

PREFÁCIO

A população de baixa renda no Brasil teve nos últimos dez anos sua renda elevada, havendo assim uma melhoria nos níveis de equidade social e econômica no país. Apesar dos benefícios trazidos à população, estes avanços têm repercutido em um impacto ambiental de grandes dimensões decorrentes da adoção de estilos de vida com padrões de consumo mais elevados. De fato, o provimento de sistemas de tratamento de esgoto, a produção e distribuição de energia, o provimento de água potável e a própria construção da habitação, têm impactos ambientais elevados que podem ser mitigados mas dificilmente eliminados. Neste contexto, o desafio que se coloca aos pesquisadores é o desenvolvimento de soluções que melhorem a qualidade de vida da população de baixa renda, sem que haja o correspondente impacto ambiental observado nos produtos e serviços convencionais. Em outras palavras, necessita-se de inovação que possibilite um consumo sustentável por parte do consumidor emergente.

Para que tal objetivo possa ser atingido, não basta meramente o provimento de uma nova tecnologia, desprovida de conexão com a efetiva realidade e cultura presente entre os moradores da habitação de interesse social. É preciso o profundo entendimento da dinâmica dos hábitos de consumo atuais para determinar soluções com maior probabilidade de integração no dia-a-dia desta população.

Desta forma, o trabalho “Uso Racional de Água e Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social”, convênio Nº 01.10.0507.00 firmado entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e a Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC), teve por objetivo geral formar uma rede de pesquisa para desenvolver tecnologias inovadoras para uso racional de água, geração de energia renovável e aumento da eficiência energética em habitações de interesse social. A rede foi coordenada pelo Prof. Enedir Ghisi, da USFC, e o trabalho foi executado pelas seguintes instituições:

- Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Civil – UFSC;
- Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Mecânica – UFSC;
- Universidade Federal do Espírito Santo, Depto de Engenharia Ambiental – UFES;
- Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Depto de Hidráulica e Transportes – UFMS;
- Universidade Federal de Sergipe, Depto de Engenharia Química – UFS;
- Universidade Federal do Paraná, Depto de Design – UFPR;
- Universidade Federal da Bahia, Depto de Engenharia Ambiental – UFBA;
- Universidade Federal de Pelotas, Depto de Engenharia Civil – UFPEL;
- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Depto de Engenharia Mecânica – UNISINOS.

Os estudos realizados pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina foram divididos em três volumes:

- Volume 1: Hábitos e indicadores de consumo de água e energia;
- Volume 2: Uso de fontes alternativas de água;
- Volume 3: Eficiência energética.

SUMÁRIO

Resumo.....	1
1. Experimentos in loco	2
1.1. Introdução	2
1.2. Objetivo	2
1.3. Método.....	2
1.3.1. Caracterização dos usos finais de água por meio de data loggers	2
1.3.2. Equipamentos economizadores de água	5
1.4. Resultados.....	6
1.4.1. Usos finais de água obtidos por meio de <i>data loggers</i>	6
1.4.2. Equipamentos economizadores.....	9
1.5. Considerações finais	13
2. Aprimoramento do programa Netuno	14
2.1. Introdução	14
2.2. Objetivo	14
2.3. Descarte de escoamento inicial.....	14
2.4. Demanda variável	15
2.5. Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água	16
2.5.1. Custos operacionais	17
2.5.2. Economias e custos mensais	17
2.5.3. Simulação de Cenários.....	18
2.6. Considerações finais	19
3. Simulações computacionais e tratamento dos dados obtidos in loco.....	20
3.1. Introdução	20
3.2. Objetivo	20
3.3. Método.....	20
3.3.1. Dados de entrada para as simulações do potencial de economia de água	20
3.4. Resultados.....	24
3.5. Considerações finais	26
4. Simulações computacionais para outras cidades no Brasil.....	27
4.1. Introdução	27
4.2. Objetivo	27
4.3. Método.....	28
4.4. Resultados.....	28
4.5. Considerações finais	31
Referências Bibliográficas.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Kit Smart Meter FTS com <i>data logger</i> (a), sensor de pulso instalado em chuveiro (b) e sensor de tempo instalado em bacia sanitária com válvula de descarga (c).	3
Figura 2 – Limites de temperatura para Inverno e Verão, temperatura média mensal para última década e temperatura média diária máxima e mínima para os meses do ano de 2012 em Florianópolis.	6
Figura 3 – Distribuição de dias com temperatura média classificada como Verão ($\geq 24,0^{\circ}\text{C}$), Meia estação ($< 24,0^{\circ}\text{C}$ e $> 18,6^{\circ}\text{C}$) e Inverno ($\leq 18,6^{\circ}\text{C}$) durante o período de janeiro de 2002 a setembro de 2012 em Florianópolis.	7
Figura 4 – Usos finais de água, consumo de água, renda familiar em salários mínimos (SM) e número de habitantes em dez habitações de interesse social (HIS) em Florianópolis.	8
Figura 5 – Dados de Precipitação: (a) Interface Principal (b) Janela Específica	15
Figura 6 – Janela para entrada de dados de demanda variável	16
Figura 7 – Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água.	16
Figura 8 – Outros custos operacionais.	17
Figura 9 – Custos e economias: (a) dados simplificados (b) dados detalhados	18
Figura 10 – Simulação de cenários.	19
Figura 11 – Simulação de cenários: (a) dados de precipitação (b) reservatório inferior.	19
Figura 12 – Planta baixa sem escala do Modelo de Referência 1. Adaptado de Rosa (2014).	22
Figura 13 – Planta baixa sem escala do Modelo de Referência 2. Adaptado de Rosa (2014).	23
Figura 14 – Relação entre capacidade do reservatório inferior e o potencial de economia de água para o modelo 1.	25
Figura 15 – Relação entre capacidade do reservatório inferior e o potencial de economia de água para o modelo 2.	25
Figura 16 – Relação entre os potenciais de economia de água para os dois modelos de edificação.	26
Figura 17 – Precipitação acumulada mensal das cidades selecionadas para simulação.	28
Figura 18 – Relação entre potencial de economia de água e capacidade do reservatório inferior para as cidades selecionadas para o modelo 1 de edificação.	29
Figura 19 – Relação entre potencial de economia de água e capacidade do reservatório inferior para o modelo 2 de edificação.	30
Figura 20 – Relação entre o volume médio ideal dos reservatórios e a precipitação acumulada anual para as diferentes cidades.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Torneiras economizadoras instaladas nas habitações de interesse social avaliadas.	9
Tabela 2 – Consumo e economia de água com o uso de equipamentos economizadores.	11
Tabela 3 – Consumo diário per capita dos equipamentos encontrados em edificações unifamiliares de interesse social (adaptado de Marinoski et al. (2014))......	21
Tabela 4 – Percentagem dos usos finais de água por equipamentos hidrossanitários.	23
Tabela 5 – Percentagem das demandas de água potável e não potável.	24
Tabela 6 – Dados de entrada para as simulações com o programa Netuno.	24
Tabela 7 – Resultados obtidos para a simulação de potencial de economia de água potável para os dois modelos.	26
Tabela 8 – Potenciais de economia de água potável para diferentes cidades.	31

RESUMO

Este volume apresenta os métodos e resultados de análises relacionadas ao aproveitamento de água de chuva como fonte alternativa de água para fins não potáveis em edificações residenciais. O primeiro item do trabalho trata das medições *in loco* realizadas em algumas edificações da amostra por meio de *smartmeters*. Esses equipamentos são *dataloggers* e foram instalados em todos os equipamentos hidráulicos desse conjunto de habitações para analisar o consumo de água para servir como base para calcular os usos finais e também para avaliar o uso de equipamentos economizadores.

O item 2 mostra o aprimoramento do programa computacional Netuno, utilizado para avaliar o desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial através de simulação computacional da oferta e demanda. O programa utiliza dados de entrada referente ao sistema a ser analisado e também do nível de precipitação pluviométrica do local em dados diários para grandes séries temporais. Os itens 3 e 4 tratam de aplicar o programa Netuno para avaliar o desempenho de diferentes sistemas de aproveitamento de água pluvial para diferentes localidades do Brasil. Este estudo contribuiu para determinar o potencial de economia de água potável através da utilização de água de chuva e equipamentos economizadores em habitações de interesse social através de métodos precisos, com medições para o levantamento dos dados e simulações computacional para avaliação de desempenho.

1. EXPERIMENTOS IN LOCO

1.1. Introdução

O desenvolvimento de estratégias eficientes para reduzir o consumo de água está vinculado à caracterização dos seus usos finais. A partir deste conhecimento é possível avaliar os principais aparelhos responsáveis pelo consumo da água e priorizar o desenvolvimento de tecnologias para se gerar uma maior economia efetiva (ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO, 1998). Além disso, os usos finais de água são úteis para que possam ser caracterizadas e avaliadas as ações para a redução da demanda e de desperdícios de água nas habitações, bem como as possíveis fontes alternativas de água. Os usos finais também são essenciais para a identificação da parcela da demanda total que pode ser economizada através de fontes alternativas de água (WILLIS et al., 2013).

1.2. Objetivo

O objetivo desse relatório é apresentar os experimentos realizados *in loco* para verificar os usos finais de água e a economia obtida com a instalação de equipamentos economizadores de água em habitações de interesse social na região de Florianópolis.

1.3. Método

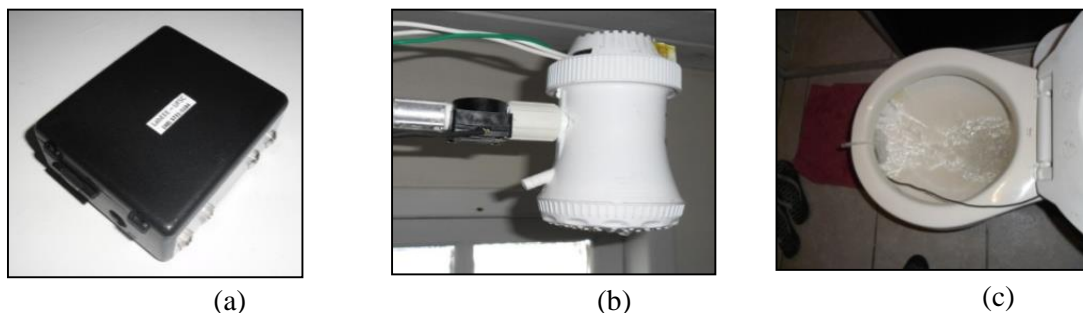
O método é dividido em caracterização dos usos finais de água e avaliação de equipamentos economizadores de água.

1.3.1. Caracterização dos usos finais de água por meio de data loggers

Avaliou-se os usos finais de água em dez habitações de interesse social localizadas em Florianópolis/SC por meio da instalação de experimentos *in loco*. Essa avaliação é resultante do trabalho de Vieira (2012).

Para a determinação do perfil de consumo, das vazões típicas e da frequência e duração de uso dos equipamentos hidrossanitários das habitações utilizaram-se *data loggers* SmartMeter FTS da empresa Sustentare Soluções Tecnológicas Ltda ME (Figura 1). Este equipamento possui resolução temporal igual a 1s e resolução volumétrica igual a 0,014 L/pulso. O equipamento monitora o uso de água através de dois tipos de sensores, um de pulso, que registra o volume e a duração de cada evento, e outro de tempo, que registra somente a duração de cada evento. O primeiro tipo de sensor foi utilizado para o monitoramento do consumo de água e do tempo de uso em torneiras, chuveiros e bacias sanitárias com caixa acoplada ou suspensa. O segundo tipo de sensor foi utilizado para registrar-se o tempo de descarga em bacias sanitárias com válvula de descarga.

Figura 1 – Kit Smart Meter FTS com *data logger* (a), sensor de pulso instalado em chuveiro (b) e sensor de tempo instalado em bacia sanitária com válvula de descarga (c).



Através de teste laboratorial, determinou-se o erro máximo do sensor de pulso sendo igual a 10% para vazões variando entre 0,03 e 0,3 L/s. Realizou-se o teste coletando o volume total de água e medindo o respectivo peso de vinte eventos de uso de uma torneira nova com 1/4 de volta de abertura da marca Docol. Os eventos foram realizados com e sem arejador na saída da torneira. Concomitantemente, monitorou-se cada evento com um *datalogger*. Posteriormente, comparou-se os dados registrados pelo *datalogger* com os dados levantados manualmente considerando a densidade da água igual a 1 kg/L. A balança utilizada para medir o peso de água de cada evento apresentava precisão de 1 grama. A mesma possuía etiqueta de calibração do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) emitida pela Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (CERTI) de acordo com a NBR ISO/IEC 17.025. Ainda, determinou-se o erro do sensor de tempo em aproximadamente 1 segundo por meio do monitoramento com cronômetro dos eventos supracitados e posterior comparação com os dados registrados pelo *datalogger*.

Em cada habitação, instalou-se de 2 a 4 *dataloggers* a fim de registrar o volume consumido em todos os equipamentos hidrossanitários existentes. O monitoramento das habitações foi realizado durante o período mínimo de uma semana, dependendo da permissão dos moradores, no período compreendido entre 3 de agosto e 16 de setembro de 2012.

Para determinar o consumo de água em bacias sanitárias com válvula de descarga, mediu-se a vazão destes equipamentos *in loco* por meio do método de monitoramento do volume de descarga de bacias sanitárias, conforme as etapas descritas a seguir:

1. Medir o nível da água dentro da bacia sanitária com uma régua;
2. Bloquear totalmente o sifão de saída da bacia sanitária;
3. Acionar a descarga durante três segundos;

Obs.: Este tempo foi determinado como ideal para medir o volume de descarga sem causar transbordamento de água na bacia sanitária.

