



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

DOUTORADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

GABRIELLA LAURA PEIXOTO BOTELHO

SISTEMA DE SUPORTE À GESTÃO DA DEMANDA
DA ÁGUA DOMICILIAR:
ANÁLISE DE UM ESTUDO PILOTO EM ÁREA
DE BAIXA RENDA EM SALVADOR, BAHIA



SALVADOR
2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

GABRIELLA LAURA PEIXOTO BOTELHO

**SISTEMA DE SUPORTE À GESTÃO DA DEMANDA DA ÁGUA DOMICILIAR:
ANÁLISE DE UM ESTUDO PILOTO EM ÁREA DE BAIXA RENDA EM
SALVADOR, BAHIA**

Salvador
2022

GABRIELLA LAURA PEIXOTO BOTELHO

**SISTEMA DE SUPORTE À GESTÃO DA DEMANDA DA ÁGUA DOMICILIAR:
ANÁLISE DE UM ESTUDO PILOTO EM ÁREA DE BAIXA RENDA EM
SALVADOR, BAHIA**

Tese apresentada ao Programa de Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Industrial.

Orientadora: Profa. Dra. Karla Patricia Santos Oliveira Rodríguez Esquerre.

Coorientador: Prof. Dr. Asher Kiperstok

Salvador
2022

B748 Botelho, Gabriella Laura Peixoto.

Sistema de suporte à gestão da demanda da água domiciliar: análise de um estudo piloto em área de baixa renda em Salvador, Bahia/ Gabriella Laura Peixoto Botelho. -Salvador, 2022.

76 f.: il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Karla Patrícia Santos Oliveira Rodríguez Esquerre.

Coorientador: Prof. Dr. Asher Kiperstok.

Tese (doutorado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2022.

1. Água - consumo. 2. Água – gestão da demanda. 3. Habitações – baixa renda - Salvador. I. Esquerre, Karla Patrícia Santos Oliveira Rodríguez. II. Kiperstok, Asher. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 628.144

GABRIELLA LAURA PEIXOTO BOTELHO

SISTEMA DE SUPORTE À GESTÃO DA DEMANDA DA ÁGUA DOMICILIAR: ANÁLISE DE UM ESTUDO PILOTO EM ÁREA DE BAIXA RENDA EM SALVADOR, BAHIA

Tese apresentada ao Programa de Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Industrial.

BANCA EXAMINADORA:



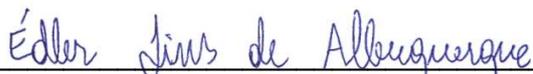
Profa. Dra. Karla Oliveira Rodríguez Esquerre
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas



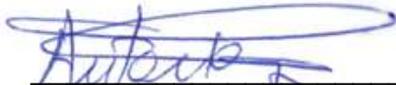
Prof. Dr. Asher Kiperstok
Doutor em Engenharia Química / Tecnologias Ambientais pela University of Manchester Institute of Science and Technology (Inglaterra)



Profa. Dra. Simone Machado Santos
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. Edler Lins de Albuquerque
Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Antonio Santos Sánchez
Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia



Profa. Dra. Ana Silvia Pereira Santos
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Salvador, maio 2022

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, professores Karla Oliveira Esquerre e Asher Kiperstok, por todo apoio, paciência, incentivo, confiança, compreensão e contribuições ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores da banca examinadora, pelas valiosas contribuições.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pelo período que fiquei afastada das minhas atividades para conclusão desse trabalho.

Ao apoio financeiro recebido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), no período inicial do doutorado.

A toda equipe do projeto CAHIS, por terem tornado possível a coleta e tratamento de dados e desenvolvimento desse trabalho, um agradecimento especial à Kelly, pelo apoio e discussões sobre o tema da pesquisa para o desenvolvimento do segundo artigo.

Aos moradores de Plataforma, um agradecimento especial, que doaram seu tempo e abriram suas portas para que a gente pudesse estudar os seus hábitos de consumo de água.

À equipe do GAMMA, que sempre esteve disposta a ajudar, em especial a Brenner, Berg, Robson e Carol. Um agradecimento mais que especial para a amiga e parceira de trabalho Mariza, pelo apoio imprescindível nesta reta final, sem o qual não teria conseguido.

A toda minha família e amigos, que sempre me apoiaram em todas as minhas realizações. Em especial, agradeço às minhas amigas Lara e Mariana e Nara, por me apoiarem nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão Daniel, por ter buscado me ajudar me dando todo tipo de apoio, inclusive técnico, quando eu mais precisei.

A minha mãe, que sempre esteve pronta para ajudar em qualquer momento e ao meu pai que também sempre me apoiou.

A minha segunda família, a família de Vitor, que sempre me apoiou, Mary e Linda, por cuidarem de Manu enquanto eu estudava.

Ao meu companheiro Vitor, um agradecimento especial, pelo apoio em todos os momentos e, inclusive, revisando o texto dos meus manuscritos, várias vezes.

A minha filha Manuela, por ser o motivo e a inspiração de tudo. Quero um mundo melhor para você, minha filha, onde as pessoas cuidem bem dos recursos naturais, em que haja oportunidades de uma vida digna aos menos favorecidos e que todos possamos desfrutar uma vida tranquila e feliz.

RESUMO

Este trabalho apresenta a exploração de um estudo piloto de um sistema de suporte à gestão da demanda em residências de baixa renda em Salvador, Bahia. Esse estudo piloto foi realizado no âmbito de um projeto de pesquisa realizado na Universidade Federal da Bahia - UFBA, que visou subsidiar estratégias de gestão da demanda, tanto ao nível do usuário, como ao nível dos tomadores de decisão. Tendo em vista esse estudo piloto, o presente trabalho, considerando a subjetividade envolvida, principalmente nas medidas de uso racional, analisou a metodologia empregada e buscou aspectos que podem ser melhorados ao aplicá-la em maior escala ou em estudos posteriores. Em primeiro lugar, foi feita uma avaliação do sistema de categorização dos usos finais utilizado, foi observado se os eventuais erros do sistema de pré-processamento utilizado, poderiam ser superados pela aplicação de modelos matemáticos. Essa verificação é necessária uma vez que o sistema de monitoramento empregado não fazia medição individualizada por equipamento, mas sim em um único ponto de água de cada residência. Em segundo lugar, foram utilizados modelos conceituais acerca do consumo, para embasar sugestões de aprimoramento de um roteiro de entrevista utilizado na pesquisa da UFBA, para levantar informações sobre os hábitos de usos de água nas residências. Além de disso, foram feitas sugestões de medidas de uso racional, com base na análise pormenorizada do consumo das residências estudadas, e no estudo de como se deu a evolução das tarefas domésticas ao longo do tempo, em relação ao uso de água. Por fim, foi feita uma discussão sobre a possibilidade de se adotar um padrão único de consumo de água. Como resultados, foi observado que a grande variabilidade dos dados de consumo interferiu na credibilidade dos resultados encontrados com o software utilizado na etapa de pré-processamento para categorização dos usos finais de água (Trace Wizard®), mesmo após a utilização desses dados pré-processados para elaborar modelos que poderiam amenizar essas diferenças, quando aplicou-se aos modelos dados classificados pelo outro método de monitoramento (sensor de fluxo), que seriam dados mais próximos ao consumo real, em algumas casas as medidas de precisão e sensibilidade do modelo foram baixas, mostrando que as respostas obtidas não foram capazes de corresponder fielmente à realidade. Foi observado que o pré-processamento tendia a aumentar o volume, a duração e as vazões de usos, dando a impressão de que o consumo era maior do que o cenário real. Quanto ao uso racional de água, foi observado que práticas como circular calçado dentro de casa (o que aumenta a necessidade de limpeza da residência) e não ter ergonomia adequada nas práticas cotidianas (por exemplo, não conseguir manusear com facilidade o registro do chuveiro) são geradoras de desperdícios. Também foi observado que a evolução das práticas de consumo de água em geral não tendeu a favorecer o uso racional. Por fim, verificou-se que a busca por um padrão único de consumo de água residencial, apesar de ser objeto de estudo em alguns trabalhos, não é pertinente devido às grandes variabilidades observadas nesse consumo, mesmo em áreas com características semelhantes.

Palavras-chave: Medição inteligente. Consumo de água. Usos finais. Conservação da água. Gestão da demanda. Uso racional.

ABSTRACT

This thesis examines a demand management framework pilot study in low-income households in Salvador, Bahia. This pilot study was carried out as part of a research project at the Federal University of Bahia - UFBA, which aimed at the demand management subsidiary, both at the user and decision-maker levels. Considering this pilot study, the current work analyzed the methodology used and looked for aspects that could be improved when applying this methodology on a larger scale or in future studies, with a focus on the subjectivity involved primarily in the measures of rational use. To begin, evaluation of the end-uses categorization system used was carried out, and it was observed whether eventual errors in the pre-processing system used could be overcome by the application of mathematical models. This verification is necessary because the monitoring system did not enforce it by equipment, but rather at a single water point in each household. Second, consumption conceptual models were used to support suggestions for improving an interview script used in the UFBA *survey* to collect information about household water use habits. Furthermore, rational use measures were proposed based on a detailed analysis of consumption in the studied households, but no study on how household chores evolved over time in relation to water use was conducted. Finally, a discussion was held about the possibility of adopting a single water consumption standard. As a result, it was observed that the great variability of consumption data interfered with the credibility of the results found with the software used in the pre-processing stage to categorize the final uses of water (Trace Wizard®), even after using these pre-processed data to develop models that could mitigate these differences, when data classified by the other monitoring method (flow sensor) was applied to the models, which would be data closer to real consumption, in some houses the measurements of precision and sensitivity were small, showing that the answers obtained may not correspond faithfully to reality. It was discovered that pre-processing increased the volume, duration, and throughput of uses, giving the impression that consumption was higher than it was. In terms of water conservation, it was discovered that practices such as circulating shoes indoors (which increases the need for cleaning) and failing to incorporate adequate ergonomics into daily practices (for example, not being able to easily handle the shower valve) generate waste. It was also discovered that the general evolution of water consumption practices did not favor rational use. Finally, it was discovered that the search for a single standard of residential water consumption, despite being the object of study of some works, is not relevant due to the wide variation observed in this consumption, even in areas with similar characteristics.

