

## COMO HÁBITOS E TECNOLOGIA INFLUENCIAM O CONSUMO DE ÁGUA? APRENDIZADOS DE UM ESTUDO LONGITUDINAL EM DOMICÍLIOS DE SALVADOR-BA

### HOW DO HABITS AND TECHNOLOGY SHAPE WATER CONSUMPTION? INSIGHTS FROM A LONGITUDINAL STUDY IN SALVADOR-BA HOUSEHOLDS

Gabriella Laura Peixoto Botelho (autora correspondente)<sup>a</sup>, Karla Patricia Santos Oliveira Rodríguez Esquerre<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), <sup>b</sup>Universidade Federal da Bahia (UFBA)

*gbotelho@ufrb.edu.br*, *karlaesquerre@ufba.br*

Submissão: 16 de abril de 2025

Aceitação: 10 de novembro de 2025

#### Resumo

Este estudo investiga os padrões de consumo intradomiciliar de água em alta resolução temporal (dados captados a cada 10 segundos) como estratégia para obter aprendizados para subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos urbanos. Foram monitorados domicílios no bairro Nordeste de Amaralina (Salvador-BA) entre dezembro de 2010 e janeiro de 2012, utilizando-se hidrômetros acoplados a *data loggers* para registrar vazões em tempo real. A segregação do consumo por aparelho hidrossanitário foi realizada mediante análise computacional das curvas de vazão, permitindo a discriminação estimada dos usos finais. O experimento adotou uma abordagem em três fases: (1) linha de base (consumo habitual sem intervenções), (2) intervenções comportamentais (estímulo ao uso racional) e (3) substituição tecnológica (instalação de dispositivos economizadores). Os resultados evidenciaram heterogeneidade nos perfis de consumo entre famílias, indicando que fatores comportamentais (hábitos, duração e frequência de uso) são tão determinantes quanto a eficiência tecnológica. Conclui-se que estratégias de gestão da demanda devem integrar diagnósticos individualizados e intervenções multifatoriais, combinando educação ambiental e inovação tecnológica para otimizar a conservação hídrica em escala urbana.

**Palavras-chave:** gestão da demanda hídrica urbana; monitoramento em alta resolução; intervenções comportamentais; tecnologias economizadoras de água; usos finais da água.

#### Abstract

This study examines high-resolution temporal patterns (10-second intervals) of household water consumption as a strategy to support learning about sustainable urban water demand management. We monitored households in the Nordeste de Amaralina neighborhood (Salvador-BA, Brazil) from December 2010 to January 2012, using smart water meters coupled with data loggers for real-time flow measurement. End-use disaggregation was achieved through computational analysis of flow rate signatures, enabling estimated attribution of water consumption to specific fixtures. The experimental design followed a three-phase approach: (1) baseline assessment (habitual consumption), (2) behavioral interventions (promoting rational use), and (3) technological upgrades (water-efficient devices). Results revealed significant heterogeneity in consumption profiles across households, demonstrating that behavioral factors (usage habits, duration, and frequency) are as critical as technological efficiency. We conclude that effective demand-side management requires tailored diagnostics and multi-pronged interventions, integrating public awareness campaigns and technological innovation to optimize urban water conservation.

**Keywords:** urban water demand management; high-resolution monitoring; behavioral interventions; water-saving technologies; End-use water disaggregation.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento de eventos extremos relacionados às mudanças climáticas e outros problemas ambientais é amplamente reconhecido pela comunidade científica como consequência da gestão inadequada dos recursos naturais. Além disso, o crescimento populacional exerce uma pressão crescente sobre os recursos disponíveis, intensificando a demanda por água e outros insumos essenciais à vida no planeta. Nesse contexto, a gestão hídrica precisa evoluir de um modelo baseado exclusivamente na ampliação da oferta para um enfoque que priorize a eficiência no uso dos recursos disponíveis, conhecido como gestão da demanda.

O modelo de gestão da água na maioria das grandes cidades se caracteriza em ampliar a oferta de água, através de obras de engenharia e busca por novos mananciais, quando ocorre um aumento na demanda por água. Essa tendência não contribui com a sustentabilidade do uso dos recursos, pois não se identifica estratégias para adiar a necessidade dessa ampliação mediante utilização eficiente dos recursos atuais. Assim, se faz necessária a introdução de novos conceitos e paradigmas que contribuam com a preservação ambiental, tais como a temática da gestão da demanda.

Algumas técnicas utilizadas para gestão da demanda, segundo Vairavamoorthy, Gorantiwar e Pathirana (2008) são: abastecimento de água intermitente, controle de perdas na distribuição, métodos de medição do consumo de água acessíveis, mudanças no sistema tarifário, instalação de dispositivos hidráulicos mais eficientes, reuso de água, desenvolvimento institucional e conscientização da população por meio de campanhas educacionais. Essas técnicas para funcionarem bem e terem sua eficiência quantificada adequadamente, precisam de estratégias para medição e caracterização do consumo.

Diversos trabalhos têm se concentrado em construir uma metodologia adequada para medição ou estimativa e caracterização do consumo residencial de água levando em consideração o maior número possível de fatores que possam interferir nesse uso, tais como, fatores educacionais, econômicos, culturais, climáticos, estruturais (relacionados a questões construtivas da residência), psicossociais, sociodemográficos (Almeida, 2007; Bagnoli *et al.*, 2025; Fox; Mcintosh; Jeffrey, 2009; Garcia, 2011; Jorgensen;

Graymore; O'Toole, 2009; Mayer; Deoreo, 1999; Willis *et al.*, 2011).

Kiperstok e Kiperstok (2017) identificaram cinco fatores que influenciam o consumo de água em nível individual: o controle (como a consciência do usuário e a tarifa), o consumo efetivo (necessário ou desejado), o desperdício, as perdas nas instalações (relacionadas à manutenção) e a qualidade ambiental da construção (como dispositivos eficientes e captação de água da chuva). Complementarmente, Botelho *et al.* (2021) destacaram que os materiais utilizados nos usos cotidianos, como tipo de sabões ou o consumo de energia, também impactam a quantidade de água utilizada.

Com o avanço da tecnologia de captação, tratamento de dados e transmissão de informação, a tendência para estratégias de medição e disseminação de informações sobre o consumo de água, energia e outros insumos é que esse seja cada vez mais automatizado e relevante tanto para os usuários como para os gestores dos serviços de abastecimento público (Mäser *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2020).

A evolução tecnológica, como o advento do aprendizado de máquina e maior capacidade computacional, remete a possibilidades de maiores informações sobre o consumo, o que pode auxiliar a lidar com os grandes desafios de cada país, como: (i) as perdas de água na distribuição, que, em Salvador, por exemplo, atingem níveis de 52 % (SNIS, 2023); e (ii) a intermitência nas redes de distribuição, que tem potencial para causar degradação da qualidade da água e desigualdades na distribuição. Além disso, é importante investir em desenvolvimento institucional para lidar com esses problemas de forma a saná-los de modo organizado e eficaz (Butler; Memon, 2006).