4. Medir o nível de elevação da água na bacia sanitária após o término da descarga ainda com o sifão bloqueado;
5. Retirar o bloqueio do sifão para que a água escoe, retornando ao seu nível original;
6. Repetir as Etapas 1 e 2;

Obs.: Assegurar que o nível de água é igual à primeira medição. Caso o nível for diferente, este deve ser corrigido acrescentando-se ou retirando-se água até atingir o nível desejado.

7. Encher a bacia sanitária com recipiente graduado de volume conhecido até o nível medido na Etapa 4;
8. Anotar o volume utilizado para encher a bacia sanitária;
9. Determinar a vazão da bacia sanitária com o dado do volume utilizado para encher a bacia sanitária. Este volume é igual ao volume consumido durante os 3 segundos de descarga;
10. Repetir o procedimento dos passos anteriores três vezes;
11. Determinar a vazão da bacia sanitária através da média das três vazões determinadas.

Calculou-se o volume de cada descarga através da vazão medida e do tempo de uso por evento monitorado com o *datalogger* - Equação 1.

$$VD = Q_m \times t \quad (1)$$

Onde:

VD é o volume de descarga (L);

Q_m é a vazão de descarga (L/s);

t é o tempo de descarga por evento monitorado (s).

Classificou-se os dias monitorados em dias de "Verão", "Inverno" e "Meia estação", pois o consumo de água tem relação com a temperatura do ar de cada dia. Para determinação da temperatura do ar característica para cada classe de dia, utilizou-se dados de temperatura mínima e máxima diária para Florianópolis durante o período entre 2002 e 2012 disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com estes dados, determinaram-se as médias mensais de temperatura para cada ano. O agrupamento dos dias classe "Verão", "Inverno" e "Meia estação" foi realizado considerando as temperaturas médias para cada mês durante os anos analisados. Verificou-se a similaridade de meses agrupados em uma mesma classe através do teste de Análise de Variância (ANOVA) fator único. Assim, foi avaliado se os dados de temperatura média mensal para cada classe eram significativamente diferentes para confiabilidade de 99,9%. Por último, determinou-se a temperatura limite entre as classes, a qual foi definida através da temperatura média para cada mês durante a década analisada. O limite inferior para classe com maior temperatura - "Verão" - foi definido como sendo a sua mínima média de temperatura mensal; enquanto, o limite superior para classe com menor temperatura - "Inverno", a sua máxima média de temperatura mensal. Cada dia com temperatura média compreendida entre a faixa de temperaturas limites foi classificado como "Meia estação"; enquanto dias com temperatura acima e abaixo desta faixa foram classificados como "Verão" e "Inverno", respectivamente.

O tratamento dos dados levantados através do monitoramento foi realizado em planilha de cálculo computacional. Nesta etapa, classificaram-se os dias monitorados em "Inverno", "Meia estação" e "Verão". Com os dados de consumo divididos por classe, determinou-se o consumo de água em cada equipamento hidrossanitário durante o período monitorado. Assim, determinou-se a contribuição de cada equipamento para o consumo total de água - usos finais de água - em cada habitação estudada.

Com os dados de usos finais de água, calculou-se a produção de água cinza em lavadoras de roupas, chuveiros, lavatórios e tanques. Além disso, definiu-se a demanda de água para três tipos de equipamentos hidrossanitários, os quais foram divididos em: (i) abastecidos exclusivamente por água potável - Potáveis; (ii) abastecidos por água pluvial de coberturas ou fonte com padrão de qualidade superior - Não-potáveis água pluvial; (iii) e abastecidos por água cinza ou fonte com padrão de qualidade superior - Não-potáveis água cinza. O segundo tipo de equipamentos abrange lavadora de roupas, tanque e bacia sanitária; o terceiro inclui somente bacias sanitárias neste trabalho.

Com os dados de usos finais de água para cada habitação, verificou-se o consumo para dois grupos de habitação, sendo o primeiro para famílias com renda inferior a três salários mínimos e o segundo para famílias com renda entre três e cinco salários mínimos. Adotou-se esta separação de acordo com diretrizes estabelecidas pela Política Habitacional de Florianópolis. Esta política tem por objetivo: "Atender diretamente, como recursos públicos, demandas com renda familiar de até 5 salários mínimos (S.M.), tendo como prioridade famílias com renda de até 3 S.M." (PMF, 2012).

1.3.2. Equipamentos economizadores de água

Foram realizados experimentos *in loco* em dez habitações de interesse social localizadas em Florianópolis onde torneiras convencionais foram substituídas por torneiras economizadoras. As habitações que participaram do experimento com torneiras economizadoras foram as mesmas onde foram instalados os equipamentos *smartmeters* para monitoramento dos usos finais. Essa avaliação também é resultante do trabalho de Vieira (2012).

Primeiramente as torneiras convencionais existentes nas habitações foram substituídas por torneiras novas economizadoras com arejadores na torneira da cozinha e torneira do lavatório (torneiras que apresentaram o maior consumo de água dentre as torneiras avaliadas). Foi avaliado o desempenho de equipamentos hidrossanitários economizadores e estudou-se o potencial de redução da demanda de água e da produção de efluentes em torneiras.

Foi realizado o tratamento dos dados de consumo de água com a substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por economizadores em dez habitações estudadas. A economia de água total foi obtida comparando-se os eventos de uso levantados em campo para equipamentos convencionais e economizadores;

O monitoramento das dez habitações de interesse social estudadas foi realizado entre 3 de agosto e 16 de setembro de 2012. Registrou-se o volume consumido, o horário e a duração de cada evento de uso em todos os equipamentos hidrossanitários existentes nas habitações de interesse social durante o período mínimo de uma semana – primeira fase de monitoramento. O mesmo procedimento foi repetido após a substituição das torneiras convencionais por economizadoras – segunda fase de monitoramento.

Com os dados de consumo anteriores e posteriores à instalação de torneiras economizadoras, determinou-se a redução do consumo de água por evento de uso com a utilização desta tecnologia. Avaliou-se a redução de consumo por evento de uso, porque se admitiu que o evento representa as funções desempenhadas por torneiras, como por exemplo: lavar as mãos, lavar louças. Desta forma, pode-se comparar períodos com diferentes frequências de uso.

Para o cálculo do volume consumido por evento, utilizou-se a Equação 2.

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q \times t}{n} \quad (2)$$

Onde:

V é o volume médio consumido por evento (L);

Q é a vazão do evento "n" monitorado (L/s);

t é a duração do evento "n" monitorado (s);

n é o número de eventos durante o período de monitoramento.

Avaliou-se o potencial de economia em torneiras através da Equação 3.

$$C_{EE} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \quad (3)$$

Onde:

C_{EE} é o coeficiente de variação da demanda com a instalação de equipamentos economizadores (adimensional);

V_1 é o volume médio de água consumido por evento na primeira fase de monitoramento – com equipamentos convencionais (L);

V_2 é o volume médio de água consumido por evento na segunda fase de monitoramento – com equipamentos economizadores (L).

Avaliou-se a redução da produção de efluentes de forma análoga ao método utilizado para determinação da redução da demanda de água. Após estimar o potencial de redução da demanda de água e da produção de esgoto, verificou-se a redução total obtida com o uso de torneiras economizadoras. Por último, considerou-se o mesmo potencial de economia de água para redução de efluentes domésticos com a utilização de equipamentos economizadores.

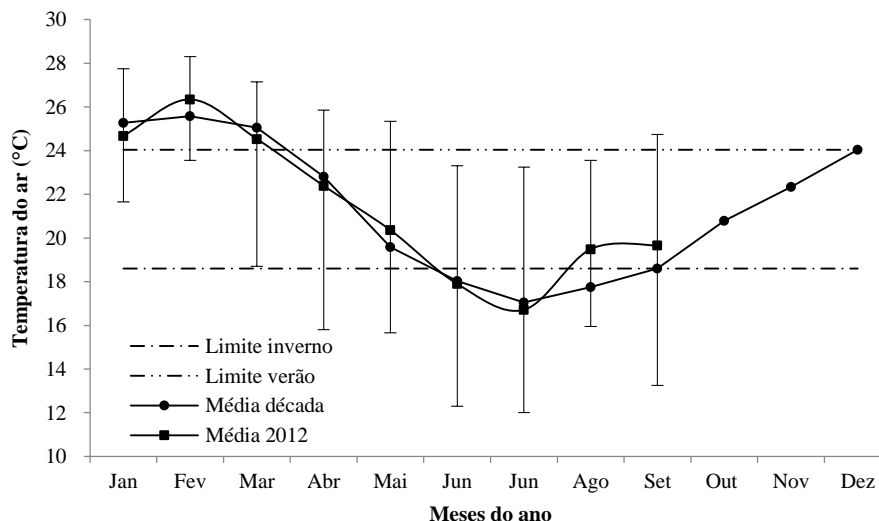
1.4. Resultados

1.4.1. Usos finais de água obtidos por meio de *data loggers*

Os usos finais de água foram determinados para dez habitações de interesse social localizadas em Florianópolis no período entre 3 de agosto e 16 de setembro de 2012. Classificou-se os dias monitorados em "Verão", "Meia estação" e "Inverno" de acordo com suas respectivas temperaturas médias do ar.

Por meio de teste estatístico de Análise de Variância (ANOVA) fator único, determinou-se que as médias mensais de temperatura do ar para os meses de "Verão" (dezembro, janeiro, fevereiro e março), de "Meia estação" (abril, maio, outubro e novembro) e de "Inverno" (junho, julho, agosto e setembro) diferem significativamente com 99,9% de confiabilidade ($p < 0,001$). A Figura 2 ilustra a variação da temperatura média mensal e os limites de temperatura entre as três classes determinadas: "Verão", "Meia estação" e "Inverno".

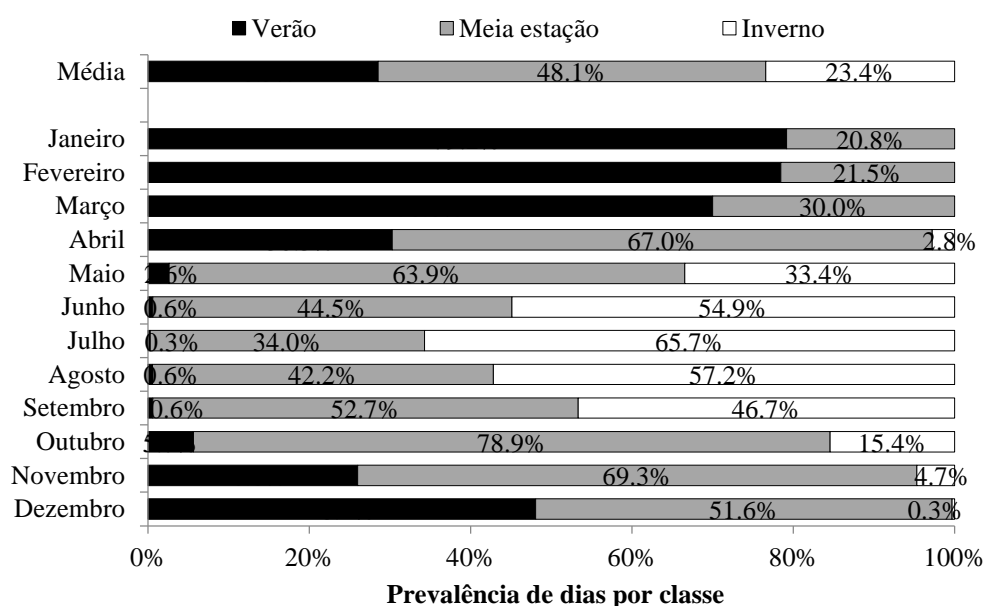
Figura 2 – Limites de temperatura para Inverno e Verão, temperatura média mensal para última década e temperatura média diária máxima e mínima para os meses do ano de 2012 em Florianópolis.



Comparando-se a variação da média mensal de temperatura observada na última década com a média do ano atual, verificou-se aumento da temperatura média para os meses de agosto e setembro em 2012. Desta forma, ambos os meses caracterizaram-se por dias mais quentes em relação à média histórica.

De acordo com o método descrito, determinou-se 24,0°C como o limite entre as classes de dias de "Verão" e de "Meia estação", e 18,6°C como o limite entre as classes de dias de "Meia estação" e de "Inverno". A Figura 3 ilustra a prevalência de dias de "Verão", "Meia estação" e "Inverno" a fim de se verificar a representatividade de cada classe.