Keywords: Smart metering. Water consumption. End uses. Water conservation. Water demand management.

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1NN -	<i>K-nearest neighbors</i> com $k = 1$
ABEP -	Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa
AGERSA -	Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia
ANN -	Rede neural artificial
CONDER -	Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
CPTEC -	Centro de Previsão de Tempo e Estudos
DN -	Diâmetro nominal
DTW -	<i>Dynamic time warping</i>
EMBASA -	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.
ERP -	<i>Edit distance with real penalty</i>
Eta/CPTEC -	Modelo regional Eta
EUA -	Estados Unidos da América
FAPESB -	Fundação de Amparo à pesquisa
HMM -	Modelos ocultos de Markov
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC -	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO/DIS -	<i>International Standards Organization / Draft International Standard</i>
KNN -	<i>K- nearest neighbors</i>
L1 -	Distância de Manhattan
LAO -	Liceu de Artes e Ofícios
<i>m</i> ou <i>mtry</i> -	Dados de entrada no modelo considerados na construção dos nós da árvore (técnica de <i>Random Forest</i>)
<i>nmoda</i> -	Número de vezes que a moda se repete
<i>Ntree</i> -	Número de árvores na técnica de <i>Random Forest</i>
OECD -	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OMS -	Organização Mundial de Saúde
OOB -	<i>Out-of-bag</i>
PAM -	Partição em torno dos medóides
PMAMC -	Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima em Salvador
PNAD -	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
R -	<i>Software</i> livre para tratamentos estatísticos e elaboração de gráf
RF -	Modelo utilizando <i>Random Forest</i>
RF1 -	Primeiro modelo desenvolvido utilizando <i>Random Forest</i>
RF2 -	Segundo modelo desenvolvido utilizando <i>Random Forest</i>
SF-Class -	Classificação com sensores de fluxo
SNIS -	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPA -	Abordagem das práticas sociais
SVM -	<i>Support vector machines</i>
TECLIM -	Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos
TW-Class -	Classificação com o <i>Trace Wizard</i> [®]
UFBA -	Universidade Federal da Bahia
YF-S201 -	Modelo de sensor de fluxo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resumo das técnicas utilizadas para realizar a classificação dos dados.	33
Figura 2 - Intersecção entre o modelo das práticas sociais e o modelo de Kiperstok e Kiperstok (2017) modificado.	39
Figura 3 – Histórico de dados monitorados por casa.	42
Figura 4 – Localização geográfica da área de estudo	43
Figura 5 - Fluxograma do escopo do sistema de suporte a medidas de gestão da demanda.	49
Figura 6 -Sistema de instalação hidráulica residencial.	53
Figura 7 - Imagens da instalação dos sensores de fluxo nas residências.	54
Figura 8 - Esquema da metodologia aplicada para validação dos dados de usos finais. Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre et al. (2021).	58
Figura 9 - Fluxograma dos modelos de classificação em Random Forest.	59
Figura 10 - Fluxograma do modelo de classificação 1NN-ERP.	61
Figura 11 - Esquema de passos para analisar o consumo das residências e qualificar como consumo racional.	64
Figura 12 - Ilustração do tipo de residências presentes no conjunto habitacional.	68
Figura 13 - Características socioeconômicas da população estudada.	69
Figura 14 - Média do consumo de água mensal.	73
Figura 15 - Distribuição do volume consumido per capita.	74
Figura 16 – Consumo médio total em litros durante o período monitorado por casa, acumulados por dia, dividido pelo número de habitantes em cada casa.	75
Figura 17 - Número total de acionamentos.	75
Figura 18 - Consumo médio total do período por casa acumulados por mês, incluindo o percentual referente a cada aparelho utilizado – apenas para bacia sanitária, chuveiro e torneira interna.	77
Figura 19 - Histogramas de vazões medianas para cada equipamento em cada casa, diferenciadas por métodos de pré-classificação.	83
Figura 20 - Histogramas de volume para cada equipamento em cada casa, diferenciados por métodos de pré-classificação.	83
Figura 21 - Histogramas de duração para cada equipamento de cada casa, diferenciados por métodos de pré-classificação.	84

Figura 22 - Precisão geral e sensibilidade por aparelho hidráulico em termos de eventos para modelos RF e 1NNERP.....	86
Figura 23 - Precisão geral e sensibilidade por dispositivo de fixação para modelos RF e 1NNERP. Em termos de volume consumido.....	87
Figura 24 - Hábitos de lavagem de roupa na semana.....	93
Figura 25 - Sistematização dos hábitos de limpeza da residência nas casas.....	97
Figura 26 - Sistematização dos hábitos de lavagem de louças nas casas.....	99
Figura 27 - Consumo de água através da pia da cozinha medido na semana investigativa.....	100
Figura 28 - Sistematização dos hábitos de banho nas casas.	101
Figura 29 - Distribuição do volume consumido por casa. O boxplot do lado esquerdo representa a distribuição diária do volume consumido; o boxplot do lado direito representa a distribuição do volume consumido por acionamento.....	102
Figura 30 - Boxplot do volume de eventos de vazamento por casa.	104
Figura 31 - Gráfico de dispersão do volume e duração dos eventos de vazamento.	104
Figura 32 - Boxplot da duração dos eventos de vazamento por casa.....	105
Figura 33 - Comparação das vazões por uso de chuveiro entre as casas da pesquisa A-G e literatura.	123
Figura 34 - Durações por acionamento dos chuveiros das casas da pesquisa A-G e literatura.	123
Figura 35 - Comparação do volume consumido por uso de chuveiro entre as casas da pesquisa A-G e literatura.....	124
Figura 36 - Comparação do volume consumido por uso de bacia sanitária entre as casas da pesquisa A-G e literatura.	126
Figura 37 - Comparação do volume consumido por uso de torneiras internas entre as casas da pesquisa A-G e literatura.	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das casas.....	67
Tabela 2 - Característica do uso de água durante a semana investigativa com classificação por sensor de fluxo.	78
Tabela 3 - Correspondência percentual em termos de eventos únicos.	82
Tabela 4 - Correspondência percentual em termos de volume.	82
Tabela 5 - Resultados de precisão e sensibilidade por casa em termos de volume e número de eventos para torneiras internas.	88
Tabela 6 - Resultados de precisão e sensibilidade por casa em termos de volume e número de eventos para chuveiros.....	89
Tabela 7 - Resultados de precisão e sensibilidade por casa em termos de volume e número de eventos de descargas de bacias sanitárias.	91
Tabela 8 - Resumo das informações sobre o modo de uso dos aparelhos hidráulicos das residências em estudos da literatura.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Evolução da prática de limpeza da residência, lavagem de roupas e louças ao longo do tempo sob o ponto de vista do método SPA (competências, materiais e significados influenciando a prática social).	107
Quadro 2- Resumo das informações sobre hábitos de consumo por casa, por atividade.....	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	QUESTÃO DA PESQUISA	21
1.2	OBJETIVOS	21
2	MÉTODOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS USOS FINAIS DE ÁGUA	23
2.1	TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO ADOTADAS	28
2.1.1	Florestas Randômicas	28
2.1.2	1NN (k-nearest neighbors com k = 1) com medida de similaridade ERP (edit distance with real penalty)	31
3	MODELOS PARA COMPREENSÃO DAS MOTIVAÇÕES PARA O CONSUMO	34
3.1	ABORDAGEM DAS PRÁTICAS SOCIAIS	37
3.2	MODELO CONCEITUAL DE RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO	39
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	42
4.1	CONTEXTO DA PESQUISA	42
4.1.1	Seleção e caracterização da área de estudo	43
4.1.2	Caracterização de Salvador	44
4.2	RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE ÁGUA E QUESTÕES DE VULNERABILIDADE SOCIAL	46
5	METODOLOGIA	49
5.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE SUPORTE À GESTÃO DA DEMANDA	49
5.2	EXPERIMENTO MONTADO NO PROJETO DO TECLIM/UFBA.....	51
5.2.1	Survey	51
5.2.2	Amostra para o monitoramento longitudinal do consumo de água	52
5.2.3	Sistema de monitoramento principal - levantamento longitudinal do consumo de água	52
5.2.4	Sistema de monitoramento secundário – Semana investigativa	54
5.2.5	Uso do Trace Wizard®	55