A presente pesquisa tem o sistema de monitoramento do consumo de água semelhante aos trabalhos de Almeida (2007); Heinrich (2007); Mayer; DeOreo (1999) e Willis (2010). O sistema consiste em instalar, em apenas um ponto na residência, o aparato de coleta de dados, constituído por hidrômetro e *data logger* captando registros em curtos intervalos de tempo, a cada dez segundos, e a partir dessas vazões, identificar qualquer movimento de consumo de água intradomiciliar.

As residências estudadas situam-se no Bairro de Nordeste de Amaralina, na região da Chapada do Rio Vermelho. Esta análise envolveu três

residências monitoradas, sendo uma delas com método diferente de medição do consumo e consequente análise dos resultados.

Com esse sistema de monitoramento e auxílio de *software* específico objetiva-se inferir, em nível aproximado, sobre o consumo de água intradomiciliar segregado por aparelho hidráulico, baseado nas curvas que relacionam as vazões de uso de cada aparelho com a duração do uso.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo envolveu a seleção de três residências como estudo de caso.

Apesar de não ser uma amostra significativa do ponto de vista estatístico e, portanto, os resultados não poderem ser extrapolados para toda a região, a riqueza de informações qualitativas e contextuais ampliam a compreensão e favorecem *insights* acerca da questão do consumo de água em regiões periféricas.

A seleção das residências partiu da pesquisa realizada por Garcia (2011), que consistiu em levantar as características, por meio da aplicação de questionário, de domicílios de uma rua na Chapada do Rio Vermelho. Trechos do questionário relevantes para a presente pesquisa são apresentados nas Figuras 1 e 2.

**Figura 1** - Trecho do questionário aplicado com questões acerca do número de pontos de consumo e presença de reservatório, questões essenciais para a presente pesquisa

13. Número de sanitários:	13.1. Internos: _____	13.2. Externos: _____
14. Número de pontos de água:	14.1. Internos: _____	14.2. Externos: _____
15. Número de bacias sanitárias:	_____	
16. Possui Reservatório? ( ) Sim. Volume? _____	( ) Não	
17. Existe algum vazamento visível na residência? ( ) Sim. Onde? _____	( ) Não	

Fonte: Garcia (2011).

**Figura 2** - Trecho do questionário aplicado com questões acerca de percepção sobre o uso racional e possibilidade de participar da etapa posterior da pesquisa

<b>Uso racional da água e participação na etapa posterior da pesquisa</b>		
31. Você acredita que as outras pessoas usam água de forma racional?	( ) Sim	( ) Não
32. Vocês usam água de forma racional?	( ) Sim	( ) Não [Se a resposta for não pule para questão 34]
33. Quais as ações adotadas para usar a água de forma racional?	_____ _____	
34. Por que vocês usam a água de forma racional?	_____ _____	
[Explicar ao morador a próxima etapa da pesquisa: objetivos, atividades e como eles participariam]		
35. Aceitaria participar da próxima etapa da pesquisa?	( ) Sim	( ) Não

Fonte: Garcia (2011).

A pergunta sobre o uso racional foi utilizada como uma introdução ao tema e, no momento da aplicação do questionário, foi realizada de modo que os participantes pudessem responder livremente, com base em seu próprio entendimento sobre o assunto. Posteriormente, o tema foi aprofundado junto aos moradores que aceitaram participar da pesquisa. Foi reservado um dia específico para uma explanação sobre o tema, com o objetivo de sensibilizá-los. A partir dessa data, iniciou-se o período da pesquisa denominado “Intervenções comportamentais”, que será detalhado no Quadro 3. Entre as perguntas realizadas, uma das mais importantes foi aquela

sobre a intenção em continuar a participar da pesquisa durante a etapa de monitoramento do consumo (Figura 2). Além disso, foram perguntas cruciais, com base no sistema de monitoramento pretendido, as características do sistema hidráulico das residências (Figura 1).

Uma avaliação preliminar das residências participantes do projeto foi realizada, a partir do levantamento de suas características gerais, apresentadas no Quadro 1.

A família da residência 2, após 10 meses de participação na pesquisa, passou por um processo de mudança de casa e outra família passou a habitar a residência monitorada. Esta nova família,

consentiu a continuidade da pesquisa na sua residência. Essa mudança, ocorrida no meio de uma pesquisa que objetiva entender os fatores de influência no consumo residencial de água, foi uma oportunidade de analisar a influência direta dos fatores comportamentais do usuário no consumo de água. Uma família com diferente grau de comprometimento com a pesquisa, com diferente relação com a água, diferentes formas de utilizar os mesmos dispositivos hidráulicos, diferentes hábitos de permanência na residência, entre outros aspectos, possibilitou a investigação do

objeto de estudo sob nova ótica.

O desenvolvimento do sistema de medições do consumo de água, voltados para a captura, tratamento e armazenamento de dados sobre o consumo de água nas edificações, baseou-se em estudos precursores como (Almeida, 2007; Mayer; DeOreo, 1999; Willis, 2010). Para o monitoramento do consumo de água, foram utilizados hidrômetro associados a *data logger*, conforme mostra a Figura 3. Os hidrômetros e *data loggers* foram comprados com certificado de calibração de fábrica.

**Quadro 1** - Resumo das características principais de cada residência monitorada

Residência	Número de habitantes	Permanência na residência	Características dos moradores	Nº de cômodos	Nº de pontos de consumo de água ligados ao reservatório
1	2	Morador 1 - período integral Morador 2- período matutino e vespertino e noturno em dias alternados	casal de idosos	7	7
2 - família 1	3	Não foi informado	um casal de adultos e uma criança	6	10
2 - família 2	2	Não foi informado	2 irmãos adultos	6	10
3	7	2 moradores em período integral	Não informado	10	13

Fonte: os autores.

**Figura 3** - Ilustração do sistema de monitoramento utilizado



Fonte: arquivos do projeto GESÁGUA (Oliveira-Esquerre, 2012).  
Seta vermelha indica o *data logger*, seta amarela indica o hidrômetro.

O Quadro 2 resume as principais informações referentes às diferenças entre os sistemas de monitoramento utilizados nas residências. Os diferentes sistemas de monitoramento foram

divididos em dois grupos: Sistema de monitoramento Principal, Sistema de monitoramento Complementar.

**Quadro 2** - Resumo dos sistemas de monitoramento do consumo de água utilizados

SISTEMAS DE MONITORAMENTO	PRINCIPAL	COMPLEMENTAR
Nº de residências	2 (residência 1 e 2 )	1 (residência 3)
Tipo de hidrômetro	LAO (K=0,1L/pulso)	Actaris® (K=1L/pulso)
Tipo de <i>data logger</i>	LogBox-DA-64k IP65 (Novus)	LogBox-DA-64k IP65 (Novus)
Intervalo de registro de informações do <i>datalogger</i>	10s	10s
Capacidade de armazenamento do <i>datalogger</i>	7 dias	7 dias
Intervalo de coleta de dados do <i>datalogger</i>	7 dias	7 dias
Interface para coleta de dados do <i>datalogger</i>	<i>Infra vermelho</i>	<i>Infra vermelho</i>

Fonte: os autores.