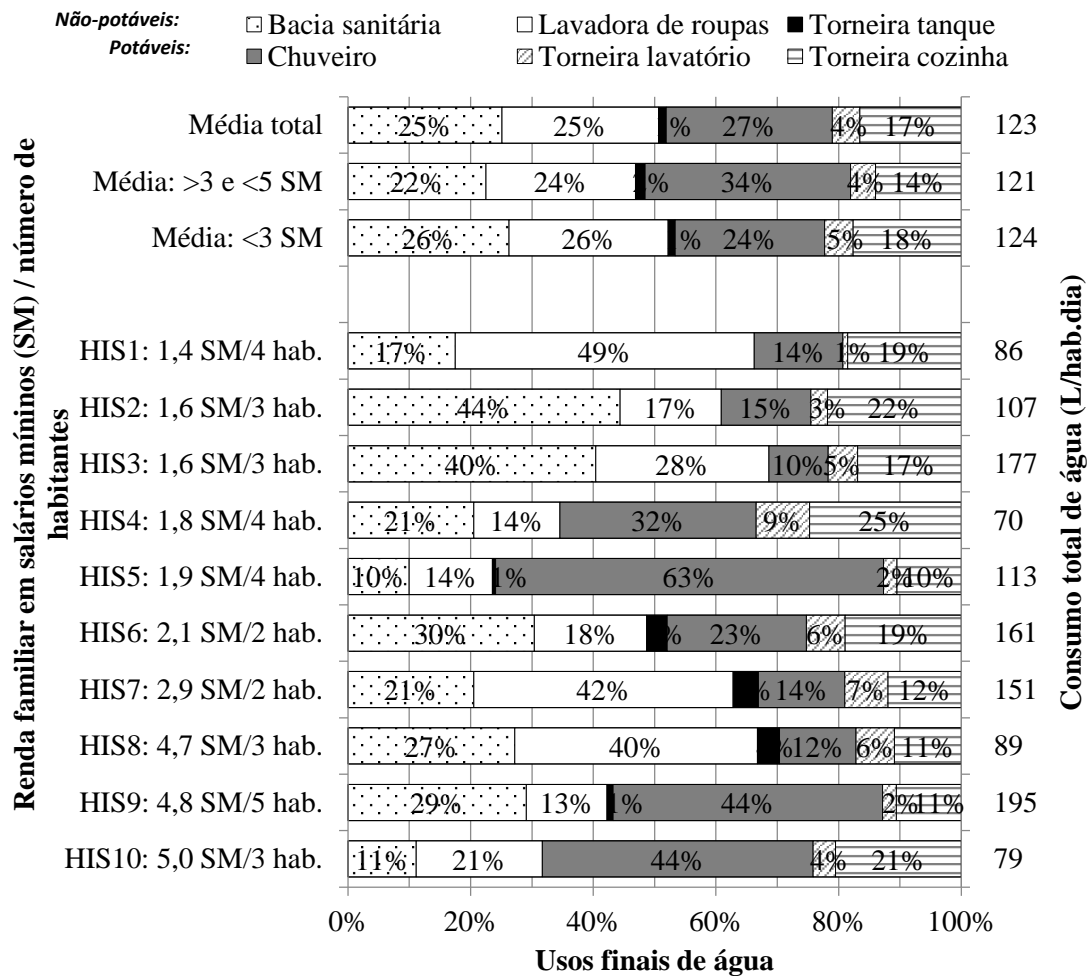
Figura 3 – Distribuição de dias com temperatura média classificada como Verão ($\geq 24,0^{\circ}\text{C}$), Meia estação ($< 24,0^{\circ}\text{C}$ e $> 18,6^{\circ}\text{C}$) e Inverno ($\leq 18,6^{\circ}\text{C}$) durante o período de janeiro de 2002 a setembro de 2012 em Florianópolis.



Assumiu-se que os usos finais de água durante dias de "Meia estação" representam a média dos usos finais de água durante o ano. Esta proposição foi realizada levando em consideração dois fatores: (i) a faixa de temperatura de dias de "Meia estação" inclui aproximadamente 50% das médias diárias de temperatura observadas na última década; (ii) dias de "Meia estação" possuem temperatura entre as temperaturas de "Verão" e "Inverno", representando, assim, a temperatura média entre extremos de frio e calor.

A Figura 4 ilustra os usos finais de água determinados em dez habitações de interesse social localizadas em Florianópolis durante dias de "Meia estação". Dentre as famílias participantes, sete possuíam rendimento mensal de até três salários mínimos, e entre três e cinco salários mínimos. Portanto, a faixa salarial destas famílias atende ao critério de seleção para participação em programas habitacionais, compreendendo-se dentro dos dois grupos com maior interesse para a Política Habitacional de Florianópolis (PMF, 2012). Esta política estabelece que famílias com renda de até três salários mínimos têm atendimento prioritário, com posterior atendimento a famílias com renda entre três e cinco salários mínimos. A Política Habitacional de Florianópolis também inclui benefícios a famílias com renda entre cinco e dez salários mínimos; entretanto, esta faixa salarial não foi avaliada neste estudo.

Figura 4 – Usos finais de água, consumo de água, renda familiar em salários mínimos (SM) e número de habitantes em dez habitações de interesse social (HIS) em Florianópolis.



O consumo médio de água dentre as duas faixas de renda avaliadas não apresentou diferença considerável. Famílias com renda de até três salários mínimos consumiram em média 124 L/hab.dia, enquanto, famílias com renda entre três e cinco salários mínimos, 121 L/hab.dia. Avaliando-se o consumo individualmente para cada habitação estudada, percebeu-se que o consumo de água não está relacionado à renda, tampouco ao número de habitantes. Esta tendência pode estar associada à tarifa mínima cobrada pela concessionária, a qual não estimula reduções contínuas do consumo, pois apresenta tarifa fixa para consumos mensais entre 0 e 10 m³. Dentre as dez habitações avaliadas, sete obtiveram consumo médio mensal igual ou inferior a 10 m³. Por outro lado, o consumo de água esteve principalmente relacionado ao padrão de ocupação da habitação. Assim, em habitações ocupadas durante todo o dia, observou-se maior consumo em relação a habitações ocupadas durante somente um período do dia.

O maior consumo de água foi observado para a bacia sanitária, a lavadora de roupas e o chuveiro, com médias iguais a 25, 25 e 27%, respectivamente. Assim, em média, 77% da água consumida nas casas estudadas é destinada a estes três usos finais. No entanto, a contribuição de cada equipamento hidrossanitário variou consideravelmente dentre as habitações.

Verificou-se que água pluvial para o abastecimento de bacias sanitárias, lavadoras de roupas e tanques (usos não-potáveis pluviais) representam entre 24 e 70% da demanda total de água. Em média, os usos finais "não-potáveis pluviais" corresponderam a 51% do consumo total de água nas habitações. Este potencial é próximo ao descrito por Peters et al. (2006), onde determinou-se que 49%

da demanda de água poderia ser suprida por água pluvial em habitação de interesse social localizada em Florianópolis.

A bacia sanitária foi o único uso final não-potável considerado para o aproveitamento de água cinza dentre os usos estudados, representando, assim, a demanda de água cinza. Esta proposição foi adotada, porque as habitações estudadas não apresentaram consumo significativo de água para fins externos (irrigação e lavagem de pisos). Além disso, a água cinza tratada não foi considerada para lavagem de roupas, bem como para higienização e cocção, devido a segurança sanitária da população de interesse.



A oferta de água cinza foi considerada a partir dos efluentes do chuveiro, lavatório, lavadora de roupas e tanque. As habitações de ambas as faixas salariais avaliadas possuíram maior oferta de água cinza em relação à demanda. Em habitações com renda de até três salários mínimos, a demanda de água cinza foi igual a 26% do consumo total, enquanto a oferta, igual a 56%. Por sua vez, as habitações com renda entre três e cinco salários mínimos obtiveram demanda e oferta de água cinza iguais a 48 e 64% da demanda total, respectivamente.

Em média, a bacia sanitária correspondeu a 25% do consumo de água. Consumo similar foi encontrado nos estudos de Peters et al. (2006) - 22% (baixa renda/Florianópolis) -, Cohim, Garcia e Kiperstok (2008) - 23% (baixa renda/Região metropolitana de Salvador) - e Ghisi e Oliveira (2007) - 27% (média renda/Região metropolitana de Florianópolis).

1.4.2. Equipamentos economizadores

Avaliou-se a variação do consumo de água e da produção de esgoto através do uso de torneiras economizadoras em nove das dez habitações estudadas. Dentre as nove habitações participantes deste experimento, trocou-se as torneiras da cozinha e do lavatório em seis habitações (HIS 1, 2, 3, 7, 9 e 10), somente a torneira da cozinha em duas (HIS 4 e 6) e somente a torneira do lavatório em uma (HIS 5). A Tabela 1 apresenta as características tanto das torneiras novas instaladas nas habitações.

Tabela 1 – Torneiras economizadoras instaladas nas habitações de interesse social avaliadas.

Situação / Local	Torneira lavatório (Modelo / Marca)	Torneira cozinha (Modelo / Marca)	Características
Instaladas nas HIS	Torneira mesa Trio / Docol (economizadora) 	Torneira parede Trio / Docol (economizadora) 	<p>Torneira lavatório</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material principal: latão; - Acionamento máximo: 1/4 volta; - Vedação: pastilha cerâmica; - Arejador: sim; - Garantia: 10 anos. <p>Torneira cozinha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material principal: latão; - Acionamento máximo: 1/4 volta; - Vedação: pastilha cerâmica; - Arejador: sim; - Garantia: 10 anos; - Mobilidade: 360°.

Em relação às torneiras existentes, as torneiras novas instaladas são operadas com um menor número de voltas para abertura e fechamento. As últimas também possuíam arejador, peça que mistura ar ao fluxo de água. Ambas as características têm a finalidade de promover a economia de água por evento de uso, sendo o uso do arejador para redução da vazão e o acionamento mais eficaz para diminuir o tempo de uso.

Observou-se que as famílias com renda de até dois salários mínimos (HIS 1 a HIS 5) possuíam torneiras plásticas em seus lavatórios. As quatro habitações com renda entre dois e meio e cinco salários mínimos (HIS 7 a HIS 10) possuíam torneiras metálicas. O número de voltas para operação de máxima abertura e fechamento para as torneiras existentes nos lavatórios variou de 1,25 a 4,00 dentre as habitações avaliadas. Somente as torneiras do lavatório das habitações 2 e 8 possuíam arejador; no entanto, a torneira da habitação 8 não foi avaliada por possuir características similares a torneira economizadora nova instalada nas habitações.

Com exceção da habitação 5, todas as habitações possuíam torneiras da cozinha com mobilidade de rotação igual a 360°. Na habitação 6, encontrou-se a única torneira de cozinha com arejador dentre as torneiras avaliadas; entretanto, o arejador estava danificado, operando de forma similar a torneiras sem arejador. O número de voltas máximo para operação de abertura e fechamento das torneiras da cozinha existentes variou entre 1,50 e 4,00.

A variação do consumo de água com a substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por economizadores nas habitações estudadas é apresentada na Tabela 2. A economia de água total foi obtida comparando-se os eventos de uso levantados em campo para equipamentos convencionais e economizadores.

Na cozinha das habitações avaliadas, torneiras economizadoras promoveram redução do consumo de água por evento de uso oscilando entre 10 e 26%, com média igual a 19%. No lavatório das habitações, a instalação das torneiras economizadoras promoveu tanto a redução, quanto o aumento do consumo de água. Na maioria das habitações, observou-se economia, variando entre 12 e 32%, com média para as habitações com redução do consumo igual a 24,0%. Este valor é igual ao encontrado para torneiras de lavatórios por ANA, FIESP e SINDUSCONSP (2005) - 24,0% - e próximo ao descrito por SECOVI (2005) - 22,5% - e USEPA (2012) - 30%.

Apesar da economia de água na maioria das habitações, a instalação de torneiras economizadoras no lavatório promoveu aumento do consumo de água igual a 80 e 23% nas habitações 3 e 5, respectivamente. Segundo os moradores destas habitações, com a instalação das torneiras economizadoras, a abertura da torneira do lavatório passou a ser máxima. Como observado em campo, ambas as habitações possuíam lavatórios com distância de aproximadamente 10 cm entre a saída de água da torneira e o dreno do lavatório, o que ocasionava o derramamento de água com o uso de torneiras convencionais. O posicionamento da torneira nova permitiu que o fluxo de água fosse diretamente direcionado para o dreno, evitando que a água derramasse durante o uso e, por conseguinte, permitindo que os usuários aumentassem a vazão de uso. Além disso, com o uso de arejadores, a água deixou de derramar ao lavar as mãos devido à incorporação de ar à água, possibilitando a maior abertura da torneira. Assim, a vazão média de uso da torneira do lavatório na habitação 3 aumentou de 0,035 para 0,071 L/s; e, na habitação 5, de 0,460 para 0,054 L/s.

Tabela 2 – Consumo e economia de água com o uso de equipamentos economizadores.

