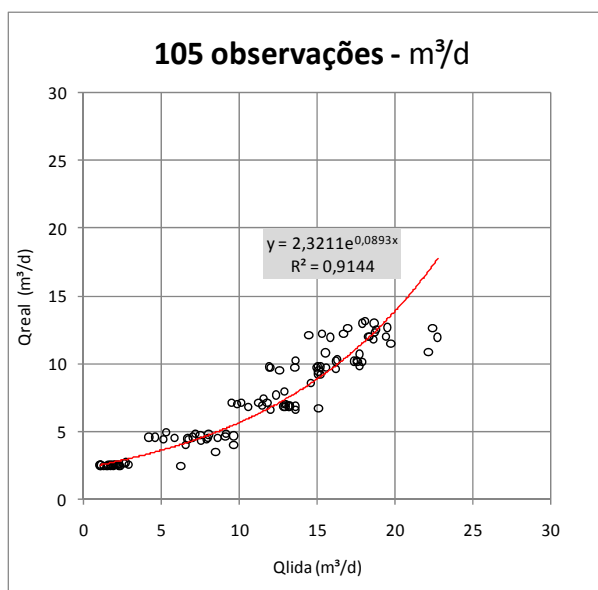


Figura 65: Curva exponencial relacionando a Qreal (eixo y) com a Qlida (eixo x).

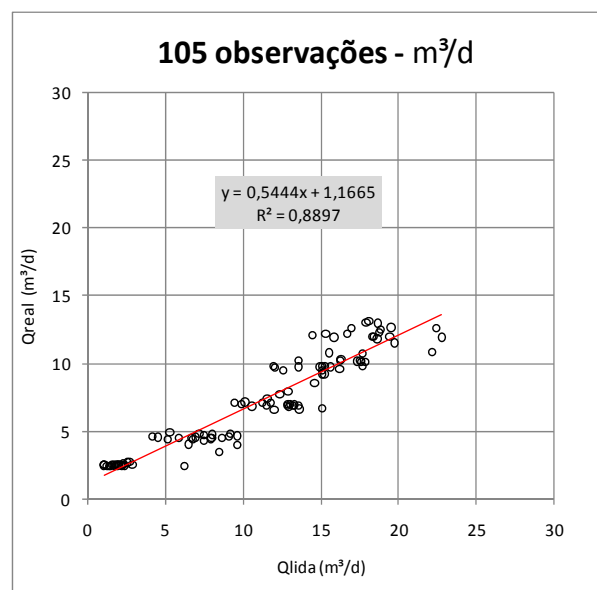


Figura 66: Curva linear relacionando a Qreal (eixo y) com a Qlida (eixo x).

Portanto a correção da vazão registrada pelo conversor da calha *Parshall*, no monitoramento diário, foi realizada a partir da Equação 49, equação de calibração expressa em m³/d, obtendo-se, portanto, uma vazão mais próxima do real.

$$y = 2,321. e^{0,089x} \quad (49)$$

A correção da vazão registrada pelo conversor da calha *Parshall*, no monitoramento horário, foi realizada a partir da Equação 50, equação de calibração expressa em m³/2h, obtendo-se, portanto, uma vazão mais próxima do real.

$$y = 0,1934. e^{1,0721x} \quad (50)$$

A curva exponencial relacionando a Q_{real} (eixo y) com a Q_{lida} (eixo x) expressa em m³/2h é apresentada na Figura 67.

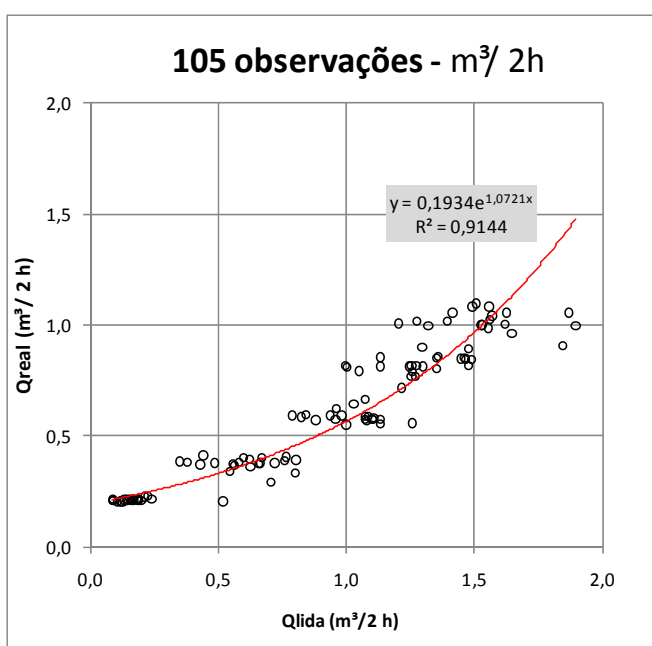


Figura 67: Curva exponencial relacionando a Q_{real} (eixo y) com a Q_{lida} (eixo x).

APÊNDICE B – Planilha para anotação da frequência de uso da bacia sanitária

Tabela 37: Frequência de utilização da bacia sanitária (BS)

Nº observação	Dia	Horário de uso	Tipo de uso		Volume em cada ato de urinar* (ml)
			Urina	Fezes	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
Observações:					

* Foi distribuída a cada participante uma proveta graduada para que ele medisse o volume de urina excretado por ato de urinar.

APÊNDICE C – Planilha com descrição das atividades de limpeza da área comum do edifício

Tabela 38: Descrição das atividades de limpeza da área comum do edifício

Descrição das atividades	Frequência (vezes/na semana)	Modo de limpeza	Tempo (min)	Vazão* (ℓ/min)	Quantidade de baldes (unid.)	Volume balde (ℓ)	Volume semanal utilizado (ℓ /semana)
Limpeza <i>hall</i> dos pavtos tipo	2	Balde	-	-	2	8	32
Limpeza latões de lixo Aps.	0,5	Mangueira	40	19,68	-	-	393,6
Limpeza chão liso pilotis	1	Balde	-	-	4	8	32
Limpeza chão áspero pilotis	1	Mangueira	180	19,68	-	-	3542,4
Limpeza portaria e guarita	6	Balde	-	-	2	8	96
Limpeza lixeiras condomínio	1	Balde	-	-	1	8	8
Limpeza área externa portaria	1	Balde	-	-	2	8	16
Limpeza vidros externos, muro térreo	1	Mangueira	60	19,68	-	-	1180,8
Limpeza calçada	1	Mangueira	20	19,68	-	-	393,6
Limpeza garagens	0,125	Mangueira	240	19,68	-	-	590,4
TOTAL							6284,8
TOTAL							898 ℓ/d

* Para conhecimento da vazão específica de cada equipamento (como mangueira), fez-se a medição direta em reservatório de volume conhecido e mediu-se o tempo de enchimento do recipiente por meio de um cronômetro.

APÊNDICE D – Planilha com descrição das atividades de rega de jardim do edifício

Tabela 39: Descrição das atividades de rega de jardim do edifício

Descrição das atividades	Frequência (vezes/na semana)	Modo de irrigação	Tempo (min)	Vazão (ℓ/min)	Quantidade regadores (unid.)	Volume regador (ℓ)	Volume utilizado
Rega canteiros	7	Regador	-	-	5	8	280 ℓ/semana
Total semanal			-	-			280 ℓ/semana
Total diário			-	-			40 ℓ/d