O sistema principal foi feito em 2 residências, denominadas residência 1 e 2. Em cada uma destas residências foram instalados, na saída do reservatório de água superior, um hidrômetro da marca LAO (Liceu de Artes e Ofício de São Paulo) com vazão nominal de 1,5 m³/h, vazão mínima de 0,030 m³/h, que emite pulsos a partir de sensores optoeletrônicos com fator K=0,1L/pulso, ou seja, emite um pulso a cada 100mL de fluido que atravessa o hidrômetro. Este hidrômetro foi associado a um *data logger*, da marca NOVUS® produtos eletrônicos Ltda, denominado Logbox, configurado para armazenar os dados emitidos pelo hidrômetro a cada 10s. A definição do intervalo de armazenamento tem relação com o

método de tratamento de dados adotado.

A escolha deste sistema de monitoramento como Principal se deveu à possibilidade, devido às configurações do sistema, de utilizar o tratamento de dados selecionado para atender um dos maiores objetivos da pesquisa, que visou identificar as curvas de vazões dos aparelhos hidráulicos, através de *software* específico e com isso identificar os usos por aparelho hidrossanitário. A Figura 4 ilustra o esquema do sistema de monitoramento, tratamento de dados, que foi feito com auxílio do *software* Trace Wizard® e os dispositivos hidráulicos ilustrativos das residências com monitoramento Principal.

**Figura 4** - Resumo dos sistemas de monitoramento do consumo de água utilizados



Fonte: adaptado de Botelho (2013).

O sistema Complementar, adotado na residência 3, também unifamiliar, foi realizado a partir de hidrômetro Actaris® multijato com saída de sinal pulsado e classe metrológica B. Este possui fator K = 1L/pulso, ou seja, a cada 1 litro de água que atravessa o medidor é emitido um pulso, e possui vazão nominal de 1,5m³/h. O hidrômetro foi associado ao *data logger* da mesma marca e modelo das residências anteriores e com o mesmo intervalo de coleta de dados, a cada 10 segundos.

Devido ao reservatório a que se teve acesso da residência 3, abastecer apenas um dos banheiros, esse foi o único cômodo monitorado. Para essa residência foi possível avaliar a influência de ações de incentivos ao uso racional de água, observando-se os valores totais de consumo antes e após a mudança por equipamentos economizadores.

A coleta de dados ocorreu a cada sete dias, para que a memória do equipamento fosse restituída. A coleta periódica, por pessoal habilitado, foi feita através de sensor infravermelho com saída USB (*Universal Serial Bus*) conectado

a um computador portátil com o *software* LogChart II®, fornecido pelo fabricante do *data logger*.

O Quadro 3 mostra os períodos de monitoramento realizados em cada residência indicando os marcos de intervenções feitas na pesquisa. O primeiro período, chamado linha de base, ocorreu sem intervenção direta dos pesquisadores, estudando-se o consumo habitual de cada residência. O segundo período, chamado intervenções comportamentais, ocorreu com intervenção a partir de conversa sobre a importância do uso racional e contextualização acerca da problemática da água, além do início da entrega semanal de um informativo sobre o consumo da residência, esse informativo inclusive continha comparações sobre o consumo da mesma família de uma semana para outra e comparações com a média de consumo do bairro, que foi levantado no trabalho de Garcia (2011). No terceiro e último período ocorreu a substituição tecnológica, em que houve a substituição de alguns aparelhos hidrossanitários das residências por modelo economizador.

**Quadro 3** - Marcos temporais de cada intervenção feita na pesquisa: (1) linha de base (consumo habitual sem intervenções), (2) intervenções comportamentais (estímulo ao uso racional) e (3) substituição tecnológica (instalação de dispositivos economizadores).

Residências	Linha de base (1)	Intervenções comportamentais (2)	Substituição tecnológica (3)
1	01/01/2011 até 18/06/2011	18/06/2011 até 06/08/2011	06/08/2011 até 24/01/2012
2 família 1	01/01/2011 até 04/06/2011	04/06/2011 até 02/08/2011	02/08/2011 até 07/11/2011
2 família 2	-	-	07/11/2011 até 31/01/2012
3	21/01/2011 até 18/06/2011	18/06/2011 até 07/08/2011	07/08/2011 até 09/01/2012

Fonte: os autores.

Para o tratamento de dados inicialmente foi feito um estudo exploratório dos dados, identificando tendências de comportamento central dos dados, entendimento e remoção de *outliers*, que ocorriam devido, segundo informações do fabricante, à transmissão do sinal do tipo óptico e a escala de captação dos dados do hidrômetro, que no momento da transmissão do sinal, quando ocorriam vibrações no sistema, devido ao golpe de ariete ou outras interferências,

o sistema de leitura confundia essa vibração com pulsos e esses eram registrados pelo equipamento de leitura dos dados, registrando, portanto, valores aberrantes de consumo de água, que foram devidamente removidos, seguindo critérios plausíveis, definidos com base em estudos sobre o que seria o comportamento típico de uso da água na residência. Esse estudo do comportamento típico foi realizado a partir de medições *in loco* com baldes e cronômetros, verificando as vazões

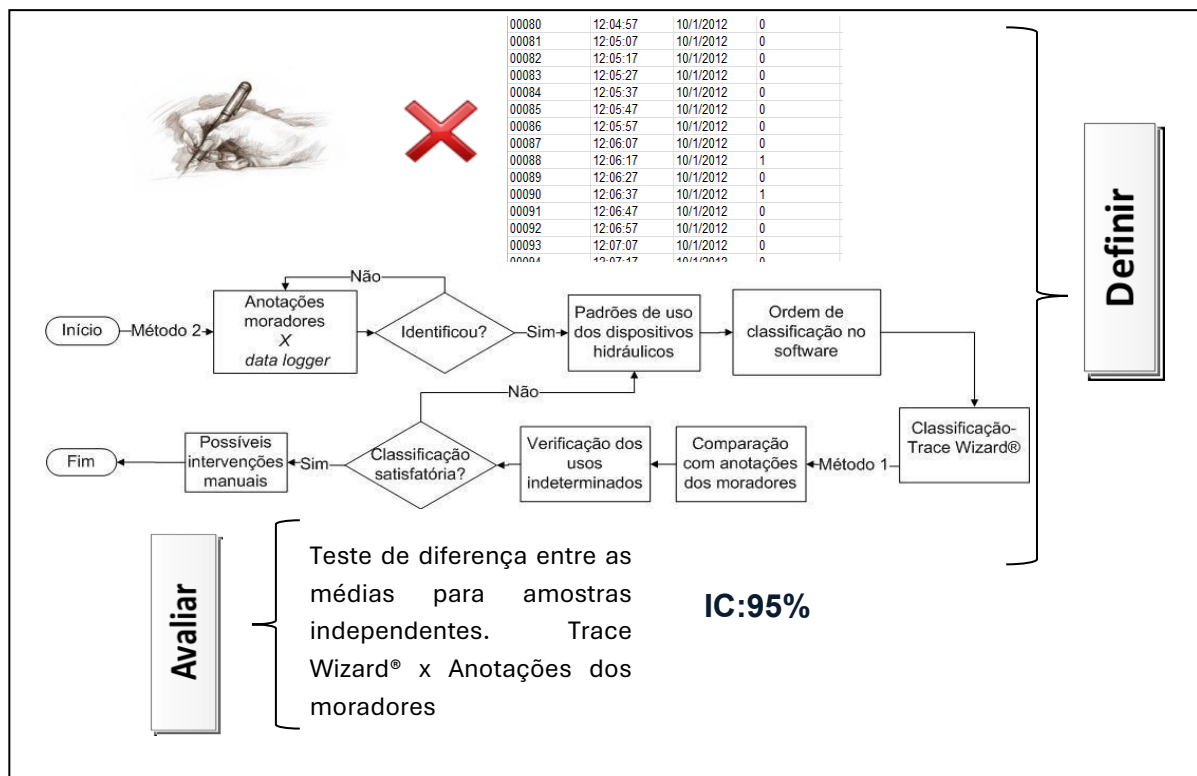
máximas de cada equipamento da residência.