Parâmetros	Habitações estudadas									
	HIS 1	HIS 2	HIS 3	HIS 4	HIS 5	HIS 6	HIS 7	HIS 8	HIS 9	HIS 10
Torneira da Cozinha Convencional										
Duração por evento (s)	14	-	47	15	-	14	19	-	14	13
Vazão média (L/s)	0,071	-	0,029	0,066	-	0,057	0,062	-	0,076	0,073
Volume por evento (L)	0,987	-	1,34	1,007	-	0,793	1,17	-	1,049	0,954
Torneira da Cozinha Economizadora										
Duração por evento (s)	16	-	47	16	-	13	19	-	14	14
Vazão média (L/s)	0,05	-	0,021	0,049	-	0,049	0,054	-	0,058	0,063
Volume por evento (L)	0,782	-	0,992	0,797	-	0,635	1,031	-	0,822	0,86
Economia de água Cozinha (%)	21	-	26	21	-	20	12	-	22	10
Torneira do Lavatório Convencional										
Duração por evento (s)	23	9	21	-	13	-	18	-	12	15
Vazão média (L/s)	0,037	0,055	0,035	-	0,046	-	0,078	-	0,059	0,032
Volume por evento (L)	0,84	0,497	0,75	-	0,619	-	1,404	-	0,72	0,483
Torneira do Lavatório Economizadora										
Duração por evento (s)	16	10	19	-	14	-	18	-	9	13
Vazão média (L/s)	0,047	0,036	0,071	-	0,054	-	0,052	-	0,059	0,03
Volume por evento (L)	0,74	0,346	1,353	-	0,762	-	0,954	-	0,552	0,381
Economia de água Lavatório (%)	12	30	-80	-	-23	-	32	-	23	21
Bacia Sanitária Convencional										
Duração por evento (s)	-	-	10	-	-	7	7	8	-	4
Vazão média (L/s)	-	-	1,43	-	-	1,5	1,5	1,3	-	1,335
Volume por evento (L)	11,7	8,3	14,8	8,3	6,5	10,5	10,9	10,9	11,6	5,8
Bacia Sanitária Economizadora										
Volume por evento (L)	5	5,6	4,4	4,2	4,7	4,6	4,9	4,5	5	4,6
Economia de água Bacia Sanitária (%)	57	33	70	49	28	56	55	59	57	21
Total habitação										
Consumo (L/hab.dia) Equip. Convencionais	86	107,2	177	70,3	112,8	161,1	151,5	89,2	194,8	79,4
Consumo (L/hab.dia) Equip. Economizadores	74	90,4	125,8	59,5	110,3	127,5	128,6	75	157,1	75,4
Economia de água Total (%)	14	16	29	15	2	21	15	16	19	5

A habitação 1 também possuía o mesmo tipo de lavatório que o encontrado nas habitações 3 e 5. Nesta habitação, também foi observado o aumento da vazão de uso após a instalação da torneira economizadora, variando de 0,037 para 0,047 L/s. A diferença entre as vazões observadas nas habitações 1, 3 e 5 certamente é relacionada à diferença de pressão entre os sistemas hidráulicos que servem o lavatório. Enquanto a primeira habitação é abastecida por reservatório suspenso a 2,8 metros, as outras duas são abastecidas por reservatórios suspensos a mais de 5 metros localizados em edificações adjacentes.

A habitação 1 foi a única dentre as habitações estudadas que obteve considerável redução do tempo de uso da torneira do lavatório com a instalação de equipamentos economizadores, diminuindo a duração média por evento de uso de 23 para 16 segundos. Assim, apesar do aumento da vazão, esta habitação alcançou economia de água igual a 12% no lavatório. Segundo o morador, a torneira economizadora pode ser operada com maior facilidade, possibilitando o uso mais eficiente para a mesma função. A torneira do lavatório existente na habitação apresentava problemas de fixação, sendo necessário segurá-la para as operações de abertura e fechamento.

A avaliação do potencial de redução do consumo de água em bacias sanitárias foi realizada supondo a instalação de bacias sanitárias de acionamento duplo, 3 L/descarga para eventos curtos e 6 L/descarga para eventos longos. As bacias sanitárias monitoradas possuíam três tipos de mecanismos de descarga: (i) válvula de descarga; (ii) caixa acoplada com volume de 12 litros; e (iii) caixa suspensa com volume de 9 litros.

Dentre as cinco habitações com bacias sanitárias com válvula de descarga (HIS 3, 6, 7, 8 e 10), observou-se a ampla variação do potencial de economia - entre 21 e 70% -, com média igual a 52%. Esta variação foi diretamente proporcional ao tempo de acionamento médio da descarga, com coeficiente de determinação (R^2) entre os dois parâmetros igual a 0,89. O tempo médio de acionamento da descarga observado nas habitações apresentou valores entre 4 e 10 segundos. A vazão média das bacias sanitárias monitoradas oscilou entre 1,3 a 1,5 L/s.

Encontrou-se o maior potencial médio de economia para bacias sanitárias com caixa acoplada de 12 litros. As duas habitações com este tipo de descarga (HIS 1 e 9), apresentaram potenciais de economia iguais a 57 e 58%, respectivamente. Para este tipo de equipamento, todas as descargas consumiam aproximadamente 12 litros devido ao mecanismo de acionamento que libera integralmente o volume armazenado na caixa acoplada. Assim, mesmo em eventos onde o usuário poderia acionar a descarga brevemente, o volume de acionamento foi igual a 12 litros.

Habitações com caixa suspensa (HIS 2, 4 e 5) apresentaram o menor potencial médio de economia de água para a bacia sanitária - 37%. O menor consumo de água em bacias sanitárias com caixa suspensa em relação a outras bacias sanitárias existentes nas habitações é decorrente do menor volume de descarga nestas bacias, sendo este igual ou inferior a 9 litros, dependendo do seu tempo de acionamento. Observou-se o menor (27%) e o maior (50%) potencial de economia para caixas suspensas para as habitações 5 e 4, respectivamente. Assim, verificou-se que o padrão de uso tem considerável influência sobre o consumo total de água mesmo para equipamentos com características similares.

O tipo mais simples de bacia sanitária - caixa suspensa - demonstrou ser o com menor potencial médio de economia de água com a instalação de bacias sanitárias de acionamento duplo. Portanto, este tipo é o mais eficiente, apresentando potencial para economia de água em relação a bacias com válvula de descarga e caixa acoplado de 12 L/descarga com acionamento único.

Dentre as dez habitações estudadas, seis apresentaram potencial de economia entre 50 e 60% para descarga com o uso de bacias sanitárias com acionamento duplo. Os resultados para estas habitações compreendem-se entre os valores de economia descritos pela SABESP (2012) - de 40 a 50% para caixa acoplada de 6L/descarga - e por SECOVI (2005) - de 63 a 69% para caixa acoplada de acionamento duplo (3 e 6 Litros/descarga).

A Tabela 2 também apresenta a economia que pode ser alcançada nas habitações estudadas combinando-se o uso de torneiras economizadoras com bacias sanitárias de acionamento duplo. O potencial total de economia de água decorrente da instalação de equipamentos economizadores nas habitações estudadas concentrou-se principalmente entre 10 e 20%, com média igual a 15%. As habitações 5 e 10 obtiveram potencial de economia total inferior a 10% devido ao baixo consumo de água para descarga de bacias sanitárias. Por outro lado, calcularam-se potenciais de economia iguais a 19, 21 e 29% para as habitações 9, 6 e 3, respectivamente. Considerou-se o mesmo potencial de economia de água para redução de efluentes domésticos com a utilização de equipamentos economizadores.

Apesar do aumento do consumo de água no lavatório com o uso de torneira economizadora na habitação 3, o uso final de água e o potencial de economia para bacia sanitária corresponderam a

40% e 70%, respectivamente. Assim, a habitação 3 apresentou o maior potencial total de economia (29%) com o uso de equipamentos economizadores.

O potencial médio de economia encontrado - 15,0% - é similar ao descrito por Carragher, Stewart e Beal (2012) - 14,0% - em estudo na costa sul de Queensland na Austrália, localizada na mesma latitude de Florianópolis. Por outro lado, os resultados foram superiores ao encontrado por Vimieiro e Pádua (2005) - 7,5% - para habitações de baixa renda em Belo Horizonte/MG.

Inman e Jeffrey (2006) descreveram o potencial de economia de água entre 35 e 50% em residências com o uso de duchas, bacias sanitárias e lavadoras de roupas eficientes. Certamente, a economia de água calculada neste estudo seria próxima à descrita por Inman e Jeffrey (2006) considerando-se o uso de equipamentos economizadores em chuveiros e lavadoras de roupas. Estes dois usos finais de água representaram em média 52% do consumo de água dentre as dez habitações estudadas.

Como a vazão de água nos chuveiros das habitações estudadas é baixa - média de 0,055 L/s (3,3 L/minuto) - a redução do consumo de água para este uso final pode ser promovida através da redução do tempo de uso. Para isto, pode-se utilizar displays que indicam ao usuário o tempo e o consumo de água durante o banho. Willis et al. (2011) relataram redução de 27% do consumo de água no chuveiro com este tipo de equipamento.

1.5. Considerações finais

Por meio dos experimentos realizados *in loco* foi possível investigar os usos finais de água e a economia obtida com a instalação de equipamentos economizadores de água em habitações de interesse social na região de Florianópolis.

Com base na análise de usos finais de água pode-se verificar a demanda de água não potável que poderia ser substituída por fontes alternativas de água, como água pluvial ou água cinza.

Os resultados deste estudo podem ser usados para estimar o consumo de água para novas habitações, bem como a desenvolver estratégias integradas de gestão da água em empreendimentos de baixa renda em Florianópolis. Esses dados também podem ser utilizados para campanhas de sensibilização sobre práticas de conservação de água entre famílias de baixa renda

2. APRIMORAMENTO DO PROGRAMA NETUNO

2.1. Introdução

Foi realizado durante o período de vigência do Projeto Finep o aprimorado o programa Netuno 4.0 desenvolvido por Ghisi e Cordova (2013). O programa foi testado e conjuntamente o manual do usuário foi avaliado. Encontram-se disponíveis no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE/UFSC (<http://labeee.ufsc.br/downloads/software/netuno>) tanto o programa Netuno, quanto o manual do usuário e também alguns arquivos de apoio.

O programa Netuno é utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais. Através de dados que permitem uma modelagem adequada do sistema são apresentados resultados como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial e a capacidade do reservatório, o volume extravasado de água pluvial, entre outros.

Como os dados de precipitação devem ser fornecidos em uma base diária, as simulações são calculadas nessa base e os resultados são apresentados também em base mensal, a fim de facilitar a análise de comportamentos sazonais do sistema de captação de águas pluviais.

A metodologia utilizada baseia-se em modelos comportamentais, ou seja, a simulação é feita para um conjunto de variáveis conhecidas. Esses modelos diferem, por exemplo, de modelos estocásticos.

Além da simulação de sistemas de captação de águas pluviais, o Netuno também permite a realização de análises econômicas para o sistema simulado. Com a detalhada modelagem desenvolvida, pode-se obter estimativas precisas dos custos e economias envolvidos. Também está disponível um módulo para simulação de cenários de sistemas de captação de águas pluviais. Nesse módulo, combinações de variáveis podem ser criadas rapidamente, de modo que, em estudos cujo número de simulações é elevado, o tempo de preparação dos dados, simulação e análise pode ser drasticamente reduzido.

O programa computacional Netuno versão 4.0 necessita como dados de entrada: precipitação com resolução temporal diária, área de captação, demanda total de água, número de habitantes, demanda de água pluvial, coeficiente de escoamento superficial e volume do reservatório superior.

2.2. Objetivo

O presente relatório tem por objetivo apresentar os principais aprimoramentos verificados na Versão 4 do programa Netuno.

2.3. Descarte de escoamento inicial

Um dos aprimoramentos verificados na Versão 4 do programa foi a inserção do parâmetro “descarte de escoamento inicial”. Caso a precipitação em um dado dia esteja abaixo do valor do descarte de escoamento inicial, o programa Netuno considerará que não houve precipitação. Esta é uma forma de se simular o descarte para se evitar o ingresso de sujeira acumulada nos telhados. Os dados podem ser definidos de duas formas: através da interface principal do Netuno, ou através de uma janela específica (Figura 5). Essas duas maneiras são equivalentes.

Figura 5 – Dados de Precipitação: (a) Interface Principal (b) Janela Específica

Caminho	
Número de registros	
Data inicial	
Descarte escoamento inicial	

(a)

(b)

2.4. Demanda variável

A demanda total de água é o volume de água consumido na edificação. Geralmente, este volume é correspondido ao volume de água potável fornecido pela concessionária, pois a maioria das edificações é abastecida exclusivamente por água potável fornecida pelas concessionárias de água. Esse dado pode ser:

- Fixo, onde se deve definir a demanda diária de água potável per capita;
- Variável, onde a demanda pode ser diária (em litros per capita/dia) ou mensal (litros/mês).

Quando os dados da demanda total são obtidos diretamente através da fatura de água a fim de se definir uma demanda variável (Figura 6) com periodicidade mensal, pode-se utilizar os valores diretamente da fatura de água.

Os dados de demanda variável podem ser carregados diretamente de um arquivo em formato CSV, através do botão “Carregar arquivo”.

Figura 6 – Janela para entrada de dados de demanda variável

Demanda variável

Periodicidade dos dados
 Diária Mensal

Período de repetição
 12

Mês	Demanda total de água (litros/mês)
Jan	
Fev	
Mar	
Abr	
Mai	
Jun	
Jul	
Ago	
Set	
Out	
Nov	
Dez	

2.5. Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água

É possível obter as estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água após preenchimento dos dados referentes à tarifa de água, através do botão “Estimativas de consumo de água” (Figura 7).

Esses valores consideram resultados da simulação com os dados presentes na janela principal do Netuno, assim como os valores da conta de água com e sem a captação de água pluvial. Como são as estimativas iniciais, não é considerada a inflação nos valores monetários e na economia mensal.

Figura 7 – Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água.

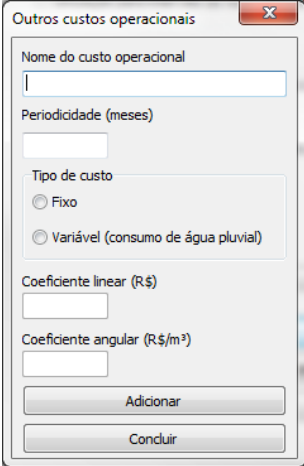
	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan							
Fev							
Mar							
Abr							
Mai							
Jun							
Jul							
Ago							
Set							
Out							
Nov							
Dez							

2.5.1. Custos operacionais

Além dos custos iniciais, da conta de água e do custo com energia elétrica, existe no programa a possibilidade de inserir outros custos, como manutenção, desinfecção da água, etc. O campo “Periodicidade (meses)” representa de quantos em quantos meses o custo inserido será computado. Esse custo pode ser fixo ou variável.