5.2.6	Entrevistas semiestruturadas.....	56
5.3	EXPLORAÇÃO DO EXPERIMENTO REALIZADO	57
5.3.1	Análise descritiva do consumo	57
5.3.2	Validação dos dados desagregados por usos finais	57
5.3.2.1	Modelos utilizando Random Forest	59
5.3.2.2	Modelos utilizando 1NN (<i>k-nearest neighbors</i> com $k = 1$) com medida de similaridade ERP (<i>edit distance with real penalty</i>).....	61
5.3.2.3	Confirmação da qualidade dos modelos	62
5.3.3	Identificação de estratégias para fomentar o uso racional de água	63
5.3.4	Comparação entre estudos relacionados ao consumo de água - identificação de padrões de uso de água.....	64
6	RESULTADOS	67
6.1	INFORMAÇÕES SOBRE AS RESIDÊNCIAS	67
6.1.1	Resultados da <i>Survey</i>	68
6.1.2	Informações extras levantadas a partir de investigação de campo sobre as residências	71
6.2	DESCRIPTIVO ACERCA DO CONSUMO DE ÁGUA NAS RESIDÊNCIAS ...	71
6.2.1	Análise do consumo em nível macro – análise do consumo durante todo o período monitorado	71
6.2.2	Análise do consumo em nível macro – com classificação do Trace Wizard®	74
6.2.3	Análise do consumo em nível micro – avaliação das informações do sensor de fluxo	77
6.2.4	Estudo comparativo entre a classificação com TW-Class e SF-Class ..	80
6.3	MODELOS MATEMÁTICOS PARA AVALIAÇÃO DA ETAPA DE PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS	86
6.3.1	Testes iniciais da qualidade dos modelos	86
6.3.2	Testes finais dos modelos	88
6.3.2.1	Torneiras internas.....	88
6.3.2.2	Chuveiros	89
6.3.2.3	Bacias sanitárias	90
6.4	ANÁLISES QUALITATIVAS – AVALIAÇÃO DAS ENTREVISTAS ATRAVÉS DOS MODELOS CONCEITUAIS	91
6.4.1	Análise das entrevistas com base no modelo conceitual de racionalização do consumo.....	91
6.4.1.1	Lavagem de roupas.....	91
6.4.1.2	Limpeza das residências	96
6.4.1.3	Lavagem de louças	98
6.4.1.4	Banho.....	100

6.4.1.5 Vazamentos.....	103
6.4.2 Resultados da entrevista considerando o modelo conceitual de abordagem das práticas sociais.....	106
6.4.3 Medidas personalizadas para promover o consumo racional de água.....	110
6.4.4 Reflexões sobre os modelos para entendimento do consumo	113
6.5 COMPARAÇÃO DO CONSUMO DAS CASAS ESTUDADAS COM VALORES DA LITERATURA	114
6.6 IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE USO RACIONAL DA ÁGUA	128
6.7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	132
7 CONCLUSÕES.....	135
REFERÊNCIAS	137
APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA.....	148

1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista o crescimento urbano global projetado para os próximos anos (MCDONALD *et al.*, 2011), mesmo mantendo o nível de consumo atual, um aumento na demanda residencial por água é esperado. Esse aumento na demanda vai de encontro às tendências de poluição e escassez das fontes de água de qualidade, principalmente em países em desenvolvimento (VAIRAVAMOORTHY; GORANTIWAR; PATHIRANA, 2008), bem como às projeções de aumento de eventos extremos como secas e aumento de temperaturas causados pelas mudanças climáticas (IPCC, 2021; PEREZ *et al.*, 2020). Sendo assim, para garantir a universalização do acesso à água, tendo em vista esses cenários, mais atenção precisa ser dada à conservação da água.

Nesse contexto, o direcionamento para a gestão da água precisa deixar de ser apenas a expansão da rede de oferta (gestão da oferta) e deve caminhar cada vez mais para a busca pelo uso otimizado do recurso atualmente disponível (gestão da demanda) (VAIRAVAMOORTHY; MANSOOR, 2006).

As estratégias focadas em buscar novos recursos e expandir a infraestrutura são chamadas de “*hard path*” ou caminho difícil, pois, além de serem de elevado custo financeiro, também acarretam elevados custos sociais e ambientais, como, por exemplo, a construção de barragens. As estratégias focadas em mudanças no sentido da conservação da água e aumento da eficiência no seu uso, entregando água em quantidade e qualidade adequadas para as demandas, seriam as chamadas “*soft path*” ou caminho suave (GLEICK, 2003).

Seja qual for o tipo de gestão realizada e as estratégias utilizadas, informação em quantidade suficiente e com qualidade assegurada é fundamental para a sua concretização. Ao conhecer a dinâmica da oferta e demanda de um recurso, é possível controlar e questionar como está sendo feito seu uso. O controle envolve medir e transmitir a informação medida que, juntamente com a racionalização, são fundamentais para a universalização do acesso à água.

Em países desenvolvidos a tendência futura para o controle do consumo é que o mesmo seja feito através de sistemas de medição e transmissão de informação avançados, em que a geração de dados de entrada, através de implantação de um sensor,

por exemplo, seja processada automaticamente e transformada em informações de saída quase instantâneas, relevantes para atuar de alguma forma útil às partes interessadas, sejam elas os usuários finais ou os gestores dos serviços de água e esgoto (MASERA *et al.*, 2018; NGUYEN *et al.*, 2020).

Em países em desenvolvimento, os objetivos prioritários no campo do abastecimento de água não são ainda desenvolver formas avançadas de controle, mas, sim, resolver problemas mais urgentes e prévios, tais como: (i) as perdas de água na distribuição, que, em Salvador, por exemplo, atingem níveis de 56,1 % (SNIS, 2019); 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 (VAIRAVAMOORTHY; MANSOOR, 2006).

Mesmo sem sistemas avançados de controle do consumo, é possível obter bons resultados de gestão da demanda e estratégias de *soft path*, como ocorreu em prédios públicos na Bahia relatados no trabalho de Silva *et al.* (2014). Esse trabalho mostrou que, mais importante que sistemas de controle avançados, é um bom gerenciamento do consumo com consistência na frequência de leitura do hidrômetro, mesmo que analógico, o que irá promover a percepção acerca do padrão de consumo e propiciar ações de manutenção em resposta a leituras de consumos que divergiam do padrão, promovendo a racionalização do consumo.

Devido a sua subjetividade, o uso racional da água é uma das estratégias de gestão da demanda de mais difícil implementação e mensuração. A distribuição racional de bens de consumo é definida como uma distribuição que maximiza a propriedade dos bens produzidos, o que implica não apenas em comprar um bem, mas também em aprender a interagir com ele (HARDWIG, 2015). Nesse contexto, o aprendizado de como se comportar ao consumir a água deve ser feito, uma vez que o caminho intuitivo nesse caso não tem favorecido a sua conservação.

O consumo racional também está associado ao atendimento das necessidades com mínimo impacto ambiental. Necessidades essas, que podem ser fisiológicas, de segurança, de amor, de autoestima e de autorrealização (necessidades básicas) (MASLOW, 1943). Assim, o uso da água ou de outros bens de consumo que atendam

às necessidades básicas pode satisfazer não só as necessidades fisiológicas como beber, mas também as necessidades afetivas quando, por exemplo, molhar-se no jardim com uma mangueira traz de volta lembranças afetivas da infância.

Dentro da perspectiva do usuário residencial, o fomento ao consumo racional pode ser feito ao estudar o cotidiano das famílias, e buscar entender o que caracteriza um consumo necessário, um desejo ou um desperdício (KIPERSTOK; KIPERSTOK, 2017). Essa busca tem o intuito de eliminar os desperdícios, incentivar e até mesmo subsidiar o uso necessário (no caso de famílias de baixa renda) e promover reflexão acerca dos usos desejados, analisando se existem outros meios de realizar o mesmo desejo sem o uso da água, ou às vezes até confirmando que usar a água naquele momento é a opção menos impactante do ponto de vista ambiental.

Considerando as famílias com baixa renda (que muitas vezes enfrentam problemas de sobrevivência, como a insegurança alimentar), elas naturalmente consomem menos água (por possuir menor número de pontos de consumo na casa, não terem condições financeiras de realizar usos de altos volumes como piscinas, irrigação de grandes jardins etc.). Mas todos, inclusive essa parcela da população, precisam se adequar às mudanças de comportamentos em prol de um consumo mais eficiente, tendo em vista os cenários futuros de adversidades climáticas e escassez de recursos conforme mostram os relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC (2021).

Para identificar como a água é consumida, desperdiçada ou perdida através das instalações hidráulicas de uma edificação, um obstáculo é realizar a sua medição com o máximo de precisão e mínimo de intervenção nas instalações hidráulicas da residência, de forma a facilitar a adesão do usuário e reduzir custos para implantação. Nesse sentido, diversos trabalhos utilizam a medição (p.ex. pressão, vazão, diferencial de pressão) em um único ponto da instalação hidráulica da residência e necessitam de técnicas para desagregar esse consumo entre os usos finais (BEAL; STEWART; HUANG, 2010; BOTELHO, 2013; HEINRICH, 2007; LARSON et al., 2012; MAYER; DEOREO, 1999; OLIVEIRA-ESQUERRE et al., 2021)

A desagregação do consumo entre os usos finais apresenta vários desafios, como a separação de usos combinados, os diferentes tipos de usos associados ao mesmo

aparelho ou os padrões de uso de cada usuário. Atualmente, uma prática comum é usar um software comercial, como o Trace Wizard® (DEOREO; HEANEY; MAYER, 1996), o Identiflow® (KOWALSKI; MARSHALLSAY, 2005) ou o HydroSense® (LARSON *et al.*, 2012) ou o BuntBrainEndUses® (PASTOR-JABALOYES; ARREGUI; COBACHO, 2018) para resolver esses problemas. Outra possibilidade é criar modelos customizados a partir de dados pré-processados, que são dados já tratados (com a segregação dos usos simultâneos e rotulagem de acordo com o tipo de equipamento) (FONTDECABA *et al.*, 2013; NGUYEN; STEWART; ZHANG, 2013; PASTOR-JABALOYES; ARREGUI; COBACHO, 2018; WONDERS; GHASSEMLOOY; ALAMGIR HOSSAIN, 2016). Isso requer respostas de software confiáveis porque os dados processados podem não representar os comportamentos reais de consumo de água de cada dispositivo e isso vai influenciar na resposta do modelo.