Após essa etapa inicial, os dados foram tratados no software Trace Wizard®, um software comercial que para classificar os eventos de uso de água que usa árvore de decisão, com base em parâmetros definidos manualmente para cada dispositivo hidráulico. Uma limitação no seu uso é o fato dele ser altamente dependente da interferência humana. Porém, esse *software* permitiu identificar o perfil de consumo de cada dispositivo hidráulico acionado em uma sequência temporal de informações sobre a vazão, identificando padrões de fluxo, podendo, portanto, de forma aproximada, isolar, quantificar e categorizar os usos de água residenciais, por aparelho hidrossanitário, inclusive identificando

possíveis vazamentos.

A possibilidade de entender os padrões de uso se deu com uma etapa prévia de estudo dos usos por aparelho, em que foi pedido aos moradores que fizessem um diário de anotações sobre os seus usos de água durante uma semana. Após essa etapa foram cruzadas as informações de horário de uso de cada equipamento com o horário registrado pelo *data logger* e assim foram identificados os padrões de uso. Depois foram avaliados os acertos do *software* comparando a classificação feita, com as anotações realizadas por meio de um teste entre as médias das amostras independentes. A Figura 5 ilustra essa metodologia adotada.

**Figura 5 -** Resumo do esquema de classificação dos dados de consumo de água entre usos finais



Fonte: adaptado de Botelho (2013).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Análise do consumo de água residencial mensal e per capita

Inicialmente foram realizadas análises do consumo observando-se as medidas de tendências centrais do consumo de água numa escala de tempo mensal e diária com desvio padrão, conforme mostra a Tabela 1.

A análise desses dados mostrou que a

residência 1 e a residência 2 (família 1) apresentavam consumo mensal total abaixo dos 10 m<sup>3</sup> mensais que, na época, era o valor estabelecido como consumo mínimo pela concessionária de serviços de abastecimento de água, para o qual, era cobrada a tarifa mínima. Trabalhos anteriores como Almeida (2007), Garcia (2011) e Moraes (1995) realizados em Salvador e em Feira de Santana, também chegaram à conclusão de que famílias situadas em regiões de

baixa renda apresentavam em média consumo mensal menor que o valor base, para cobrança de tarifa, praticado pela Embasa. A residência 3, apresentou valor de consumo maior que 10 m<sup>3</sup> devido ao grande número de pessoas que a habitam, 7 indivíduos. Em trabalho semelhante, realizado por Botelho (2022), em que foi avaliado

o consumo de 7 residências em regiões da periferia de Salvador, cinco das sete residências estudadas apresentaram consumo abaixo de 10 m<sup>3</sup> e duas abaixo de 6 m<sup>3</sup> que é o valor mínimo de consumo mensal atualmente praticado, desde 2017, para a cobrança da tarifa mínima.

**Tabela 1 – Medidas de tendência central**

Residências	Média (m <sup>3</sup> /mês)	Média (L/hab.dia)	Mediana (L/hab.dia)	N
1	7 ± 3	111 ± 51	105	311
2 (Família 1)	9 ± 6	96 ± 61	78	185
2 (Família 2)	12 ± 9	190 ± 128	150	62
3*	12 ± 4	58 ± 18	57	280

\*Para a residência 3 foi estabelecida uma proporção entre o volume consumido no banheiro e o consumo total da residência. O fator de conversão para calcular o consumo médio per capita e mensal foi de C=0,4.

Nesse sistema de cobrança, quando se consome abaixo do limite mínimo de consumo, não há recompensa financeira por reduzir o consumo de água. Isto ocorre especialmente em famílias pequenas. Além disso, as famílias numerosas são oneradas, pois mesmo que consumam o mínimo necessário para atender às necessidades básicas por habitante, de 50 litros por pessoa por dia (Gleick, 1996), o consumo total pode ser maior do que a taxa mínima.

Quanto aos valores per capita, observou-se que as residências 1, 2 (família 1) e 3 apresentaram um crescente consumo médio mensal, respectivamente, no entanto, o consumo per capita seguiu a ordem inversa. Esse padrão de redução de consumo relacionado ao número de moradores, também foi observado em pesquisas anteriores, tais como Almeida (2007), Garcia (2011), Magalhães *et al.* (2012), Mayer; DeOreo (1999), Moraes (1995), e outros. Isso ocorre porque quanto maior o número de moradores, os consumos feitos para uso coletivo na residência, tais como, limpar casa, lavar roupas, cozinhar, lavar louças, são divididos entre um maior número de moradores, reduzindo, portanto, o consumo final per capita. Além disso, numa casa com mais moradores, existe maior concorrência para o uso do banheiro, o que faz com que o tempo de banho, por exemplo, seja diminuído.

Foram elaborados gráficos do tipo *boxplot* e *dotplot*, para identificar tendências de redução ou aumento do consumo per capita, entre os períodos da pesquisa, e também analisar a distribuição dos dados, conforme mostra a Figura 6.

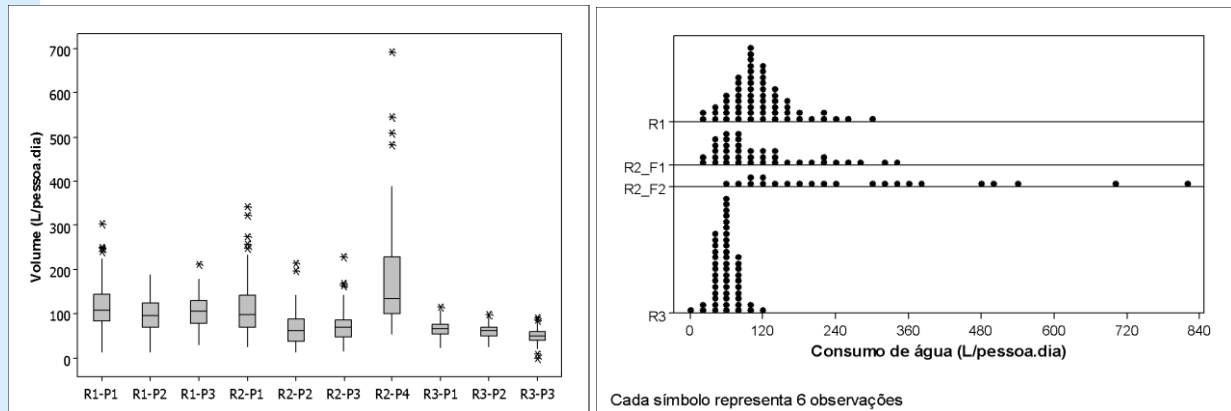
A Figura 6, lado esquerdo, mostra o gráfico de *boxplot* com o consumo de cada residência, R1, R2 e R3 entre os períodos da pesquisa. As principais observações a serem feitas acerca desse gráfico dizem respeito à discreta tendência de redução do consumo após a intervenção da pesquisa, nos períodos 2 e 3 para todas as residências, exceto no período 4, onde ocorreu a mudança de família na residência e com isso um aumento no padrão de consumo.