A janela de outros custos operacionais é acessada através do botão “Manutenção/Tratamento da água/Outros”, e é apresentada na Figura 8.

Figura 8 – Outros custos operacionais.



A janela "Outros custos operacionais" apresenta os seguintes campos e opções:

- Nome do custo operacional: campo de texto.
- Periodicidade (meses): campo de texto.
- Tipo de custo:
 - Fixo
 - Variável (consumo de água pluvial)
- Coeficiente linear (R\$): campo de texto.
- Coeficiente angular (R\$/m³): campo de texto.
- Botões: "Adicionar" e "Concluir".

2.5.2. Economias e custos mensais

Após realizar a simulação da análise econômica, através do botão “Calcular”, as economias e os custos mensais podem ser vistos através do botão “Economias e custos mensais”. Duas opções estão disponíveis:

- Dados simplificados: em que aparecem os custos totais mensais. Este formato é o clássico fluxo de caixa, logo é adequado para verificar o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o tempo de retorno do investimento;
- Dados detalhados: em que os custos e economias são apresentados separadamente.

Na Figura 9a, é apresentado um exemplo da janela de custos e economias com dados simplificados. Na Figura 9b são apresentados os dados detalhados da mesma simulação.

Figura 9 – Custos e economias: (a) dados simplificados (b) dados detalhados

Mês	Economia (R\$)	Custos (R\$)
0 (Janeiro)	0,00	2310,00
1 (Fevereiro)	56,45	18,41
2 (Março)	62,50	19,63
3 (Abril)	60,48	19,23
4 (Maio)	62,08	19,49
5 (Junho)	57,73	18,68
6 (Julho)	56,58	18,39
7 (Agosto)	54,91	18,12
8 (Setembro)	56,93	18,66
9 (Outubro)	62,50	19,63
10 (Novembro)	60,48	19,23
11 (Dezembro)	62,50	19,63
12 (Janeiro)	64,01	20,01
13 (Fevereiro)	57,82	18,81
14 (Março)	64,01	20,06
15 (Abril)	61,95	19,64
16 (Maio)	63,59	19,91
17 (Junho)	59,13	19,08
18 (Julho)	57,96	18,79

(a)

Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
Mês 0 (Janeiro)		
Economia de água potável	0,00	
Custos		
Reservatório inferior		1200,00
Reservatório superior		300,00
Mão-de-obra		400,00
Tubulações		100,00
Acessórios		50,00
Custo Motobomba(s)		260,00
Mês 1 (Fevereiro)		
Economia de água potável	56,45	
Custos		
Energia elétrica motobomba(s)		13,41
Cloro		5,00
Mês 2 (Março)		
Economia de água potável	62,50	
Custos		
Energia elétrica motobomba(s)		14,63
Cloro		5,00
Mês 3 (Abril)		
Economia de água potável	60,48	
Custos		
Energia elétrica motobomba(s)		14,23
Cloro		5,00

(b)

2.5.3. Simulação de Cenários

Em muitos estudos de captação de água da chuva é necessário realizar diversas simulações com pequenas variações nos parâmetros. Por exemplo, pode-se desejar simular a construção de um sistema de captação de água da chuva em cidades diferentes, ou seja, variando os dados de precipitação.

Para facilitar esses casos, o Netuno fornece um módulo para simulação de cenários, que pode ser acessado através da janela principal do Netuno, no menu “Simulação”, “Simulação de cenários”. Na Figura 10 é apresentada a janela da simulação de cenários.

Ao clicar na segunda coluna de cada um dos parâmetros de simulação, abre uma nova janela que permite a inserção dos dados. Na Figura 11a é mostrada a tela de entrada de dados para dados de precipitação.

Ao clicar no botão “...” é aberta uma janela para escolha do arquivo contendo os dados de precipitação. Após escolher um arquivo, seu caminho é acrescentado à lista.

Os dados presentes na lista podem ser reordenados manualmente (dois primeiros botões ao lado da lista) ou em ordem alfabética (último botão ao lado da lista), assim como excluídos (terceiro botão ao lado da lista).

Os parâmetros “Demandas totais de água” e “Números de moradores” podem ser escolhidos como variáveis, assim como em uma simulação individual do Netuno. O parâmetro “Reservatórios inferiores” pode conter tanto um reservatório com volume fixo, caso em que só é necessário o volume, ou um intervalo de reservatórios, em que a janela de entrada de dados é mostrada na Figura 11b.

Figura 10 – Simulação de cenários.

Parâmetro	Valores
Arquivos de precipitação	
Área de captação	
Demandas totais de água	
Números de moradores	
Percentuais de substituição	
Coefficientes de escoamento superficial	
Reservatórios superiores	
Reservatórios inferiores	

Buttons: Simular cenários, Limpar

Figura 11 – Simulação de cenários: (a) dados de precipitação (b) reservatório inferior.

Arquivos de precipitação

Valor

Concluir

(a)

Dados reservatório inferior

Volume máximo (litros)

Intervalo entre volumes (litros)

Diferença entre potenciais de economia (%/m³):

Concluir

(b)

2.6. Considerações finais

O aprimoramento do Programa Netuno mostrou-se de fundamental importância para promover o desenvolvimento de novas pesquisas sobre sistemas de captação de água pluvial.

3. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS IN LOCO

3.1. Introdução

Atualmente, vivencia-se a escassez de água em muitas regiões, principalmente devido às mudanças climáticas, ao crescimento da população urbana e ao desenvolvimento de diversas atividades econômicas. O uso de fontes alternativas de água tem se difundido e se consolidado como uma forma de mitigar os diversos problemas ambientais causados pelo aumento da demanda de água, pela falta de medidas de controle da poluição e de gestão ambiental em áreas urbanas e rurais.

As fontes alternativas de água diminuem o volume de água captada dos mananciais, diminuem a necessidade de extrações de água subterrânea, além de contribuírem para a redução na demanda de tratamento de esgoto e distribuição convencional de água pelas concessionárias (GONÇALVES; SILVA, 2012).

A utilização de fontes alternativas consta de utilizar fontes de água diferentes daquelas comumente usadas, enquanto as ações de uso racional são basicamente ações de combate ao desperdício quantitativo. Dentre as principais fontes alternativas de água utilizadas destacam-se o aproveitamento de água pluvial e aproveitamento de água cinza (OLIVEIRA et al., 2007).

A água pluvial captada em telhados ou outras superfícies pode ser utilizada em bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de roupas, carros e áreas pavimentadas. No entanto, em alguns casos pode haver resistência por parte dos usuários em utilizar água pluvial para lavagem de roupa (ANAND; APUL, 2011; HURLIMANN; DOLNICAR, 2010; ZHANG et al., 2009).

O aproveitamento de água pluvial aplicado em larga escala também apresenta impactos na drenagem urbana, de forma a minimizar possíveis alagamentos.

Quando o sistema de aproveitamento de água pluvial é corretamente dimensionado e executado, propicia a obtenção de água de qualidade adequada aos usos previstos (não potáveis), preservando os recursos hídricos e reduzindo a demanda e o consumo de água potável. Especialmente em áreas com recursos hídricos escassos, ou que sofrem com prolongados períodos de estiagem, a água da chuva pode ser considerada uma importante fonte alternativa de água.

3.2. Objetivo

Apresentar o tratamento dos dados de usos finais de água obtidos *in loco* bem como as simulações computacionais realizadas para avaliar o potencial de economia de água potável alcançado com o uso de água pluvial em Florianópolis/SC.

3.3. Método

O método é dividido em dados de entrada para as simulações computacionais e resultados das simulações.

3.3.1. Dados de entrada para as simulações do potencial de economia de água

Os levantamentos de dados sobre os usos finais de água em edificações unifamiliares de interesse social da Grande Florianópolis foram conduzidos sob dois métodos. O primeiro, o qual desenvolveu coleta de dados por meio de equipamentos *smartmeters* instalados em 10 edificações. O

segundo método, obteve dados por meio de aplicação de questionários estruturados, bem como medição da vazão dos equipamentos hidrossanitários ou do consumo de água por ciclo.

As simulações computacionais do potencial de economia de água no Programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2013) foram desenvolvidas tomando-se por base os resultados obtidos pelo segundo método de levantamento de dados, por este ter sido aplicado a uma maior amostra de edificações, com total de 48 casos.

Os produtos resultantes do trabalho de Marinoski et al. (2014) incluem o levantamento dos equipamentos hidrossanitários existentes nas edificações de interesse social, valores de vazões ou do consumo por ciclo medidos para os equipamentos encontrados, informações sobre a frequência do uso de cada equipamento fornecida por meio de entrevista com os usuários. Com os dados coletados, foi conduzido o cálculo dos usos finais dos equipamentos para cada edificação da amostra. Posteriormente, os resultados foram agrupados em três grupos referentes às três faixas de renda familiar encontradas para a amostra, sendo elas: (1) até três salários mínimos, (2) de três a cinco salários mínimos, (3) acima de cinco salários mínimos.

O tratamento estatístico dos resultados agrupados por faixas de renda obteve valores médio de consumo de água diário, assim como os limites inferior e superior com 90% de confiabilidade. Os resultados de consumo de água diário per capita para cada equipamento hidrossanitário são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo diário per capita dos equipamentos encontrados em edificações unifamiliares de interesse social (adaptado de Marinoski et al. (2014)).

Equipamento	Renda 1			Renda 2			Renda 3		
	Limite inferior (90%)	Média (L/capita.dia)	Limite superior (90%)	Limite inferior (90%)	Média (L/capita.dia)	Limite superior (90%)	Limite inferior (90%)	Média (L/capita.dia)	Limite superior (90%)
Torneira cozinha	31,9	45,1	58,3	12,8	22,6	32,4	10,9	19,3	27,7
Torneira bwc	7,1	11,1	15,1	2,8	7,1	11,4	0,9	3,2	7,6
Chuveiro	52,3	79,4	106,5	27,5	53,7	79,9	23	39,7	56,4
Bacia sanitária	34,9	46	57	17,9	25,4	33	9,2	19,5	29,8
Máq. lavar roupas	12,2	30,6	49,1	2,7	29,2	58,9	2,8	7,2	11,5
Torneira lavanderia	4,6	16,2	27,8	1,7	6,6	11,4	1,4	2,2	3,1
Torneira externa	1,3	8	14,7	6,7	8,4	10	4,4	11,6	18,7
Outros	3	5,7	8,4	0,7	1,5	2,4	1,9	3,2	4,4
Total	147,3	242,1	336,9	72,8	154,5	239,4	54,5	105,9	159,2
Total ⁽¹⁾		152,3			111,7			114,8	

Observação: O Total⁽¹⁾ é igual a média do consumo diário de água por pessoa em cada edificação. Esse Total⁽¹⁾ não se trata da soma dos valores médios de consumo de água de cada equipamento. Os valores diferem em razão de diferenças encontradas para cada edificação quanto à presença e quantidade de cada equipamento hidrossanitário.

Concomitantemente à coleta de dados sobre o consumo de água nas edificações, demais dados de entrada necessários para as simulações do potencial de economia de água potável foram pesquisados. Dados de entrada como área de captação e número de usuários estão relacionados ao modelo da edificação.

O trabalho de Rosa (2014) foi desenvolvido com intuito de caracterizar a edificação unifamiliar de interesse social da Grande Florianópolis quanto à forma e materiais. Por meio de técnicas de agrupamento, foram obtidos dois modelos de referência. Quanto à forma das edificações,

o método aplicado resultou em dois agrupamentos, cada qual representado por uma edificação real, denominadas de modelo de referência.

Os dois modelos de referência encontrados por Rosa (2014) para a forma das edificações foram utilizados para as simulações do potencial de economia de água potável. Os modelos de referência 1 e 2 são apresentados pelas Figura 12 e Figura 13, respectivamente.

Para o dado de entrada de área de captação foi utilizada a área total de cobertura mensurada a partir dos modelos de referência. Não havendo informações sobre demais elementos construtivos que reduzissem a área de captação, como por exemplo, volume de caixa de água, a área de cobertura foi utilizada em seu valor total.

O número de moradores foi definido a partir de duas informações: a quantidade de dormitórios e os resultados apresentados por Rosa (2014) quanto aos dados socioeconômicos da população pesquisada. A quantidade de dormitórios varia de dois a três entre os modelos de referência. O tratamento estatístico dos dados socioeconômicos desenvolvido por Rosa (2014) mostrou a existência de predominância de três usuários por edificação, correspondente a 28% dos casos. Já a presença de dois a cinco usuários por edificação corresponde a 76% dos casos da amostra. Em vista desses resultados e observando-se a disposição de dormitórios em cada modelo de referência, definiu-se a aplicação de três usuários para o modelo de dois dormitórios e de cinco usuários para o modelo de três dormitórios.

Figura 12 – Planta baixa sem escala do Modelo de Referência 1. Adaptado de Rosa (2014).