Os dispositivos hidráulicos mais comumente utilizados nas residências são torneiras (cozinha, banheiro, áreas externas), chuveiros e bacias sanitárias. Esses tipos de usos finais dependem do manuseio humano que, por sua vez, depende do comportamento do usuário, do nível de consciência sobre o uso adequado da água e das condições das instalações hidráulicas (KIPERSTOK; KIPERSTOK, 2017). Um comportamento humano em relação à água, realizado de forma ponderada, unido a um bom gerenciamento das condições das instalações hidráulicas da residência, resultam em um uso racional.

Assim, uma estrutura eficaz para estudar o consumo de água e fomentar estratégias de uso racional seria aquela que une informações quantitativas e informações qualitativas detalhadas em nível suficiente para entender as motivações que levam ao consumo. A busca dessa estrutura eficaz foi feita pela elaboração de um sistema de suporte a estratégias de gestão da demanda, elaborado no âmbito de um projeto de pesquisa realizado pela Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos - TECLIM da Universidade Federal da Bahia - UFBA, onde foi realizado um estudo piloto. No presente trabalho, estratégias de análise das informações geradas por esse estudo piloto foram propostas no sentido de validar os dados coletados e possibilitar meios de identificar estratégias para fomentar o uso racional da água.

1.1 QUESTÃO DA PESQUISA

Qual a melhor forma de mensurar o uso racional da água, considerando o contexto de famílias de baixa renda, apesar da subjetividade envolvida nesse tema?

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho se concentrou em explorar e aprimorar a metodologia utilizada em um estudo piloto de um sistema de suporte a estratégias de gestão da demanda, realizado em área de baixa renda de Salvador, pensado para entender e superar a barreira da subjetividade envolvida principalmente no uso racional da água, identificando estratégias para mensurar o uso racional.

Nesse sentido, tem-se, como objetivos específicos, 1) validar o sistema de monitoramento e classificação dos dados quantitativos utilizados, 2) identificar informações essenciais para quantificar e qualificar o consumo das residências estudadas, com base nas necessidades satisfeitas a partir dos usos finais, 3) analisar como ocorreram as mudanças nas práticas cotidianas residenciais ao longo dos anos para direcionar a possíveis mudanças no sentido do uso racional, 4) identificar estratégias uso racional personalizadas para as residências avaliadas, 5) discutir sobre a possibilidade de adotar um padrão único de consumo e 6) identificar estratégias para políticas de uso racional da água em residências.

O presente trabalho é composto por sete capítulos. Neste primeiro é feita a contextualização e justificativa do tema, assim como são levantados a principal questão da pesquisa e seus objetivos. No segundo capítulo são analisados os métodos de classificação dos usos finais comumente utilizados e é feito um aprofundamento nas técnicas de classificação adotadas no presente estudo. No terceiro capítulo é feito um apanhado dos modelos conceituais, para entender o consumo e, a partir desse ponto, são selecionados os modelos mais adequados para embasar as análises acerca do consumo de água do presente estudo. No quarto capítulo é feita uma contextualização acerca do piloto em estudo, sob diversos pontos de vista. No quinto capítulo são descritas as metodologias para alcançar cada objetivo; em primeiro lugar, é descrito o experimento realizado pelo TECLIM/UFBA; depois, são descritas a metodologia de

validação dos dados, sua classificação e a metodologia de identificação de estratégias para fomentar o uso racional de água. No sexto capítulo são apresentados os resultados, também dentro do âmbito do experimento realizado e dentro das respostas requeridas para os demais objetivos do trabalho, assim como são apresentadas as discussões. No sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas a partir do presente estudo.

2 MÉTODOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS USOS FINAIS DE ÁGUA

O sistema de suporte a estratégias de gestão da demanda de água apresentado no presente trabalho tem como um dos seus elementos o monitoramento do consumo por usos finais. Para realizar esse monitoramento, uma estratégia é medir o consumo por ponto de água ou em apenas um ponto. Estudos em maior escala geralmente optam por realizar a medição em um ponto único para facilitar a logística, para evitar incômodos aos moradores e reduzir os custos, porém essa estratégia demanda técnicas de classificação dos usos entre os aparelhos hidráulicos.

Para classificar séries temporais referentes ao consumo de água, a abordagem mais popular é o uso de softwares que reconheçam os padrões de cada dispositivo hidráulico. Alguns exemplos de softwares disponíveis com essa finalidade são: Trace Wizard[®] (DEOREO; HEANEY; MAYER, 1996), Identiflow[®] (KOWALSKI; MARSHALLSAY, 2003), HydroSense[®] (LARSON *et al.*, 2012) e o BuntBrainEndUses[®] (PASTOR-JABALOYES; ARREGUI; COBACHO, 2018).

Trace Wizard[®] (DEOREO; HEANEY; MAYER, 1996): o Trace Wizard[®] é um software comercial capaz de separar até dois usos simultâneos de água e de classificar as séries temporais de vazões em usos finais de água. Para classificar os eventos ele 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.

A interferência humana começa na elaboração dos *templates*, que são os parâmetros de entrada no programa. Esses parâmetros são formados por intervalos de durações, volumes, vazões máximas e médias referentes a cada aparelho da edificação. Além de definir esses intervalos, é necessário escolher a ordem em que os aparelhos serão classificados, visto que a classificação é feita individualmente para cada aparelho, sendo que o perfil do primeiro aparelho da lista é o primeiro a ser testado em toda a série temporal; depois, os próximos aparelhos da lista são submetidos ao mesmo processo. No final, após a classificação feita pelo software, ainda é recomendada uma avaliação visual de um responsável, onde mudanças manuais podem ser realizadas em cima do que foi estabelecido pelo software. Vale salientar que cada arquivo para

análise corresponde à série temporal de um dia (24hs); assim, essa avaliação visual deve ser feita para cada dia, o que fica custoso, principalmente em estudos mais longos.

Com relação ao posicionamento dos aparelhos a serem classificados, devem ficar no topo da lista os aparelhos com perfis mais exclusivos, que tenham menor possibilidade de serem confundidos com outros. Esse sistema de análise, embora torne mais ágil o processo, cria uma limitação, pois não são testadas todas as possibilidades de classificação para um mesmo evento na série temporal; e nem sempre os eventos posicionados mais acima possuem perfis únicos; muito frequentemente existem interseções entre esses perfis e os de baixo na lista. Quanto maior a variabilidade dos dados, maior a possibilidade de interseções.

O **Identiflow**[®], assim como o **Trace Wizard**[®], utiliza árvores de decisão na sua dinâmica de classificação e classifica os eventos com base em parâmetros de entrada como intervalos de durações, volumes, vazões máximas e médias referentes aos aparelhos e também é um processo semiautomático (ABU-BAKAR; WILLIAMS; HALLETT, 2021).

O **HydroSense**[®] processa dados de um sensor de pressão (instalado em um único ponto de uma casa) e é capaz de desagregar e identificar eventos de uso de água automaticamente, com base em um modelo de classificação probabilística. Segundo Morrison e Friedler (2014), esse software é sensível o suficiente para determinar o uso de cada dispositivo hidráulico, bem como o uso de água quente ou fria. Ao contrário das outras técnicas, o **HydroSense**[®] é automático, não requerendo, portanto, a intervenção humana, o que reduz o potencial de erros (MORRISON; FRIEDLER, 2014). No entanto, os autores do software não consideraram situações em que a pressão em uma rede de distribuição de água é instável; portanto, não é possível determinar os efeitos potenciais de tais variações no desempenho e precisão do **HydroSense**[®].

Além da abordagem de classificação através de softwares comerciais, outras pesquisas têm explorado o desenvolvimento de seus próprios métodos de classificação através de modelagem estatística e algumas desenvolveram softwares próprios. Nguyen *et al.* (2011; 2013a; b; 2014; 2018) por exemplo, desenvolveram o *software* **Autoflow**.

Para o desenvolvimento desse software eles utilizaram dados advindos de *smart meters* instalados em um ponto da residência, com resolução de 0,0014 L/pulso e intervalos de leitura de cinco segundos. Os usos foram pré-processados utilizando o Trace Wizard[®]. As séries temporais que representavam os mesmos dispositivos hidráulicos foram agregadas em grupos pequenos, utilizando a medida de similaridade chamada de *dynamic time warping* (DTW) e séries temporais representativas foram identificadas. Essa redução para séries temporais de referência significou redução do tempo computacional do algoritmo de classificação. No entanto, segundo o autor, essa técnica não é aplicável para os dispositivos hidráulicos que apresentam padrões de consumo com variabilidade significativa. Além do DTW, também foi utilizado algoritmo baseado nas cadeias ocultas de Markov, *hidden Markov model* (HMM), que utilizavam os parâmetros advindos dos dispositivos hidráulicos (volume, duração, pico e moda da vazão), a probabilidade do uso daquele aparelho naquele horário e informações provenientes dos moradores. A última versão do software (NGUYEN *et al.*, 2018) utilizou o algoritmo de “*self-organizing maps*” para realizar a separação de eventos simples ou combinados. Após separados os eventos, eles foram classificados utilizando HMMs e redes neurais artificiais – *artificial neural network* (ANN), a acurácia da classificação continuou elevada ficando entre 74 a 94%. Essa combinação de técnicas foi aplicada de forma não supervisionada e não dependeu de nenhuma etapa de pré-processamento.