O lado direito da Figura 6 mostra a distribuição de frequência do consumo per capita de água nas residências em gráfico do tipo *dotplot*. Nessa figura observa-se que a residência 1 parece ter uma distribuição de dados mais próxima à distribuição normal, enquanto as demais apresentam tendências mais variáveis, especialmente a residência 2, com família 2, em que houve um menor tempo de monitoramento e ainda a presença de um vazamento detectado no período, esses eventos refletiram numa distribuição muito mais dispersa. O consumo da residência 3 (R3) variou em intervalo menor, o que pode ter relação com o fato de somente ter sido

monitorado o banheiro desta residência, o que reduz a possibilidade de variação do consumo

devido ao menor número de aparelhos monitorados.

**Figura 6 – Análise do consumo de água per capita entre os períodos da pesquisa**



Legenda: R= residência; P=período; F= Família.  
 Fonte: adaptado de Botelho (2013).

### 3.2 ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL POR APARELHO HIDROSSANITÁRIO

Após a análise do consumo mensal e per capita, foram realizadas análises do consumo de forma mais pormenorizada, observando-se os perfis de utilização de cada aparelho hidrossanitário numa escala de tempo de segundos.

Os gráficos da Figura 7 foram construídos a partir do cruzamento das informações obtidas com os diários de anotações feitos pelos moradores e as informações do sistema de monitoramento. Com essas informações foi possível construir os *templates* para alimentar o programa de tratamento de dados, o Trace Wizard®, conforme mostram as setas desenhadas no esquema da Figura 7. A última seta ilustra no canto inferior direito a interface do programa com diferentes cores para diferentes perfis de aparelhos hidrossanitários.

Na Figura 7, na parte que ilustra a bacia sanitária da residência 1, as curvas foram obtidas antes da mudança do aparelho por modelo economizador. As variações de vazão em movimento zigue-zague a cada 10 segundos conforme mostra a Figura 7, tem relação com o fundo de escala do emissor de pulsos do hidrômetro, a escala do emissor é de 100 mL/pulso, então, quando ocorrem consumos com valores que não são múltiplos dessa escala como, 150 mL, por exemplo, o sensor irá registrar apenas 100 mL, então, os 50 mL restantes serão

computados no próximo uso. Por exemplo, se houver um consumo de 150 mL, o registrador vai somar os 50 mL anteriores a esse consumo atual e serão registrados 200 mL, valor múltiplo da escala do aparelho. A análise do perfil do uso da bacia sanitária da residência 1, mostra que em comparação com a bacia da residência 2, o tempo de enchimento do reservatório da bacia é mais longo e com vazões mais baixas, além disso, nota-se que não há grandes variações no tipo de curva característica.

Ainda analisando a Figura 7, na parte que mostra a bacia sanitária da residência 2, com família 1, nota-se que a caixa de descarga dessa bacia sanitária tem dois tipos de perfis de vazão, um mais longo, que corresponde a uma descarga completa, e um mais curto que corresponde a uma descarga mais leve. Verificou-se que os membros da família tinham hábito de “dosar” a força ao acionar a caixa de descarga. Embora essa bacia seja do tipo que possui caixa de descarga embutida na parede, o tipo de válvula permite o acionamento parcial da descarga. Assim, diante desse resultado, foi decidido que essa bacia sanitária não seria substituída por modelo economizador de água, pois apresentou perfis de vazão semelhantes aos modelos com “duplo acionamento”.

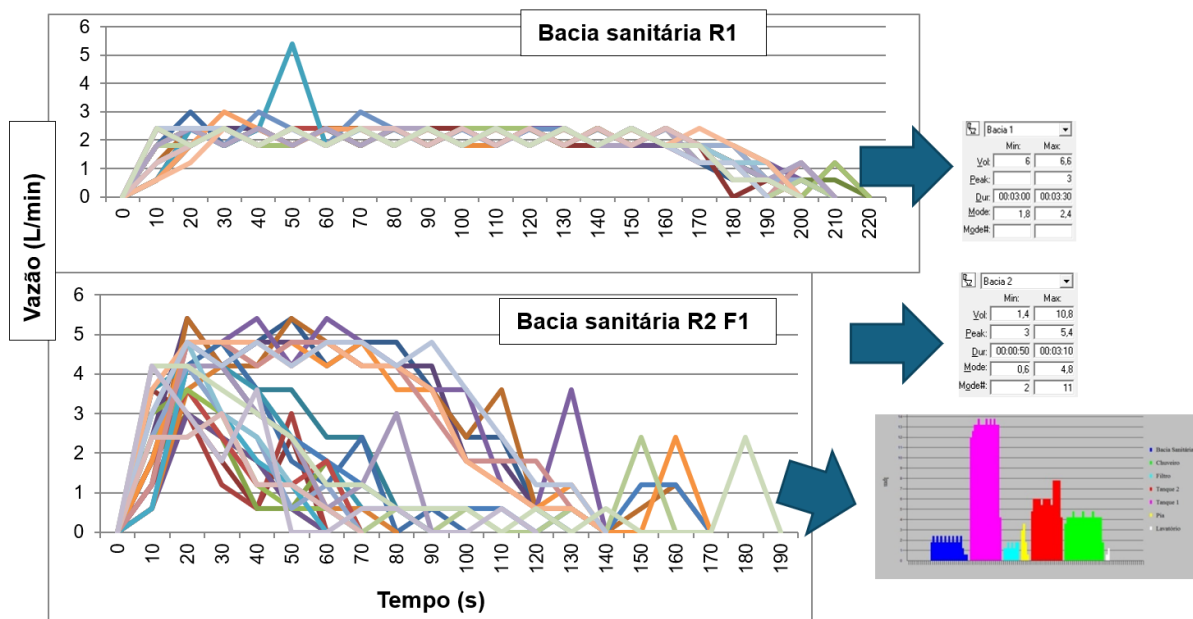
O estudo dos demais perfis de vazão dos outros aparelhos de cada residência, seguiu essa mesma linha de raciocínio, e o preenchimento dos dados no *software* de tratamento de dados foi realizado a partir de análises das estatísticas descritivas do escoamento como moda, valores

máximos e mínimos de duração e volumes utilizados em cada uso.