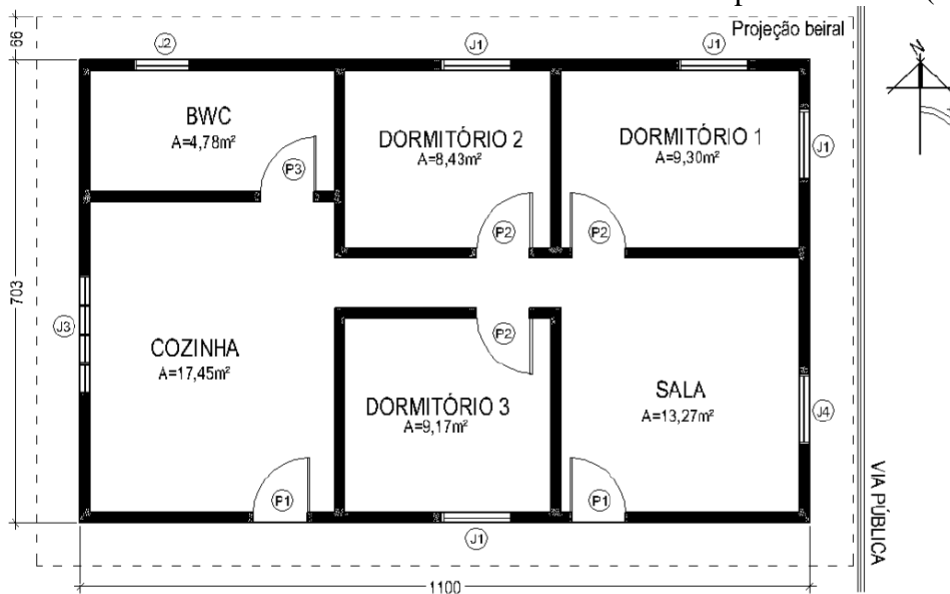
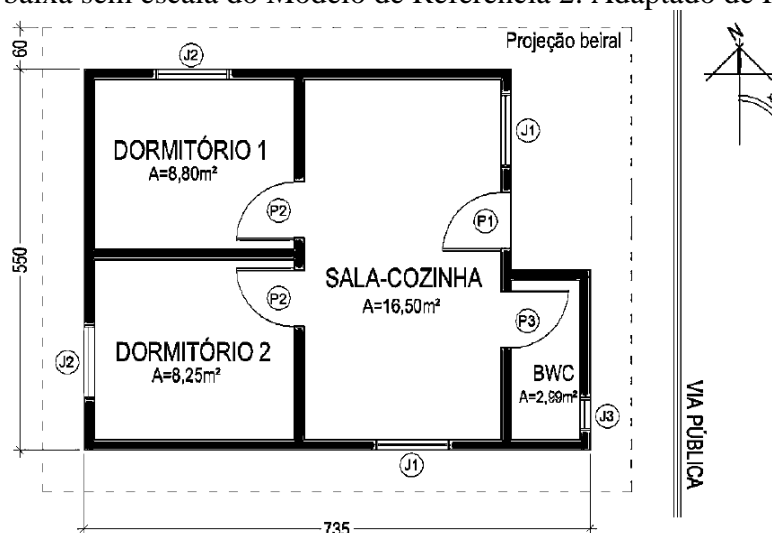


Figura 13 – Planta baixa sem escala do Modelo de Referência 2. Adaptado de Rosa (2014).



Para a convergência dos dados de usos finais de água e da forma da edificação, fez-se a suposição de que os dois modelos de referência encontrados por Rosa (2014) sejam relacionados às faixas de renda dentro das quais foram agrupados os dados de água. Dessa forma, o modelo 1 foi assumido como representante das edificações com renda familiar de três a cinco salários mínimos e o modelo 2 como representante das edificações com renda familiar de até três salários mínimos.

Conforme visto anteriormente, o trabalho de Marinowski et al. (2014) apresentou resultados para os consumos de água para cada equipamento hidrossanitário. A Tabela 4 mostra o percentual de uso final que cada um desses equipamentos representa em relação ao consumo total de água.

Tabela 4 – Percentagem dos usos finais de água por equipamentos hidrossanitários.

Equipamento	Renda 1 Modelo 2			Renda 2 Modelo 1		
	Limite inferior	Média	Limite superior	Limite inferior	Média	Limite superior
Torneira cozinha	22%	19%	17%	18%	15%	14%
Torneira bwc	5%	5%	4%	4%	5%	5%
Chuveiro	36%	33%	32%	38%	35%	33%
Bacia sanitária	24%	19%	17%	25%	16%	14%
Máq. lavar roupas	8%	13%	15%	4%	19%	25%
Torneira lavanderia	3%	7%	8%	2%	4%	5%
Torneira externa	1%	3%	4%	9%	5%	4%
Outros	2%	2%	2%	1%	1%	1%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

O potencial de economia de água potável está associado à demanda de água da edificação que pode ser substituída por água pluvial. Para este estudo, a exemplo do que foi aplicado por Vieira (2012) os seguintes usos finais são considerados como demanda não potável: bacia sanitária, máquina de lavar roupas, torneira da lavanderia e torneira externa. Os demais usos finais de água são considerados como parte da demanda de água potável.

Desse modo, a Tabela 5 apresenta as percentagens de demanda de água potável e não potável para as duas faixas de renda consideradas.

Tabela 5 – Percentagem das demandas de água potável e não potável.

Demanda	Renda 1 Modelo 2			Renda 2 Modelo 1		
	Limite inferior	Média	Limite superior	Limite inferior	Média	Limite superior
Potável	64%	58%	56%	60%	55%	53%
Não potável	36%	42%	44%	40%	45%	47%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Demais dados de entrada para a simulação com o programa Netuno requerem conhecimento sobre o coeficiente de escoamento da superfície e o descarte do escoamento inicial. Esses dois dados de entrada referem-se a perdas da água de precipitação devido a características do material de cobertura e a limpeza do sistema de captação da água, respectivamente. A exemplo do estudo de Vieira (2012), o coeficiente de escoamento da superfície foi definido como 0,8 e o descarte do escoamento inicial foi estipulado em 2 mm, como suficiente para remover excesso de poeira, folhas, etc.

O conjunto completo de dados de entrada utilizados para as simulações com o programa Netuno é apresentado pela Tabela 6.

Os dados pluviométricos utilizados nas simulações com o Netuno foram obtidos de séries históricas de dados de precipitação diária para a cidade de Florianópolis, fornecidos pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

Tabela 6 – Dados de entrada para as simulações com o programa Netuno.

Dados para Netuno	Modelo 1			Modelo 2		
	Limite inferior	Média	Limite superior	Limite inferior	Média	Limite superior
Área de captação [m ²]	87,6	87,6	87,6	52,6	52,6	52,6
Demanda total de água [L per capita/dia]	111,7	111,7	111,7	152,3	152,3	152,3
Número de moradores	5	5	5	3	3	3
Demanda a ser substituída por água pluvial	40%	45%	47%	36%	42%	44%
Coeficiente de escoamento superficial	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Descarte escoamento inicial [mm]	2	2	2	2	2	2

3.4. Resultados

As simulações de potencial de economia de água potável obtido com ou uso de água pluvial foram conduzidas com o auxílio do programa Netuno. Para cada conjunto de dados de entrada, foi simulada a capacidade do reservatório inferior de água pluvial, com incremento de 100 litros. O reservatório superior foi considerado com capacidade igual a demanda diária.

Os resultados apresentados na Figura 14 e na Figura 15 mostram a variação do potencial de economia de água potável dos modelos 1 e 2 respectivamente, e para as diferentes demandas substituídas por água pluvial, de acordo com os dados obtidos para a demanda média e os limites inferior e superior.

Figura 14 – Relação entre capacidade do reservatório inferior e o potencial de economia de água para o modelo 1.

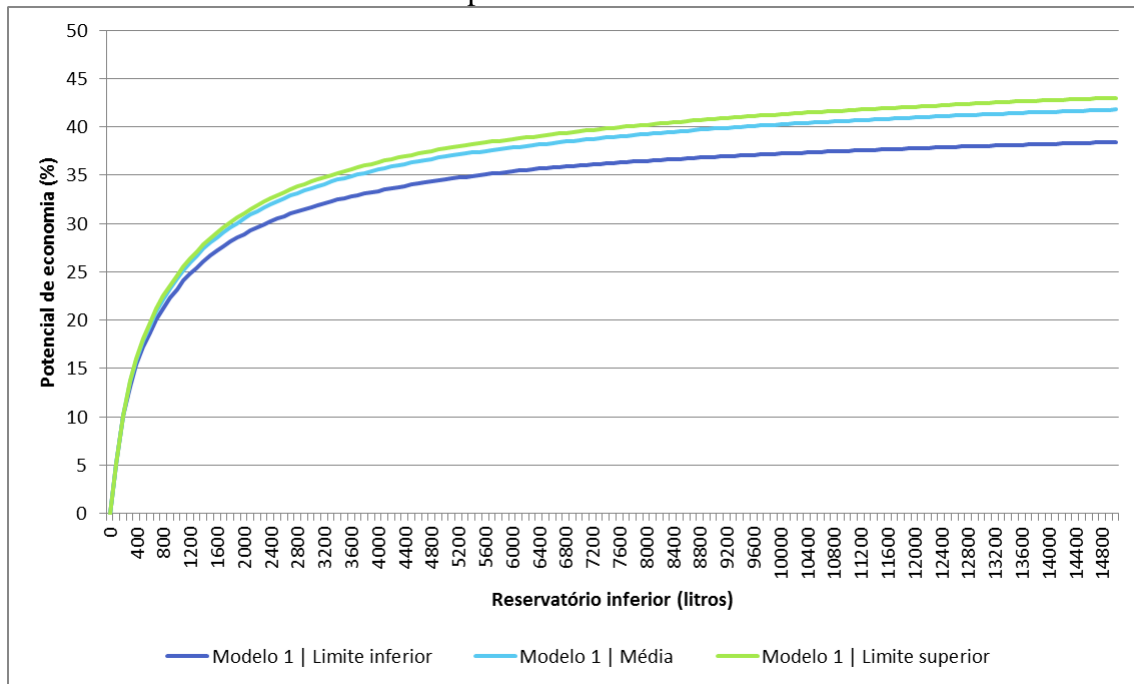
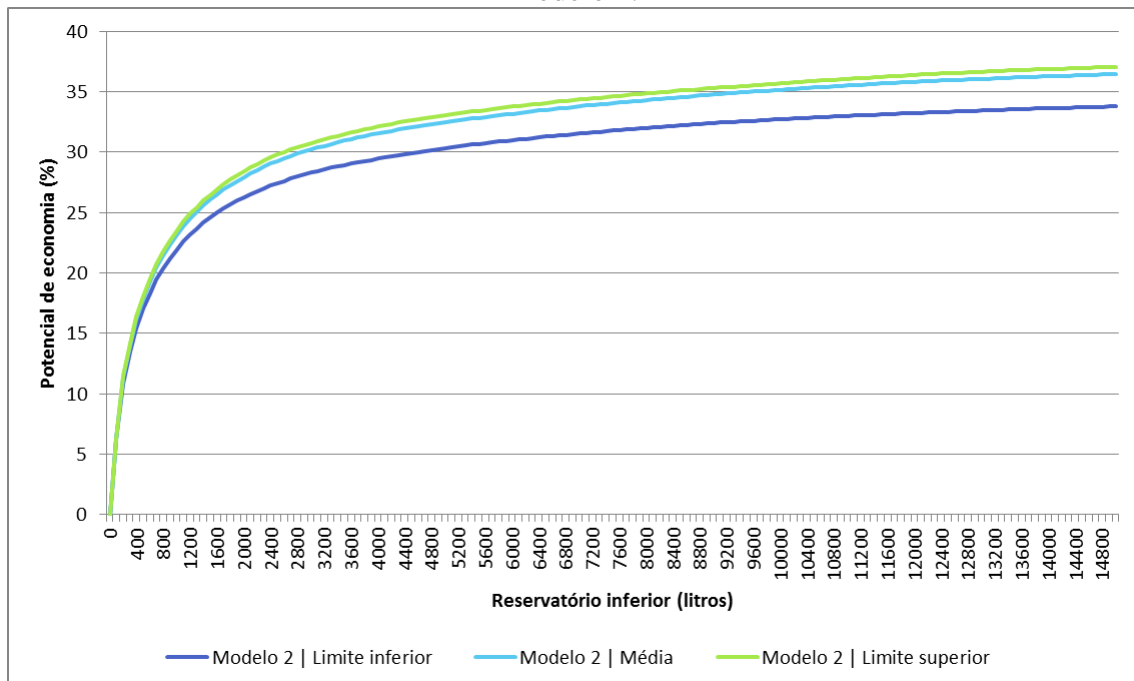


Figura 15 – Relação entre capacidade do reservatório inferior e o potencial de economia de água para o modelo 2.