Wonders *et al.* (2016) conduziram um estudo comparativo sobre as eficiências de classificação de três diferentes técnicas de aprendizado de máquina: ANN, *support vector machines* (SVM) e *K-nearest neighbors* (KNN). Eles avaliaram os efeitos do aumento do tamanho do banco de dados de treinamento por meio da geração de dados sintéticos. Eles também variaram os parâmetros de cada técnica, bem como o número de variáveis consideradas. O estudo foi realizado com dados de um banheiro de uma casa com dois moradores. Os autores justificaram o uso de dados de apenas um banheiro com base na redução do erro de classificação.

Pastor-Jabaloyes *et al.* (2018) também desenvolveram uma técnica de desagregação do consumo de água baseada em etapas automáticas e semiautomáticas. A classificação foi realizada com base em uma técnica de partição em torno dos medóides (região central dos clusters) (PAM). Diferente da técnica do k-médias que utiliza como referência o centroide dos dados, calculados pela média dos valores de cada cluster,

valor esse, que nem sempre corresponde a um elemento do conjunto de dados, o k-medóides ou PAM trabalha com a localização do dado mais centralizado no cluster, e esse dado pertence ao conjunto de dados. Dado um conjunto de dados, o algoritmo k-medóides procura por k objetos que devem representar os medóides dos clusters. Os dados restantes são atribuídos aos medóides mais próximos, usando uma medida de dissimilaridade arbitrária. Este algoritmo é semelhante ao KNN. Os parâmetros usados foram o volume total e a vazão média. A duração foi ignorada devido ao ruído associado aos usos longos da água.

Fontdecaba *et al.* (2013) usaram uma distribuição multivariada de Gauss com variáveis escolhidas com base em heurísticas não aleatórias. Suas séries temporais foram analisadas de forma completa, no início e no final, considerando variáveis como duração e volume. Vašak *et al.* (2015) empregaram uma técnica de classificação linear robusta para vetores de características. Eles removeram os dispositivos menos usados e consideraram várias variáveis, incluindo duração, volume, vazão modal e máxima, e o número de ocorrências da vazão modal. Eles também consideraram $\sin 2\pi t/T$ e $\cos 2\pi t/T$ (t é o número de minutos decorridos a partir da meia-noite e T é o número de minutos em 24 h), bem como os quadrados desses valores, para mitigar a não linearidade. Considerando que dispositivos hidráulicos do mesmo tipo podem exibir comportamentos diferentes entre as casas, eles testaram seu algoritmo implementando-o por residência e com múltiplas residências combinadas. Rahim *et al.* (2020) forneceu uma perspectiva importante sobre as técnicas de medição da água, incluindo a evolução dos métodos usados para classificar conjuntos de dados de eventos de uso da água desde 2010.

Com relação às técnicas apresentadas, existem algumas limitações para sua aplicação. Por exemplo, (a) Identiflow[®] não está disponível fora do Reino Unido (UK) (MORRISON; FRIEDLER, 2014); (b) HydroSense[®] lida com dados de *smart meters* de pressão, que nem sempre estão acessíveis (KOWALSKI; MARSHALLSAY, 2003); o (c) Trace Wizard[®] não é recomendado para aparelhos hidráulicos que possuam alta variabilidade (MORRISON; FRIEDLER, 2014).

A alta variabilidade também foi uma dificuldade encontrada pelos pesquisadores que trabalham com PAM, ANN e SVM, uma vez que os dados de entrada são os parâme-

tros de cada evento. Esses métodos apresentaram desempenho de classificação pobre devido (1) à dificuldade de separar eventos corretamente no espaço e (2) características semelhantes de dispositivos diferentes, levando a classificações incorretas ou usos não especificados.

O Autoflow[®] tem como limitação o fato de ser compatível apenas com um tipo específico de medidor inteligente, mas outras tentativas foram feitas para usar HMMs. No entanto, os HMMs operam apenas na probabilidade de ocorrência de uma faixa de vazão especificada. Portanto, se um evento exibir um novo valor de vazão, ocorrerá um erro (MELLO, 2018).

Com base nos desafios discutidos acima, para avaliar como a variabilidade dos dados interfere na classificação utilizando software comercial Trace Wizard[®], utilizado no presente trabalho, foram desenvolvidos dois novos métodos de classificação, baseados na técnica de florestas randômicas (*Random Forests*) e na técnica de 1NN (*k-nearest neighbors* com $k = 1$), com medida de similaridade ERP (*edit distance with real penalty*) que calcula a similaridade entre uma série desconhecida e uma série de referência.

Foi selecionada a técnica de *Random Forest* tendo em vista algumas vantagens que apresenta. Uma delas é a capacidade de lidar com diferentes tipos de dados (categóricos, numéricos, binários) usando um único modelo, sem a necessidade de reescalonamento dos dados numéricos. Outra vantagem é que, como cada árvore opera em uma amostra dos dados de treinamento, o custo computacional do algoritmo é baixo. Outro benefício da técnica é que o algoritmo está relacionado às múltiplas árvores que recebem subconjuntos de dados selecionados aleatoriamente. Isso permite várias maneiras de interpretar um evento desconhecido, sem restringi-lo.

O modelo 1NNERP também apresenta uma série de vantagens: permitir utilizar um conjunto de séries temporais que representam o mesmo dispositivo hidráulico, em vez de se tornar excessivamente focado em uma única série temporal. Por exemplo, uma torneira pode ser usada para lavar as mãos, lavar pratos, cozinhar etc., então, por ter um conjunto de séries temporais potencialmente correspondentes, o modelo reflete os dados com mais precisão. Além disso, este modelo requer intervenção humana

mínima (apenas quando os resultados são inconclusivos). O capítulo que segue busca fornecer noções introdutórias sobre as técnicas utilizadas.

2.1 TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO ADOTADAS

2.1.1 Florestas Randômicas

O modelo de Florestas Randômicas tem como base a árvore de decisão, sendo essencialmente um conjunto de árvores construídas aleatoriamente que irão prever o resultado a partir da maioria dos votos de cada árvore, no caso das árvores classificatórias (JAMES *et al.*, 2013). Esse método funciona tanto para regressão como para classificação. Além disso, consiste em uma técnica supervisionada. Ou seja, precisa de informações prévias acerca da resposta que será gerada, sendo, portanto, importante a etapa de pré-processamento.

Antes de entender o processo utilizado para modelagem com as Florestas Randômicas, é preciso entender a construção das árvores de decisão classificatórias. O objetivo da árvore classificatória é fazer a partição dos dados em grupos menores e mais homogêneos. Para realizar essa partição uma métrica recomendada é, por exemplo, o Gini, variável que permite fazer a partição dos nós (que correspondem a momentos em que um ramo da árvore se divide em duas possibilidades de respostas) de cada árvore em grupos mais puros, tendo uma proporção maior de cada classe em cada nó (KUHN; JOHNSON, 2013).

A construção da árvore, no que diz respeito às partições de cada nó e o ordenamento da importância das variáveis preditoras na árvore, é calculada a partir do *Gini impurity*. Existem outras métricas similares ao *Gini*, como o *cross-entropy* ou o *misclassification error*; porém, o *Gini* é o mais utilizado (JAMES *et al.*, 2013).

A equação do *Gini index* está descrita na Equação 1

$$G = \sum_{k=1}^K \hat{p}_{mk} (1 - \hat{p}_{mk}) \quad (1)$$

onde K é o número de classes do problema, e \hat{p}_{mk} é a probabilidade da ocorrência da classe k no nó m .

Os principais hiperparâmetros utilizados na construção do modelo são o número de árvores (*ntree*) e o número de variáveis preditoras ou dados de entrada no modelo a serem consideradas para construção de cada nó da árvore (*m* ou *mtry*). A recomendação é começar com um número de árvores *ntree* igual a 1 000 e aumentar a quantidade até que a performance do modelo estabilize. Quanto ao *mtry*, a recomendação, para problemas de classificação, é utilizar a raiz quadrada do número de variáveis preditoras; mas podem ser feitos testes com diferentes números, para identificar o modelo com menor erro, ou maior acurácia. Esses são os testes de “*tunning*” ou avaliação dos hiperparâmetros (KUHN; JOHNSON, 2013). Existem também outros hiperparâmetros, como a profundidade e o número mínimo de amostras por folha, entre outros.

A seleção de hiperparâmetros para maximizar o desempenho do modelo é realizada usando técnicas de otimização. A técnica descrita no parágrafo acima, na qual são percorridas faixas de valores pré-definidas, selecionadas para encontrar a máxima performance do modelo, são chamadas de pesquisa em grade (*grid search*). Essa técnica, bem como a pesquisa aleatória ou *randomized search* são chamados métodos de força bruta. A pesquisa em grade e a pesquisa manual são as abordagens mais comumente utilizadas de otimização de hiperparâmetros. No entanto, o método de pesquisa aleatória é mais eficiente (BERGSTRA; BENGIO, 2012).