A partir da análise das curvas de vazões foi possível fazer a classificação dos usos de água por dispositivo hidráulico. Assim foram construídas as Figuras 8 e 9, que mostram o comportamento da bacia sanitária e torneiras da cozinha e lavatório,

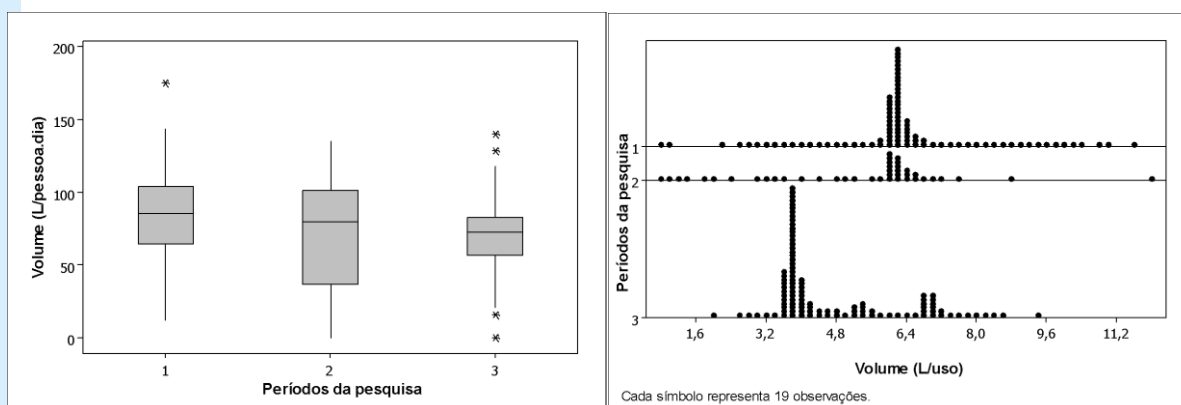
entre os períodos da pesquisa, da residência 1. Foram escolhidas a bacia sanitária e torneiras, especificamente da residência 1, pois esses aparelhos hidrossanitários foram substituídos por modelo economizador e essa residência foi a que apresentou maior adesão às medidas de gestão da demanda.

**Figura 7 –** Análise de diversos perfis de vazão de água utilizada por aparelho hidrossanitário sobrepostos, a cada 10 segundos



Fonte: adaptado de Botelho (2013).

**Figura 8 –** Comportamento de consumo de água através da bacia sanitária na residência 1



Fonte: adaptado de Botelho (2013).

A Figura 8, lado esquerdo mostra que houve uma leve tendência à redução de consumo do período 1 para o 2, e também do 2 para o 3. Observa-se que no segundo período ocorreu uma maior variabilidade dos dados, visível pela maior amplitude interquartil. Isso pode ter relação com o esforço em utilizar menos água quando possível, o

que deslocou os valores do primeiro quartil para baixo, e a continuidade de usos nos quais não seria possível a redução, permanecendo os valores da mediana e terceiro quartil em patamares similares aos da primeira etapa. Essa maior variabilidade também pode ter relação com a menor quantidade de dias monitorados nessa

fase. Outros fatores podem ter influenciado a tendência de redução, como a questão da temperatura média diária entre os meses do ano em cada medição.

Do período 2 para o 3, em que a bacia convencional da residência foi substituída por um modelo economizador, observa-se também uma leve tendência de redução do consumo per capita. Verifica-se que além da leve redução nesse período, houve também uma variação dos dados em intervalos menores interquartis.

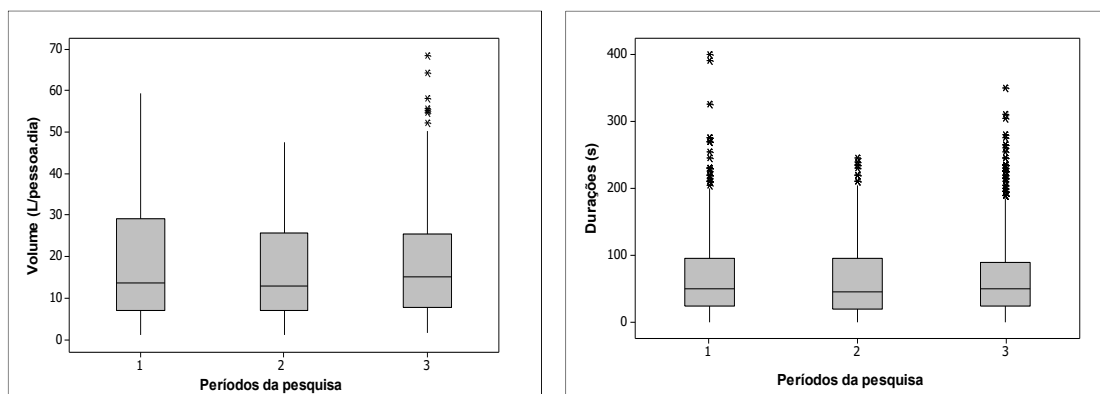
Conforme mostra o gráfico da Figura 8, lado direito, os volumes típicos de utilização da bacia sanitária foram em torno de 6 L/uso nos períodos 1 e 2. E no terceiro período, ocorrem duas concentrações de dados, uma em torno de 4 L e outra em torno de 7 L. Isso mostra que o acionamento dual da bacia sanitária economizadora foi captado pelo sistema de monitoramento. A maior concentração de dados nos menores volumes indica que os moradores entenderam o funcionamento de uso da bacia e utilizaram mais o menor volume.

Caso os moradores não tivessem entendido o princípio de funcionamento do aparelho sanitário

ou não tivessem a atitude de utilizá-lo da forma correta, o consumo de água poderia ter aumentado, mesmo com a adição da bacia sanitária economizadora, visto que o volume máximo possível de armazenamento da caixa de descarga aparentemente aumentou. Essa divisão entre os volumes referentes ao acionamento dual não foi observada na residência 2; isso pode ter ocorrido por essa casa ter dois banheiros monitorados e, além disso, pode ter ocorrido que os moradores não tenham desenvolvido o hábito de utilizar o acionamento dual de forma correta. Para a residência 2 foi observada também leve redução no consumo do período 1 para o 2 e leve aumento do período 2 para o 3, que pode se dever ao fato do uso inadequado da bacia sanitária de acionamento dual. No período 4 o aumento foi mais acentuado, mostrando que os novos moradores tinham padrão mais perdulário de consumo. Na residência 3 não foi possível observar esse padrão, devido ao sistema de monitoramento utilizado.

A Figura 9 mostra como foi o comportamento de uso das torneiras da cozinha, antes e após as intervenções da pesquisa.

**Figura 9 – Comportamento de consumo de água através da torneira da cozinha e lavatório na residência 1**



Fonte: adaptado de Botelho (2013).

Esses dois usos foram colocados no mesmo tópico por terem sido equipamentos substituídos por modelo economizador (torneira com arejador) e por serem equipamentos cujos perfis de vazão são muito semelhantes.

A análise da Figura 9, do lado esquerdo, mostra que o gráfico se manteve quase igual nos três períodos pesquisados. Houve uma leve tendência de redução na mediana observada, e também uma leve redução na amplitude interquartil, mas as variações foram muito pequenas para afirmar que essas mudanças foram

em decorrência das medidas de gestão da demanda. Quanto ao lado direito da Figura 9, observou-se que as durações de usos medianas se mantiveram em intervalos semelhantes, mas houve, no segundo período, uma tendência à redução dos valores extremos de duração dos usos. Apesar de no segundo período, aparentemente, terem sido evitados usos mais longos desses dispositivos hidráulicos, nota-se que essa redução nas durações dos usos foi discreta a ponto de não reduzir significativamente o consumo de água per capita final no período 2.

Assim, verifica-se que aparentemente não houve alterações nos usos desses dispositivos hidráulicos a partir das medidas adotadas entre os períodos da pesquisa.