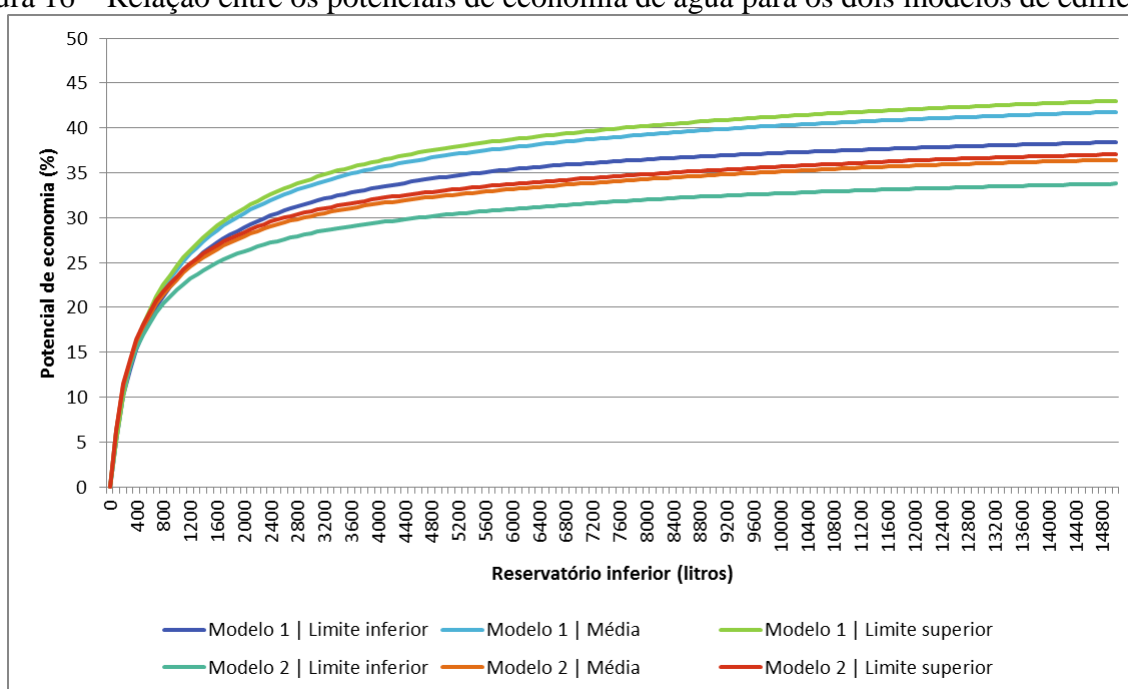
Para a edificação correspondente ao modelo 1 foi obtida capacidade média ideal de reservatório inferior de 5.600L e equivalente potencial de economia de água de 37,51%. Para o modelo 2, os resultados demonstram tendência semelhante a encontrada para a edificação anterior. A capacidade média ideal do reservatório inferior para o modelo 2 foi de 4.900L com potencial de economia de água de 32,39%. Os demais valores obtidos para os limites inferiores e superiores dos dois modelos de edificações são apresentados pela Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados obtidos para a simulação de potencial de economia de água potável para os dois modelos.

Modelo	Volume ideal do reservatório inferior (L)			Potencial de economia de água (%)		
	Limite inferior	Média	Limite superior	Limite inferior	Média	Limite superior
Modelo 1	5800	5600	5600	35,25	37,51	38,37
Modelo 2	5300	4900	4700	30,54	32,39	32,79

A comparação dos resultados obtidos para os dois modelos sob as condições climáticas de Florianópolis é demonstrada pela Figura 16. Verifica-se que há uma estabilização dos potenciais de economia para reservatórios com capacidade acima dos 5.000L. As capacidades ideais foram definidas mediante a verificação da diferença entre os potenciais de economia, a qual deveria ser inferior a 2%.

Figura 16 – Relação entre os potenciais de economia de água para os dois modelos de edificação.



3.5. Considerações finais

Para as condições climáticas de Florianópolis, o potencial de economia de água resultante é bastante próximo da demanda de água não potável. Tal resultado demonstra condições favoráveis para o aproveitamento da água pluvial como forma de redução da demanda por água potável em edificações unifamiliares de interesse social.

4. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA OUTRAS CIDADES NO BRASIL

4.1. Introdução

O potencial de uso de água pluvial varia em função da quantidade e qualidade da precipitação local, das características da área de captação, do sistema hidráulico predial, dos hábitos de consumo de água e do padrão de qualidade exigido para cada uso final.

A precipitação pluviométrica é um dos fatores fundamentais para o sucesso do sistema de aproveitamento de água pluvial. Dados de precipitação utilizados devem ser dados diários do local, preferencialmente de séries históricas de chuvas. Se as chuvas de determinada região forem bem distribuídas e regulares ao longo do período, o sistema será mais eficiente.

É essencial realizar um planejamento e estudo antes de implantar o sistema, para verificar a quantidade da água que poderá ser coletada e armazenada, a necessidade de tratamento de água pluvial de acordo com a finalidade dos usos. Deste modo, diversos pesquisadores avaliaram o potencial de economia de água potável obtido com o uso de água pluvial em residências localizadas em diferentes cidades do país.

Souza e Ghisi (2012) avaliaram o potencial de economia de água potável, utilizando a água pluvial, bem como o dimensionamento de reservatórios de água pluvial em residências localizadas em cidades de 13 países diferentes. Foram considerados diferentes parâmetros (áreas de captação, número de residentes, demandas de água potável e pluvial) a fim de avaliar o impacto sobre o potencial de economia de água potável e dimensionamento dos reservatórios. A análise foi realizada utilizando o programa computacional Netuno, desenvolvido por Ghisi e Cordova (2013). Os resultados mostraram que o maior potencial de economia de água potável é obtido em cidades onde há precipitações constantes, o que nem sempre significa alta precipitação média anual. Cidades com períodos de estiagem bem definidos exigem maior capacidade do reservatório. No geral, observou-se que todos os parâmetros influenciam no dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial.

No Brasil, Ghisi (2006) avaliou o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial para as diversas regiões do país. Considerou-se a aplicação de água pluvial para o suprimento da demanda total *per capita* de água. A fim de se avaliar o potencial de economia em escala regional, obtiveram-se os índices pluviométricos, a demanda de água per capita, a população média das residências e a área de captação de água pluvial per capita para cada região brasileira. No estudo, desconsideraram-se perdas nos sistemas de aproveitamento de água pluvial. As regiões Sudeste e Nordeste apresentaram os menores potenciais de economia de água potável, 48 e 61%, respectivamente; enquanto as regiões Centro-oeste, Sul e Norte obtiveram potencial de economia de 74, 82 e 100%, respectivamente.

Ghisi, Montibeller e Schmidt (2006) avaliaram o potencial de redução do consumo de água potável com o uso de água pluvial em 62 cidades do estado de Santa Catarina. Da mesma forma que no estudo de Ghisi (2006), considerou-se que a água pluvial poderia suprir a demanda total de água residencial. O potencial de economia de água potável calculado para as 62 cidades variou entre 34 e 92%, com média igual a 69%.

4.2. Objetivo

Apresentar as simulações computacionais realizadas para avaliar o potencial de economia de água potável obtido com o aproveitamento de água pluvial em seis cidades do Brasil.

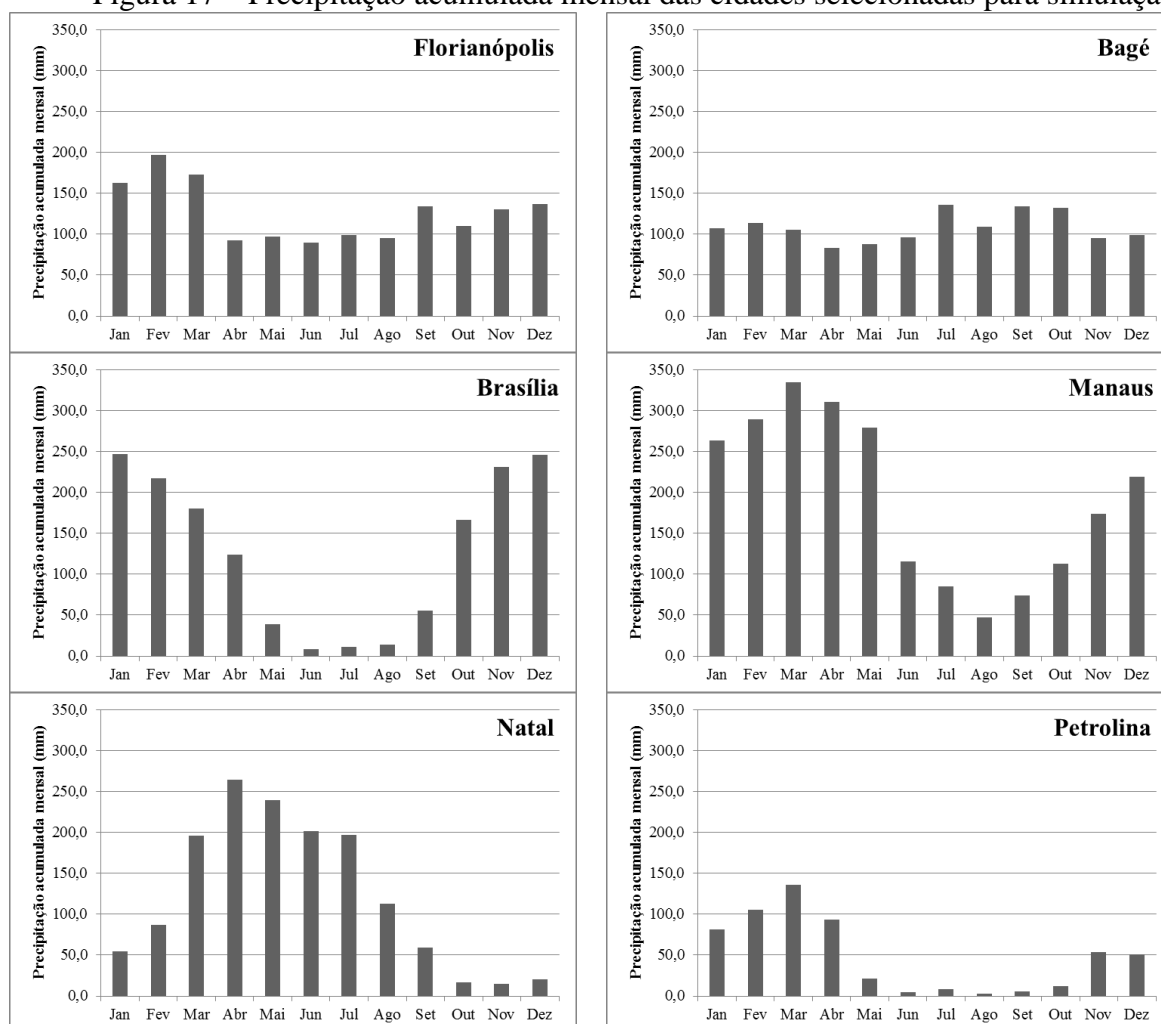
4.3. Método

O método de simulações computacionais apresentado no terceiro item deste volume para prever o potencial de economia de água potável foi reaplicado para diferentes cidades do Brasil.

Buscou-se selecionar cidades brasileiras com variações pluviométricas bastante distintas ao longo do ano. As cidades avaliadas foram: Florianópolis/SC, Bagé/RS, Brasília/DF, Manaus/AM, Natal/RN e Petrolina/PE. Séries históricas de dados de precipitação pluviométrica em base diária das cidades avaliadas foram obtidas através do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

Os dados de entrada foram mantidos iguais para os dois modelos de edificações simulados, com alteração exclusivamente dos dados de precipitação pluviométrica. Para a seleção das cidades a serem simuladas foi avaliada a precipitação acumulada mensal e anual. A Figura 17 apresenta os dados de precipitação acumulada mensal para as cidades estudadas, com objetivo de demonstrar as variações que caracterizam diferentes perfis pluviométricos.

Figura 17 – Precipitação acumulada mensal das cidades selecionadas para simulação.



4.4. Resultados

A comparação dos dados de precipitação acumuladas das diferentes cidades permite notar que há variação não somente dos valores absolutos de precipitação, mas também dos períodos de

predomínio das chuvas. O potencial de economia de água potável pela substituição por água pluvial está relacionado aos índices pluviométricos e a distribuição anual desses índices.

As relações entre o potencial de economia de água e a capacidade do reservatório inferior são apresentadas para os dois modelos de edificação estudados, na Figura 18 e Figura 19.

A comparação entre os resultados obtidos para os dois modelos de edificação permite inferir sobre a semelhante tendência quanto aumento do potencial de economia de água em função da capacidade do reservatório.

O menor percentual de demanda de água potável a ser substituída por água pluvial e a menor quantidade de usuários resultou em menor capacidade ideal do reservatório para o modelo de edificação 2 em comparação com o modelo 1, para todas as cidades simuladas.

Figura 18 – Relação entre potencial de economia de água e capacidade do reservatório inferior para as cidades selecionadas para o modelo 1 de edificação.