Esses métodos são conhecidos como métodos de “força bruta”, porque procuram todas as soluções possíveis e, assim, encontram a solução que produz o melhor resultado. Existem também outras abordagens, conhecidas como métodos mais inteligentes, como a otimização Bayesiana (WU *et al.*, 2019), que usa um modelo probabilístico para encontrar o mínimo de qualquer função, que retorna uma métrica de valor real. Outros métodos, que incluem meta-heurísticas ou hipóteses de trabalho, a despeito de serem verdadeiras ou falsas, são adotadas a título provisório, como ideia diretriz na investigação dos fatos. Como o algoritmo de otimização aritmética (ABUALIGAH *et al.*, 2021), que é baseado na distribuição do comportamento dos principais operadores aritméticos, ou métodos inspirados nos comportamentos da natureza, como o algoritmo de otimização de gafanhoto (ABUALIGAH; DIABAT, 2020) ou o algoritmo de enxame de partículas (LI; ZHANG, 2020), que simulam o comportamento social coletivo de espécies como pássaros e peixes para encontrar o valor mínimo da função.

O primeiro passo para construir as árvores através do método de Florestas Randômicas consiste na utilização da técnica de *bootstrap*, que significa escolher aleatoriamente informações do banco de dados original, com reposição. Então, cada árvore é criada com uma amostra *bootstrap* do banco de dados original; logo, cerca de 1/3 dos dados originais não são considerados nessa amostragem (BREIMAN, 2001). Os dados que não foram selecionados no momento das escolhas aleatórias servem para depois testar a classificação a partir de novos conjuntos de árvores feitos com as observações OOB (*out-of-bag*), *i.e.*, aqueles dados que não foram selecionados durante o processo de *bootstrap*. Esse novo conjunto fornece dados sobre o erro na classificação (JAMES *et al.*, 2013). O Algoritmo 1 descreve o processo da classificação utilizando Florestas Randômicas.

Algoritmo 1 - Classificação utilizando Florestas Randômicas

-
1. Para $b=1$ até B ;
 - (a) Faça uma amostra bootstrap Z^* de tamanho N para o conjunto de treinamento.
 - (b) Gere uma Floresta Randômica, onde cada árvore T_b , feita com uma amostra bootstrap, siga os passos seguintes para cada nó terminal da árvore, até atingir o mínimo nó (*nmin*).
 - i. Selecione m ou $mtry$ variáveis aleatoriamente das p variáveis preditoras.
 - ii. Escolha a melhor variável ou ponto de corte dentre as m variáveis amostradas.
 - iii. Separe o nó entre dois nós filhos.
 2. Saída do conjunto de árvores $\{T_b\}_1^B$.
- Para fazer uma predição em um novo ponto x :
- Classificação: $\hat{C}_b(x)$, significa a previsão de classe da b th árvore da Floresta Randômica. Então
- $$\hat{C}_{rf}^B(x) = \text{maioria dos votos } \{\hat{C}_b(x)\}_1^B.$$
-

Fonte: Hastie, Tibshirani e Friedman (2009).

A matriz de confusão, técnica utilizada para leitura dos resultados do modelo, é uma ferramenta utilizada para dados supervisionados, que consiste em uma matriz $m \times m$, onde m é o número de variáveis preditas pelo modelo. As linhas da matriz correspondem aos resultados de predição feitos pelo modelo e as colunas da matriz correspondem aos resultados conhecidos de antemão. A diagonal principal da matriz traz infor-

mações de predição iguais ao resultado conhecidos, logo, são os resultados ditos verdadeiros. As informações fora da diagonal principal correspondem a valores em que as informações preditas diferem dos valores conhecidos. Através das informações obtidas nessa matriz, é possível avaliar a qualidade de predição do modelo.

2.1.2 1NN (*k*-nearest neighbors com $k = 1$) com medida de similaridade ERP (*edit distance with real penalty*)

Este modelo (1NNERP) realiza comparações entre séries temporais desconhecidas e o conjunto de séries temporais de referência (que representa o comportamento de cada dispositivo) para determinar a classificação correta. Este conceito tem grandes vantagens pela sua capacidade de assimilar diferentes usos relacionados ao mesmo equipamento. Como este algoritmo de aprendizagem é não paramétrico e preguiçoso (o que significa que memoriza um conjunto de dados, ao invés de criar uma função discriminativa), não há parâmetros a serem treinados. Para a classificação através do KNN, dado um objeto a ser classificado, a classificação a ele atribuída será o rótulo mais comum entre seus k vizinhos mais próximos, onde k é um número natural maior que zero (WONDERS; GHASSEMLOOY; ALAMGIR HOSSAIN, 2016).

Se $k = 1$, então o objeto é atribuído ao rótulo de seu vizinho mais próximo. A distância entre os objetos é a medida mais importante para este processo e é calculada usando uma medida de (des)similaridade. Uma medida de similaridade calcula a intensidade da relação entre dois objetos. A ERP (CHEN; LIAW; BREIMAN, 2004) vem do campo de comparação de séries de caracteres e calcula o número de operações de inserção, exclusão ou substituição, necessárias para fazer duas séries de comprimentos potencialmente diferentes ficarem idênticas entre si. Para uma série numérica, uma matriz de distorção contendo $d(x_i, y_j)$ é construída e a magnitude da diferença entre as séries é calculada de acordo com o melhor alinhamento entre elas.

A ERP (Equações 2 e 3) usa uma constante g , que é uma referência didática relacionada com o sistema cartesiano, para quantificar possíveis lacunas em uma série temporal e usa a distância L1 (também conhecida como distância de Manhattan) como a distância entre elementos (medida de dissimilaridade). Esta medida satisfaz a desigualdade triangular, que é um conjunto de regras matemáticas que ao serem satisfei-

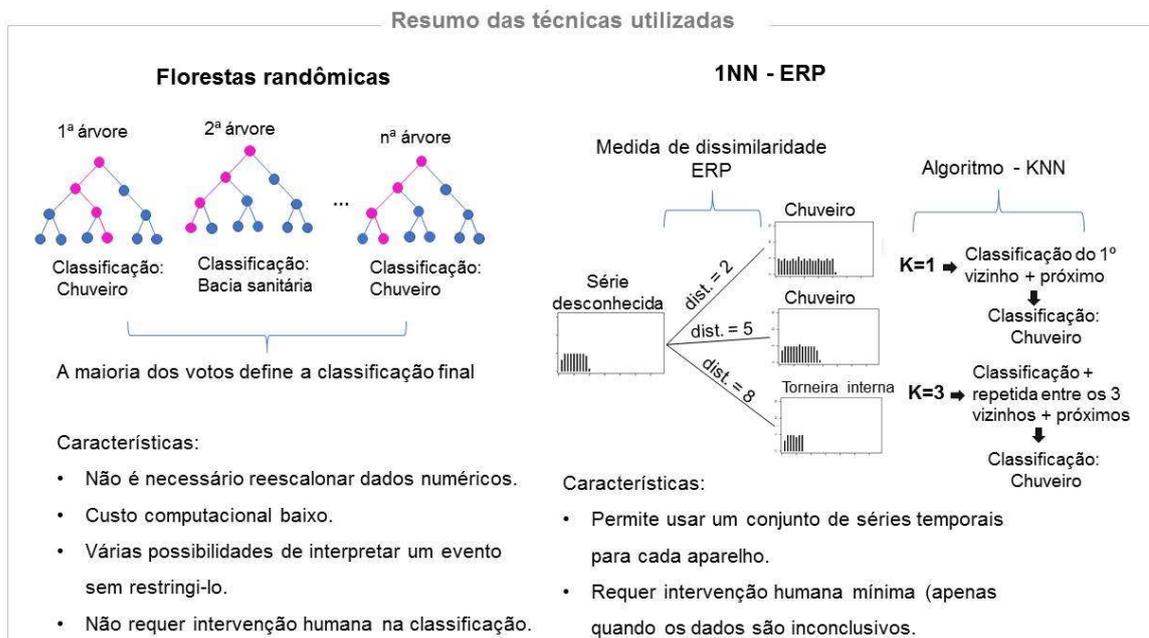
tas promovem maior confiabilidade às distancias de similaridade calculadas, e é sensível ao ruído, devido à natureza dos seus dados de saída, mas seu tempo computacional é maior que a técnica da distância euclidiana. No entanto, em geral, as séries temporais são relativamente curtas e o maior tempo computacional está relacionado ao tamanho do grupo de referência e o número de séries temporais testadas. Os trabalhos de (MELLO, 2018) e (MELLO; OLIVEIRA-ESQUERRE; BOTELHO, 2018) fazem o teste para diferentes medidas de similaridade e concluem que a ERP foi a medida que mais se adequou ao modelo proposto.

$$E(i, j) = \begin{cases} \sum_{k=1}^j |y_k - g|, i = 0 \\ \sum_{k=1}^i |x_k - g|, j = 0 \\ \min \begin{cases} d_{erp}(x_i - y_j) + E(i - 1, j - 1) \\ |x_i - g| + E(i - 1, j) \\ |y_j - g| + E(i, j - 1) \end{cases}, i \neq 0 \text{ e } j \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$d_{erp}(x_i, y_j) = \begin{cases} |x_i - y_j|, \text{ se } x_i, y_j \text{ não é uma lacuna} \\ |x_i - g|, \text{ se } y_j \text{ é uma lacuna} \\ |y_j - g|, \text{ se } x_i \text{ é uma lacuna} \end{cases} \quad (3)$$

Depois de identificar as técnicas apropriadas de classificação, ilustradas na Figura 1, e realizar a validação dos dados quantitativos, outro ponto do sistema de suporte às medidas de gestão da demanda é a identificação das variáveis qualitativas relevantes para compor futuros modelos matemáticos a serem criados para prever cada atividade de uso da água residencial. A criação desses modelos é uma etapa posterior ao estudo piloto. Nesse sentido, é importante entender os aspectos teóricos relacionados ao consumo, para identificar as variáveis mais pertinentes.