Embora as análises dos consumos de água por aparelho, entre os períodos da pesquisa estejam mostrando uma tendência muito leve de redução, ao entender o perfil da família estudada na residência 1 observa-se que uma redução era mesmo esperada, pois é consistente com as intenções, declaradas e observadas, de engajamento com a pesquisa demonstradas pela família.

Um cuidado a se tomar com as medidas de intervenção na infraestrutura é que muitas vezes, existe uma tendência humana em relaxar nas medidas de uso racional quando a fonte de recursos naturais é ou se torna mais abundante. Exemplos disso são citados nos trabalhos de Katz (2016) e Alfawzan e Gasim (2019): o primeiro observou que em Israel, após a larga escala da utilização da dessalinização e o aumento da oferta de água, ocorreu um aumento do consumo de água, apesar de, nesse caso, poder estar relacionado com uma demanda reprimida; já o segundo apontou o advento dos carros mais econômicos, em relação ao uso de combustíveis, em que esse aumento da eficiência veio junto com um aumento grande no uso, o que causou um problema secundário do incremento dos gases de efeito estufa, ao invés da redução do uso dos combustíveis fósseis, que foi a ideia original.

Apesar de muito sutis, observou-se na Figura 9, lado esquerdo e direito, que no terceiro período, após a inserção do arejador no lavatório e pia de cozinha, tanto para o volume per capita consumido, como para as durações observadas de usos, houve um leve aumento do número de *outliers* observados. Isso pode estar relacionado com esse fator “relaxamento” nas medidas de uso racional, apesar da família da residência 1 estar bastante engajada com as medidas de uso racional.

Quanto aos vazamentos, definiu-se na pesquisa que um indício de vazamento seria a ocorrência de usos contínuos que perdurassem durante a madrugada. Assim, ao analisar visualmente, por meio da interface do software Trace Wizard®, todos os dias monitorados, foi identificado um possível vazamento na residência 1, durante o período denominado “Linha de base”, quando foram observados consumos contínuos nesse horário. Após investigações, constatou-se que o problema estava relacionado a problemas

de vedação da torneira do lavatório. Situação semelhante foi observada na residência 2, onde se registrou um volume constante de água elevado por várias horas ao longo do dia. Nesse caso, o vazamento ocorreu na bacia sanitária, que não havia sido substituída por modelo economizador durante a pesquisa.

## CONCLUSÃO

Quanto ao método de tratamento de dados utilizado para desagregar os dados de uma série temporal de consumo entre os usos por dispositivo hidrossanitário, sabe-se que atualmente com o advento das técnicas mais avançadas de modelos de classificação, essa categorização dos usos em usos finais pode ser feita de forma automatizada, porém utilizar para treinamento dos modelos de classificação um banco de dados previamente tratado por um analista experiente, feito a partir de informações seguras tais como a semana de anotações dos moradores, que em estudos posteriores pode ser feita virtualmente, através por exemplo, de aplicativos de celular, pode prover uma maior confiabilidade aos resultados avaliados.

De forma geral, a análise dos consumos de água nos aparelhos hidráulicos que foram substituídos por modelo economizador entre os períodos da pesquisa, sugere uma tendência sutil de redução do consumo com as medidas de gestão da demanda. A família da residência 1, em especial, se mostrou aberta e prestativa para alcançar os objetivos da pesquisa, sendo, portanto, escolhida como a família modelo. Esse perfil de família é importante nesse tipo de estudo, pois contar com as anotações corretas dos usos dos aparelhos foi um fator decisivo no reconhecimento dos padrões de usos dos equipamentos.

Com base na metodologia de setorização do consumo adotada pela presente pesquisa, verificou-se que foi possível identificar o consumo de água intradomiciliar de modo aproximado e fazer avaliações de determinados fatores intervenientes nesse consumo. Nesse estudo, destacou-se a importância de avaliar não apenas o consumo propriamente dito, mas também as durações de usos, frequências, e outros hábitos das famílias, pois segundo visto, os hábitos de cada um acarretaram em diferentes perfis de consumo e diferentes resultados quando submetidos às mesmas medidas de incentivo ao uso racional.

Em pesquisas posteriores, com metodologias

semelhantes recomenda-se um maior controle do grau de permanência dos moradores na residência, durante todo o período da pesquisa, corrigindo o valor do consumo per capita quando houver variações no número de moradores da residência, pois com essa medida fica mais fácil distinguir o que são dados aberrantes de dados que estão relacionados com o aumento do consumo diário pela chegada de uma visita ou saída prolongada de um dos membros da família.

Para pesquisas posteriores, também recomenda-se realizar sondagens mais aprofundadas dos hábitos de usos de água de cada família, identificando os materiais que são utilizados junto com cada uso que podem interferir num maior ou menor consumo de água, tais como o tipo de sabonete do banho, os métodos de realização de tarefas domésticas, a intenção por trás de cada uso, como banho para relaxar ou banho apenas para higienizar-se, identificando com isso os fatores de influência no consumo para que assim medidas mais assertivas de gestão da demanda possam ser adotadas pelo poder público.

### Agradecimentos

O presente trabalho contou com apoio financeiro do CNPq, por meio do Edital MCT/CNPq/CT-Hidro nº 22/2009, que financiou a pesquisa original e concedeu bolsa à primeira autora durante sua execução. A primeira autora também agradece a UFBA (Universidade Federal da Bahia), a UFRB (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia) e ao Programa de Pós-Graduação Meio Ambiente, Águas e Saneamento (PPG-MAASA) que permitiram a realização do seu pós-doutoramento. Agradece-se também o apoio atual do CNPq (Proc. 306245/2025-6), referente ao Edital CNPq nº 18/2024 – Bolsas de Produtividade em Pesquisa.

### REFERÊNCIAS

ALFAWZAN, Z.; GASIM, A. A. An empirical analysis of the welfare implications of the direct rebound effect. **Energy Efficiency**, v. 12, n. 8, p. 1987–2010, 1 dez. 2019. DOI: 10.1007/s12053-019-09784-0. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332030134\\_An\\_empirical\\_analysis\\_of\\_the\\_welfare\\_implications\\_of\\_the\\_direct\\_rebound\\_effect](https://www.researchgate.net/publication/332030134_An_empirical_analysis_of_the_welfare_implications_of_the_direct_rebound_effect). Acesso em: 17 jan. 2021.

ALMEIDA, G. S. **Metodologia para Caracterização de Efluentes Domésticos para Fins de Reúso**: Estudo em Feira de Santana, Bahia. 2007. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/21708>. Acesso em: 26 out. 2013.

BAGNOLI, L. *et al.* (2025). Water for daily life: Estimating basic household water needs in Lima and Quito. **Utilities Policy**, 95, may 2025. DOI: 10.1016/j.jup.2025.101940. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/391701151\\_Water\\_for\\_daily\\_life\\_Estimating\\_basic\\_household\\_water\\_needs\\_in\\_Lima\\_and\\_Quito](https://www.researchgate.net/publication/391701151_Water_for_daily_life_Estimating_basic_household_water_needs_in_Lima_and_Quito). Acesso em: 28 ago. 2025.