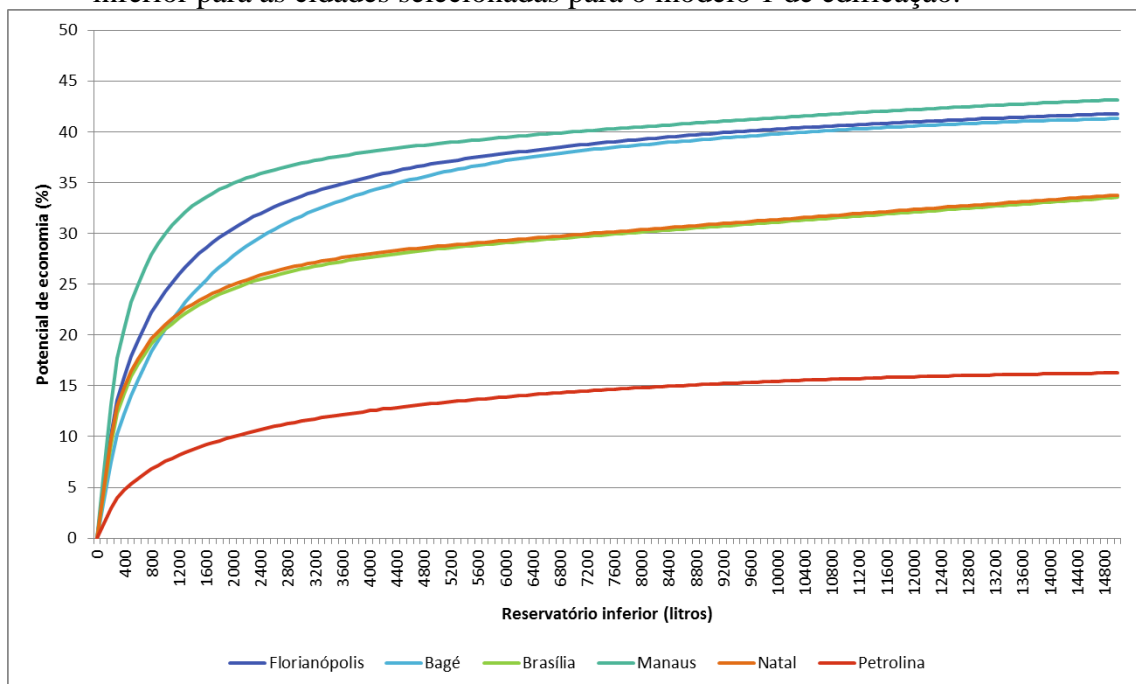
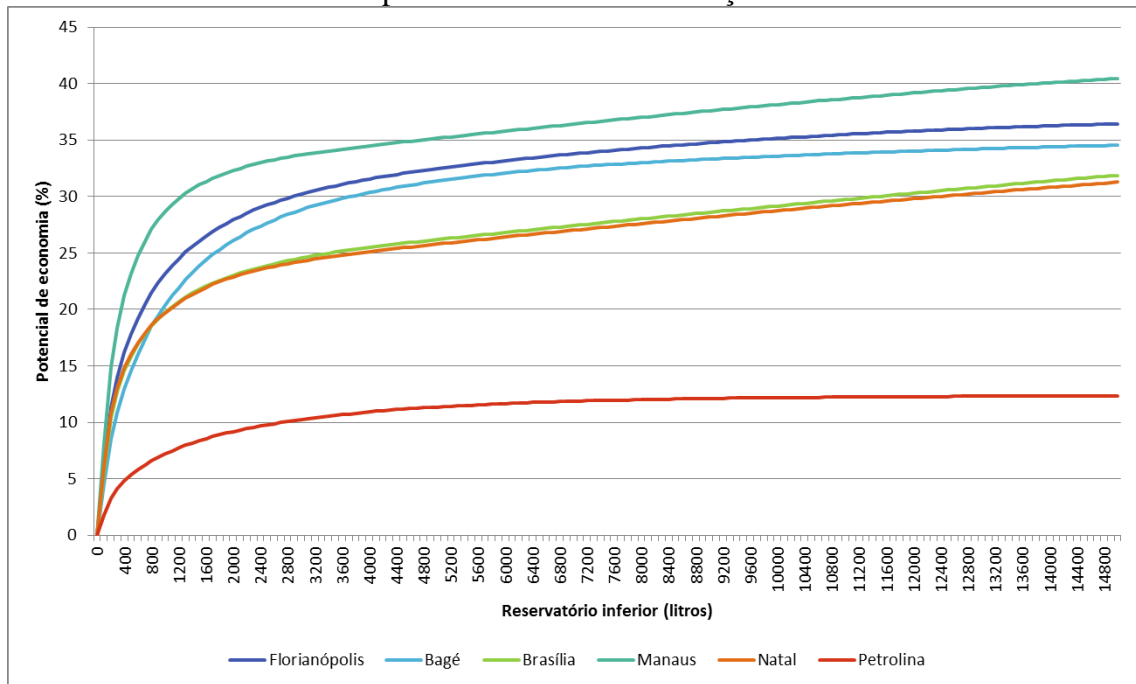
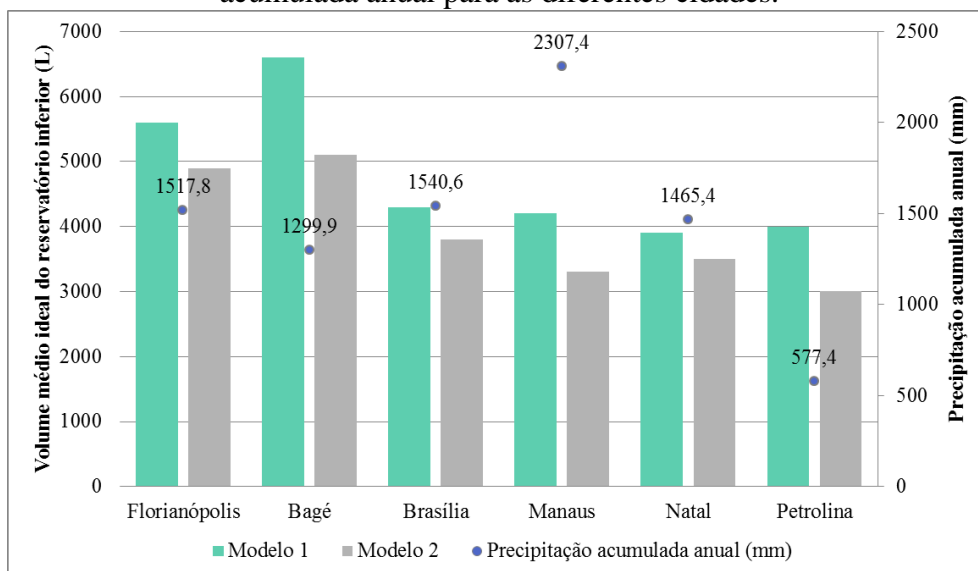


Figura 19 – Relação entre potencial de economia de água e capacidade do reservatório inferior para o modelo 2 de edificação.



A Figura 20 apresenta a relação entre o volume médio ideal dos reservatórios inferiores e a precipitação acumulada anual das cidades selecionadas.

Figura 20 – Relação entre o volume médio ideal dos reservatórios e a precipitação acumulada anual para as diferentes cidades.



Observa-se que dentre as cidades avaliadas, Bagé, com distribuição de precipitação uniforme ao longo do ano, apresentou o maior volume ideal do reservatório de água pluvial para ambos modelos de residências simulados. Para a cidade de Manaus, a capacidade do reservatório ideal foi similar as capacidades de reservatório ideal verificadas para as cidades de Brasília e Natal. No entanto, o potencial médio de economia de água potável obtido para Manaus foi maior que as demais cidades, devido ao volume de precipitação acumulada anual de Manaus ser maior.

A cidade de Petrolina foi selecionada por representar um caso extremo de baixos índices pluviométricos. Para cidades com condições pluviométricas semelhantes à Petrolina, o sistema de armazenamento de água pluvial dificilmente suprirá em totalidade a demanda de água não potável. Como pode ser observado, as menores capacidades de reservatório médio ideal foram encontradas para Petrolina, em função da escassa disponibilidade de água pluvial.

A Tabela 8 apresenta os potenciais de economia de água potável obtidos para as diferentes cidades com os dois modelos de edificação.

Tabela 8 – Potenciais de economia de água potável para diferentes cidades.

Cidade	Potencial de economia de água (%) Modelo 1			Potencial de economia de água (%) Modelo 2		
	Limite inferior	Média	Limite superior	Limite inferior	Média	Limite superior
Florianópolis	35,3	37,5	38,4	30,5	32,5	32,8
Bagé	35,3	37,07	38,6	30	31,4	31,8
Brasília	25,6	27,9	28,8	22,8	25,3	26,1
Manaus	35	38,2	39,3	30,9	34	35
Natal	26	27,9	28,8	22,6	24,7	25,4
Petrolina	12,5	12,5	12,5	10,2	10,3	10,4

Os potenciais médios de economia de água para as cidades analisadas apresentaram-se bastante distintos, variando de 10,2 e 12,5% (Petrolina) até 34,0 e 38,2% (em Manaus) para os Modelo 2 e Modelo 1, respectivamente. O volume médio do reservatório ideal de acumulação de água pluvial variou de 3.000 Litros para Petrolina a 5.100 Litros para Natal, para o modelo 2 de edificação.

Os potenciais de economia de água potável encontrados nas cidades de Manaus, Bagé e Florianópolis aproximam-se da demanda média de água não potável do Modelo 1 (45%) e do Modelo 2 (42%). As cidades supracitadas apresentaram condições interessantes para a aplicação de sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial em edificações unifamiliares de interesse social.

As demais cidades estudadas – Petrolina, Brasília e Natal - apresentaram baixos potenciais de economia de água potável.

4.5. Considerações finais

Por meio deste estudo, verificou-se que o potencial de aproveitamento de água pluvial variou de acordo com a precipitação local.

A simulação do potencial de economia de água com o programa Netuno buscou apresentar cenários bastante distintos mediante a seleção de cidades com condições pluviométricas variadas.

Com relação ao suprimento da demanda de água não potável nas habitações modelo, as cidades de Manaus, Bagé e Florianópolis apresentaram condições favoráveis para a aplicação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois os potenciais de economia de água potável encontrados aproximam-se da demanda de água pluvial.

Os resultados encontrados para as cidades simuladas fornecem um resumido panorama do modo como a água pluvial poderia ser aproveitada em habitações de interesse social no território nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA; FIESP; SINDUSCONSP. **Manual de Conservação e Reuso da água em Edificações**. Agência Nacional de Águas (ANA), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), Sindica da Construção do Estado de São Paulo (SINDUSCONSP), 152 p., São Paulo, 2005.
- ANAND, C.; APUL, D. S. Economic and environmental analysis of standard, high efficiency, rainwater flushed, and composting toilets. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 3, p. 419-428, 2011.
- CARRAGHER, B. J.; STEWART, R. A.; BEAL, C. D. Quantifying the influence of residential water appliance efficiency on average day diurnal demand patterns at an end use level: A precursor to optimised water service infrastructure planning. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 62, n. 1, p. 81-90, Elsevier, 2012.
- COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e Utilização de Água Pluvial em Residências para População de Baixa Renda em Áreas Urbanas. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. **Anais...** Salvador, Bahia, 2008.
- GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**. v. 41, n.11, p. 1544-1550. 2006
- GHISI, E.; CORDOVA, M.M.. **Netuno 4.0. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2013. Acesso em: janeiro 2013
- GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**. v. 41, n. 2, p. 204-210. 2006.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, Elsevier, 2007.
- GONÇALVES; R. F.; SILVA, L. M. **Aspectos legais e normativos relativos ao reuso / reaproveitamento de água para fins não potáveis**. 3º Work Shop - Rede de pesquisa - Uso racional da água e eficiência energética em habitação de interesse social. p. 47. 2012.
- HURLIMANN, A., DOLNICAR, S. When public opposition defeats alternative water projects – The case of Toowoomba Australia. **Water Research**, 44, 287–297, 2010.
- INMAN, D.; JEFFREY, P. A review of residential water conservation tool performance and influences on implementation effectiveness. **UrbanWaterJournal**, v. 3, n. 3, p. 127-143, Taylor & Francis, 2006.
- MARINOSKI, A. K.; VIEIRA, A. S.; SILVA, A. S.; GHISI, E. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water**. v. 6, n. 7, p.1985-1999, 2014.
- OLIVEIRA, L. H. de; ILHA, M. S. DE O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável: Levantamento do Estado da Arte - água**. FINEP – Financiadora de Estudos e Pesquisas, Ministério de Ciência e Tecnologia, São Paulo, 2007.

- PETERS, M. R.; SEZERINO, P. H.; MELO, K. M. DE S.; PHILIPPI, L. S. IV-046–Potencialidade de Reúso Residencial Utilizando Fontes Alternativas de Água. In: VIII Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**, Fortaleza, 2006.
- PMF - Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Plano Municipal de Habitação de Interesse Social: Produto 08.** Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental (SMHSA), Florianópolis, SC, jun. 2011. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/habitacao/?cms=plano+de+habitacao+de+interesse+social>. Acesso em: outubro de 2012.
- ROCHA, A.L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - Documento Técnico de Apoio Nº E1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998.
- ROSA, A. S. da. **Determinação de modelos de referência de habitações populares para Florianópolis através de análise de agrupamento.** 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. **Equipamentos Economizadores.** Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>>. Acesso em: maio de 2012.
- SECOVI - Sindicato das empresas de compra, venda, locação e administração de imóveis residenciais e comerciais de São Paulo. **Manual do Uso Racional da Água.** Secovi, p. 25, São Paulo, 2005.
- SOUZA, E.L.; GHISI, E. Potable Water Savings by Using Rainwater for Non-Potable Uses in Houses. **Water**, v. 4, p. 607-628, 2012
- USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. **EPA Water Sense.** Agência Ambiental dos Estados Unidos, 2010. Disponível em: <www.epa.gov/watersense>. Acesso em: maio de 2012.
- VIEIRA, A. S. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina.** 2012. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- VIMIEIRO, G. V.; PÁDUA, V. L. de. Emprego de Equipamentos Especiais na Economia de Água em Residências de Baixa Renda. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Campo Grande, 2005.
- WILLIS, R.M.; STEWART, R.A.; GIURCO, D. P.; TALEBPOUR, M. R.; MOUSAVINEJAD, A. End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. **Journal of Cleaner Production**, p. 1-9, doi:10.1016/j.jclepro.2011.08.006, Elsevier, 2011.
- WILLIS, R.M.; STEWART, R.A.; GIURCO, D.P.; TALEBPOUR, M.R.; MOUSAVINEJAD, A. End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. **Journal of Cleaner Production**, 1-9, 2013.
- ZHANG, Y., CHEN, D., CHEN, L., ASHBOLT, S. Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 1, p. 222-226, 2009.