Figura 1 - Resumo das técnicas utilizadas para realizar a classificação dos dados



Fonte: Elaboração da autora

3 **MODELOS PARA COMPREENSÃO DAS MOTIVAÇÕES PARA O CONSUMO**

Para buscar alcançar e incentivar o consumo racional de água em residências, primeiro é preciso apreender a dinâmica do consumo, as teorias envolvidas nesse assunto e demover a busca por um padrão único de consumo de água.

Existem abordagens que buscam compreender as motivações para o consumo consideradas individualistas (que excluem, *e.g.*, aspectos tecnológicos), existem também abordagens estruturalistas (que tiram o foco dos aspectos individuais). Essas vertentes mais individualistas ou estruturalistas vêm sendo criticadas por sugerirem que as mudanças no consumo dependem fortemente do comportamento individual, dependendo da escolha de indivíduos em fazer diferente, ou de fatores tecnológicos ou estruturais como protagonistas, desconsiderando outros aspectos relevantes como o contexto do sistema em que está inserido. As abordagens mais holísticas, que levam em conta aspectos de cada uma dessas vertentes como a abordagem das práticas sociais – SPA, são aquelas que estão se tornando mais importantes atualmente (LIU; OOSTERVEER; SPAARGAREN, 2016).

Assim, sabendo que cada abordagem tem aspectos relevantes e que explicam parcialmente as motivações para o consumo, serão levantados alguns pontos de cada uma dessas abordagens citadas.

A abordagem psicossocial, por exemplo, argumenta que a racionalidade humana é limitada por certas características e padrões cognitivos e pelo contexto social inserido (DAVOUDI; DILLEY; CRAWFORD, 2014).

Foi levantado por Sörqvist e Langeborg (2019) que uma tendência psicossocial humana é achar que, por ter feito previamente uma ação pró-ambiental, ele está “autorizado” a cometer ações que causem prejuízos ambientais.

Também é uma tendência relaxar nas medidas de uso racional quando a fonte de recursos naturais é ou se torna mais abundante, como ocorreu em Israel, um certo relaxamento nas medidas de gestão da demanda a partir da larga escala de utilização

da dessalinização (KATZ, 2016); essa tendência também pode ser atribuída a uma demanda reprimida.

Fatores psicossociais também são apontados como um dos responsáveis pelo efeito rebote, que se observa quando ocorre o aumento na eficiência de um produto e essa maior eficiência resulta em maior demanda, negando o benefício do incremento de eficiência. Esse efeito reduz o benefício das medidas de aumento da eficiência quando são contabilizadas externalidades ocorridas em sua decorrência, como, por exemplo, o aumento dos congestionamentos e emissões de gases de efeito estufa pelo aumento do uso de carros motivado pela sua maior eficiência energética (ALFAWZAN; GASIM, 2019).

Esse efeito rebote também foi observado no contexto do uso de equipamentos economizadores de água (CAMPBELL; JOHNSON; LARSON, 2004; LEE; TANSEL; BALBIN, 2013). No trabalho de Lee et al. (2013), onde foi acompanhado o efeito no consumo de água em residências da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores por 3 anos, foi observado que a redução inicial no consumo foi menor que a esperada, e boa parte da redução observada inicialmente pode ser atribuída não só aos aparelhos economizadores, mas também ao reparo de vazamentos no momento da inclusão dos novos aparelhos. Nesse mesmo trabalho, no último ano de monitoramento, foi observada uma redução maior do consumo do que nos anos anteriores, sugerindo que o efeito rebote inicialmente observado, tende a reduzir com o tempo.

Ainda sobre os fatores psicossociais, Hardin (1968), descreveu a “tragédia dos comuns” que declara que a demanda individual exacerbada por um recurso finito termina por esgotá-lo, condenando o uso do recurso pelo coletivo. Mesmo tendo mais de cinquenta anos de lançada, a obra de Hardin, continua sendo citada e foi um marco em relação ao aumento da atenção dada ao gerenciamento dos bens de uso comum. Visando medir a influência da “tragédia dos comuns” na motivação para a conservação da água, Corral-Verdugo *et al.* (2002) desenvolveram um modelo, baseado em questionários, em que foi possível identificar uma tendência ao aumento individual no consumo quando os indivíduos percebiam que os outros indivíduos desperdiçavam água.

Steg (2016) levantou que os valores pessoais de cada indivíduo são os grandes propulsores das ações pró-ambientais e que estratégias que acessem e instiguem esses valores através, por exemplo, de leis e regulações ou instrumentos tecnológicos (como uma luz verde que acende quando o consumo é baixo), ou ainda *feedbacks* com comparação do seu consumo com os de vizinhos, são as melhores para incentivar o consumo racional.

Ajzen e Cote (2008) citam a teoria do comportamento planejado, que descreve o comportamento humano como sendo determinado por três fatores principais: como o comportamento é avaliado (atitude em relação ao comportamento), percepção da pressão social sobre o comportamento (norma subjetiva) e capacidade de realizar o comportamento (controle comportamental percebido).

Outra abordagem utilizada é a econômica racional, que sugere que as escolhas pessoais se baseiam no cálculo racional dos custos e benefícios de uma determinada ação e na tomada de decisão que maximize seu benefício líquido, sendo, portanto, o acesso à informação fundamental para a decisão. Porém, essa abordagem é criticada por aspectos como a forma não-linear da mudança do custo-benefício ao longo do tempo, ou por conta de que nem sempre as pessoas se comportam de forma a maximizar o custo-benefício (DAVOUDI; DILLEY; CRAWFORD, 2014). Essa também é considerada uma abordagem individualista (LIU; OOSTERVEER; SPAARGAREN, 2016).

Dentro da abordagem econômica racional e psicossocial o trabalho de Diekmann e Preisendörfer (2003) confirmou empiricamente que quando existem custos muito altos (financeiros ou inconvenientes de outra natureza) para realizar determinado comportamento pró-ambiental, a importância dada à questão ambiental tende a reduzir, o que não ocorre quando o custo é baixo.

Trazendo para o contexto do consumo de água, poder-se-ia dizer que a tarifa seria um fator importante para determinar reduções ou aumentos no consumo; porém, pelo caráter essencial da água, a questão do seu custo faz parte de uma discussão mais ampla. Além disso, segundo Steg (2016), estratégias que levem em conta incentivos

financeiros para comportamentos pró-ambientais podem passar a sensação, em indivíduos que possuem valores mais egoístas, que eles compraram o direito de gastar mais.

Stancu, Grønhøj e Lähteenmäki (2020) levantaram as motivações que impulsionam comportamentos pró-ambientais no quesito alimentação e vestuário. Observou que, muitas vezes, o que leva a um comportamento pró-ambiental não são necessariamente preocupação ambiental ou com o custo, mas questões pessoais, como promoção da saúde, busca pelo melhor sabor no quesito alimentação ou afirmação pessoal ao conseguir peças únicas comprando em brechó, no quesito vestuário. As visões políticas e morais pessoais também são apontadas como fatores que influenciam numa maior propensão à preocupação ambiental, sendo que os mais liberais tendem a possuir maior engajamento com as causas ambientais (WATKINS; AITKEN; MATHER, 2016)

Já a abordagem sistêmica e de infraestrutura se caracteriza por enfatizar fatores contextuais, particularmente a dinâmica de fatores tecnológicos e de infraestrutura, para explicar o comportamento ambiental de indivíduos. Essa seria uma abordagem estruturalista em que fatores individuais não tem grande destaque (LIU; OOSTERVEER; SPAARGAREN, 2016). Um exemplo dessa abordagem seria imaginar que apenas por inserir novos dispositivos economizadores isso se refletiria necessariamente numa redução de consumo. Porém, estudos como o realizado na Austrália, que empregaram um dispositivo composto por alarme e display acoplados ao chuveiro, utilizaram o artifício de que, quando o usuário atingia um certo limite de volume de água no banho, o alarme soava (STEWART *et al.*, 2011; WILLIS *et al.*, 2010). Os estudos mostraram que o incômodo gerado pelo alarme gerou redução do consumo de água no início, mas após 4 meses os usuários aparentemente se acostumaram com o alarme e a redução inicial foi perdida. Esse resultado mostra que o fator psicossocial também deveria ser levado em consideração nesse caso como fator relevante.

3.1 ABORDAGEM DAS PRÁTICAS SOCIAIS

Segundo Mylan (2015), Liu, Oosterveer e Spaargaren (2016), a abordagem das práticas sociais (SPA) é a abordagem mais completa para compreender o consumo de

forma geral atualmente. Essa abordagem, que abrange as ações dos indivíduos e aspectos estruturais, tem como unidades de medida as práticas ou atividades cotidianas. Segundo Watson (2012), qualquer transição sociotécnica deve passar primeiro por uma transição nas práticas sendo, portanto, importante entender como a dinâmica da formação e transformação dessas práticas influencia no consumo. As principais críticas à SPA são que a mesma tem aparente dificuldade em contabilizar a mudança, e possui capacidade limitada de ir além de um escopo restrito (ações locais) (WATSON, 2012).