BOTELHO, G. *et al.* A Framework for Archive Demand Management Strategies: A Pilot Study on Water Use in a Low-Income Brazilian Area. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 1, 1 dec. 2021. DOI: 10.3390/su14010406. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/357714122\\_A\\_Framework\\_for\\_Archive\\_Demand\\_Management\\_Strategies\\_A\\_Pilot\\_Study\\_on\\_Water\\_Use\\_in\\_a\\_Low-Income\\_Brazilian\\_Area](https://www.researchgate.net/publication/357714122_A_Framework_for_Archive_Demand_Management_Strategies_A_Pilot_Study_on_Water_Use_in_a_Low-Income_Brazilian_Area). Acesso em: 02 jan. 2022.

BOTELHO, G. **Sistema de Suporte à Gestão da Demanda da Água Domiciliar**: Análise de um Estudo Piloto em Área de Baixa Renda em Salvador, Bahia. 2022. Tese (Doutorado em engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/38240>. Acesso em: 12 jun. 2023.

BOTELHO, G. L. P. **Avaliação do consumo de água em domicílios**: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos. 2013. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/14058>. Acesso em: 06 nov. 2013.

BUTLER, D.; MEMON, F. ALI. **Water demand management**. Seattle: IWA Publishing, 2006. DOI: 10.2166/9781780402550.

FOX, C.; MCINTOSH, B. S.; JEFFREY, P. Classifying households for water demand forecasting using physical property characteristics. **Land Use Policy**, Cranfield, v. 26, n. 3, p. 558–568, jul. 2009. DOI:

10.1016/j.landusepol.2008.08.004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/248257846\\_Classifying\\_Households\\_for\\_Water\\_Demand\\_Forecasting\\_Using\\_Physical\\_Property\\_Characteristics](https://www.researchgate.net/publication/248257846_Classifying_Households_for_Water_Demand_Forecasting_Using_Physical_Property_Characteristics). Acesso em: 26 out. 2012.

GARCIA, A. **Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/18711>. Acesso em: 26 out. 2012.

GLEICK, P. H. Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. **Water International**, v. 21, n. 2, p. 83–92, jun. 1996. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/245581462\\_Basic\\_Water\\_Requirements\\_for\\_Human\\_Activities\\_Meeting\\_Basic\\_Needs](https://www.researchgate.net/publication/245581462_Basic_Water_Requirements_for_Human_Activities_Meeting_Basic_Needs). Acesso em: 26 out. 2012.

HEINRICH, M. Water End Use and Efficiency Project (WEEP)-Final Report This report summarises the findings from eight months of water end use monitoring, conducted in a sample of residential homes on the Kapiti Coast, and the findings from the initial pilot and testing phase. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331385125\\_Water\\_end\\_use\\_and\\_efficiency\\_project\\_WEEP\\_Final\\_report](https://www.researchgate.net/publication/331385125_Water_end_use_and_efficiency_project_WEEP_Final_report). Acesso em: 25 abr. 2012.

JORGENSEN, B.; GRAYMORE, M.; O'TOOLE, K. Household water use behavior: an integrated model. **Journal of environmental management**, v. 91, n. 1, p. 227– 236, Elsevier Ltd. 2009. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.08.009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/26855793\\_Household\\_water\\_use\\_behavior\\_An\\_integrated\\_model](https://www.researchgate.net/publication/26855793_Household_water_use_behavior_An_integrated_model). Acesso em: 26 out. 2012.

KATZ, D. Undermining demand management with supply management: Moral hazard in Israeli water policies. **Water (Switzerland)**, v. 8, n. 4, apr. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301540438\\_Undermining\\_Demand\\_Management\\_with\\_Supply\\_Management\\_Moral\\_Hazard\\_in\\_Israeli\\_Water\\_Policies](https://www.researchgate.net/publication/301540438_Undermining_Demand_Management_with_Supply_Management_Moral_Hazard_in_Israeli_Water_Policies). Acesso em: 02 mai. 2021.

KIPERSTOK, A.; KIPERSTOK, A. C. **Technology Improvements or Influencing User Behaviour for Water Savings in Administrative and University Buildings: Which One Should Come First?** *Frontiers in Civil Engineering*. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.2174/9781681084831117020007.

MAGALHÃES, G. *et al.* Análise exploratória do consumo de água em residências de baixa e média renda em Salvador, Bahia. *In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – AIDIS, 33, Salvador. Anais...* Salvador, 2012.

MASERA, M. *et al.* **Smart (Electricity) Grids for Smart Cities: Assessing Roles and Societal Impacts. Proceedings of the IEEE**. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1 abr. 2018. DOI: 10.1109/JPROC.2018.2812212. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/324237035\\_Smart\\_Electricity\\_Grids\\_for\\_Smart\\_Cities\\_Assessing\\_Roles\\_and\\_Societal\\_Impacts](https://www.researchgate.net/publication/324237035_Smart_Electricity_Grids_for_Smart_Cities_Assessing_Roles_and_Societal_Impacts). Acesso em: 06 mai. 2021.

MAYER, P. W.; DEOREO, W. B. **Residential end uses of water**. Bolder, CO: [s.n.]. Disponível em: [www.aquacraft.com](http://www.aquacraft.com).

MORAES, L. R. S. Fatores determinantes de consumo per capita de água em assentamentos humanos em áreas periurbanas estudo de caso. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18, Belo Horizonte. Anais...* Belo Horizonte, set. 1995.

NGUYEN, K. *et al.* Next Generation Machine Learning for Urban Water Management. **Water e-Journal**, v. 5, n. 1, p. 1–7, jan. 2020. DOI: 10.21139/wej.2020.003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340969563\\_Next\\_Generation\\_Machine\\_Learning\\_for\\_Urban\\_Water\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/340969563_Next_Generation_Machine_Learning_for_Urban_Water_Management). Acesso em: 03 jun. 2020.

OLIVEIRA-ESQUERRE, K. **Gestão da Demanda por Água em Residências de Baixa e Média Renda-BA (GESAGUA-BA)**. Salvador: [s.n.].

VAIRAVAMOORTHY, K.; GORANTIWAR, S. D.; PATHIRANA, A. Managing urban water supplies in developing countries - Climate change and water scarcity scenarios. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 33, n. 5, p. 330–339, dec. 2008. DOI: 10.1016/j.pce.2008.02.008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223035186\\_Managing\\_urban\\_water\\_supplies\\_in\\_developing\\_countries-Climate\\_change\\_and\\_water\\_scarcity\\_scenarios](https://www.researchgate.net/publication/223035186_Managing_urban_water_supplies_in_developing_countries-Climate_change_and_water_scarcity_scenarios). Acesso em: 29 out. 2013.

WILLIS, R. M. **Domestic water end use study: an investigation of the water savings attributed to demand management strategies and dual**

**reticulated recycled water systems.** [s.l.] Griffith University, ago. 2010.

WILLIS, R. M. *et al.* End use water consumption in households : impact of socio-demographic factors and efficient devices. **Journal of Cleaner Production**, n. 60, jan. 2011. DOI:

10.1016/j.jclepro.2011.08.006. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/251624250\\_End\\_use\\_water\\_consumption\\_in\\_households\\_Impact\\_of\\_socio-demographic\\_factors\\_and\\_efficient\\_devices](https://www.researchgate.net/publication/251624250_End_use_water_consumption_in_households_Impact_of_socio-demographic_factors_and_efficient_devices).  
Acesso em: 24 out. 2013.