Na abordagem SPA as práticas emergem da conexão de três variáveis: a) os significados: ideias e aspirações que levam àquela prática; b) os materiais: configurações estruturais e tecnológicas que influenciam a prática e c) as competências: habilidades e expertises do usuário relacionadas à prática. As práticas surgem, persistem e desaparecem à medida que os elos entre essas variáveis são feitos e quebrados (SHOVE; PANTZAR; WATSON, 2012).

Ao analisar o surgimento e desaparecimento das práticas, os elementos que se mantêm inalterados e a obsolescência de outros elementos, se tem uma referência de como chegamos em determinados comportamentos e podemos ter indicativos de como mudá-los em busca de padrões, por exemplo, menos ambientalmente impactantes. Assim, as mudanças que se buscam na sociedade não serão encontradas apenas ao se educar as pessoas com relação às consequências de seus atos ou promover incentivos tarifários em prol de determinada ação. Mas sim no entendimento de como as atividades humanas se moldam ao contexto de regras, significados e infraestrutura relacionada e como essas ao mesmo tempo se reproduzem no fluxo da ação humana. Assim, as práticas individuais podem intervir em termos coletivos (SHOVE; PANTZAR; WATSON, 2012).

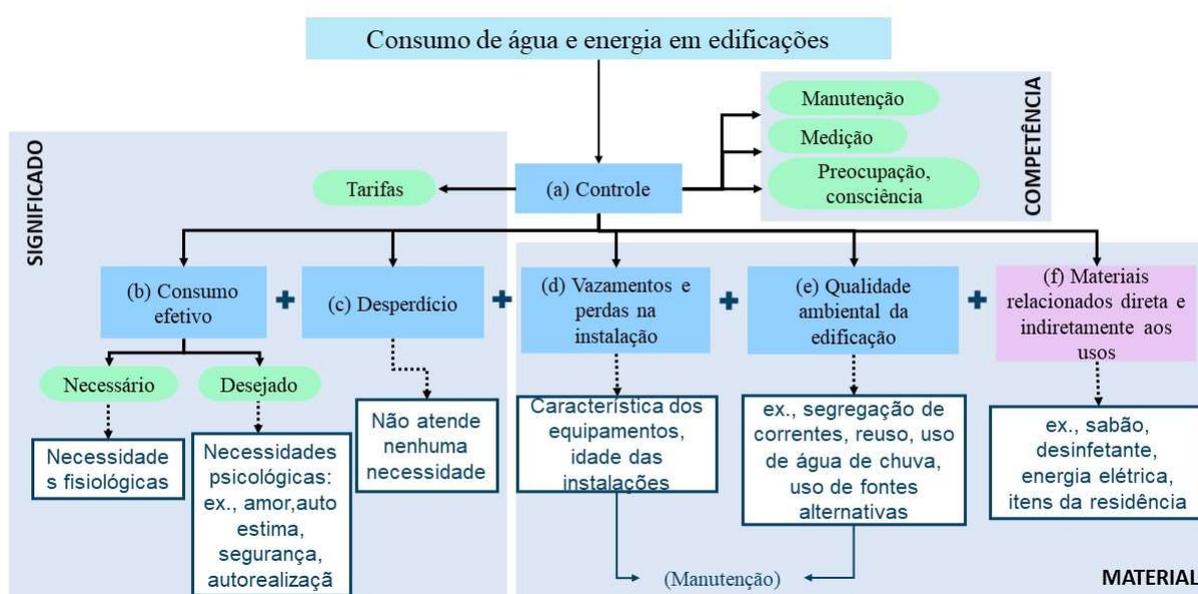
Enquanto os modelos anteriores consideravam aspectos importantes, mas não consideravam sua interação, a abordagem das práticas sociais nos permite conectar aspectos individuais com aspectos de infraestrutura.

3.2 MODELO CONCEITUAL DE RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO

O modelo conceitual de racionalização do consumo de Kiperstok e Kiperstok (2017) foi desenvolvido em 2007 e desde então foi validado por meio de aplicação prática e várias discussões em projetos e trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa Rede de Tecnologias Limpas da Bahia (Teclim-BA) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em um período de 15 anos (FREIRE, 2011; MARINHO; GONÇALVES; KIPERSTOK, 2014; SILVA *et al.*, 2014).

Essa abordagem une elementos das abordagens previamente discutidas. Nesta conceitualização, o consumo de água foi inicialmente dividido em: a) controle, b) consumo efetivo, c) desperdício, d) perdas na instalação, e) qualidade ambiental da construção. Na Figura 2 foi adicionado mais um elemento ao fluxograma original, o item f) materiais utilizados direta e indiretamente com os usos de água. Este item foi inspirado no modelo das práticas sociais que possui uma esfera chamada materiais, relacionada a todos os itens que são utilizados durante o consumo de uma forma geral. A Figura 2 também buscou identificar as intersecções do modelo conceitual de racionalização do consumo com o modelo das práticas sociais.

Figura 2 - Intersecção entre o modelo das práticas sociais e o modelo de Kiperstok e Kiperstok (2017) modificado.



Fonte: Adaptado de Kiperstok e Kiperstok (2017).

A esfera controle (a) diz respeito aos fatores que são capazes de regular o consumo. Dentre eles está a preocupação ou consciência do usuário. Essa percepção do usuário pode ser entendida como uma competência (contexto das práticas sociais), que pode ser estendida à preocupação em dar manutenção nas instalações hidráulicas, assim como a preocupação em realizar a medição do seu consumo através, por exemplo, da leitura periódica do consumo. Além desta competência do usuário, a tarifa também é um fator capaz de regular o consumo, principalmente para usuários de menor renda, sendo que um maior custo para a água pode significar um maior gasto para a família, o que irá forçar uma redução naquele consumo não essencial, representado por desejados (b) e desperdícios (c).

A esfera consumo efetivo (b) e o desperdício (c) se enquadram no conceito de significado do modelo das práticas sociais, pois entra na discussão das motivações (ideias, aspirações, necessidades) que cada uma dessas parcelas atende. O consumo efetivo pode ser dividido em consumo efetivo necessário (quando atende a necessidades fisiológicas para manter as condições de saúde) ou consumo efetivo desejado (quando atende a necessidades além das necessidades fisiológicas, como, por exemplo, o consumo para fins de recreação).

Quanto às parcelas, perdas na instalação (d), qualidade ambiental da construção (e) e materiais utilizados em conjunto com os usos de água (f), tem relação com a infraestrutura relacionada ao consumo de água, item presente na abordagem das práticas sociais e na abordagem estruturalista. O item perdas na instalação da abordagem de Kiperstok e Kiperstok (2017) corresponde a qualquer perda de água que não tem relação direta com o usuário, mas sim com o tipo e as condições das instalações da edificação. Como exemplo pode-se citar um vaso sanitário que tem 8 litros por descarga, geralmente água potável, sendo utilizado para afastar 250 mL de urina.

Já o item qualidade ambiental da construção diz respeito aos tipos de tecnologia empregadas na edificação, se consiste em um sistema convencional, ou conta com captação de água de chuva, reuso, entre outros sistemas que tornam mais eficiente o uso da água. Quanto ao quesito “materiais utilizados direta ou indiretamente com os usos de água”, são aqueles que influenciam na quantidade de água utilizada, como o tipo de sabão utilizado para lavar roupa ou a energia elétrica gasta, por exemplo, no uso

do chuveiro, que pode influenciar em usos mais curtos de água para economizar energia.

No contexto da percepção como motivação para o uso racional, Rahim et al. (2020) identificaram que as pessoas ficam mais propensas a realizar medidas de conservação quando recebem um *feedback* personalizado sobre o seu consumo. Da mesma forma, Liu, Giurco e Mukheibir (2016) observaram que o *feedback* à sociedade sobre o consumo detalhado d'água é mais efetivo e pode promover conservação a nível individual e residencial.

A Equação 4 representa a relação proposta neste modelo; o consumo é a soma do consumo efetivo (b), desperdício (c) e perda de instalação (d). Essas três parcelas são função do controle (a), da qualidade ambiental do edifício (e) e dos materiais (f). O ideal na gestão do consumo de água em edificações seria adotar uma equação para cada edificação, tendo em vista as variáveis únicas de cada unidade estudada. As letras da equação correspondem ao que foi citado no presente parágrafo.

$$\text{consumo} = b(a, e, f) + c(a, e, f) + d(a, e, f) \quad (4)$$

Este modelo, assim como o das práticas sociais, aceita a influência combinada do controle humano e da infraestrutura. A diferença aqui é que ele introduz o conceito de classificar as atividades observando o que é essencial, supérfluo e desperdício; isso incentiva a avaliação da qualidade da atividade e da necessidade real. Além disso, este modelo incorpora elementos críticos como medição, tarifas (com elementos do modelo econômico racional) e atenção à qualidade das instalações. Esse modelo também tem a vantagem de ser projetado especificamente para o consumo de água e energia, enquanto a abordagem das práticas sociais é genérica.

No presente trabalho, os modelos utilizados para explicar o consumo de água nos estudos de caso adotados serão aqueles com a abordagem mais holística, como o modelo das práticas sociais e o de Kiperstok e Kiperstok (2017), modelos esses que não excluem a possibilidade de abranger aspectos psicossociais, econômico racionais ou estruturalistas.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

4.1 CONTEXTO DA PESQUISA

Os dados desse estudo foram obtidos no âmbito do projeto intitulado “Uso Racional de Água e Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social”, executado por uma rede de pesquisa, com a participação de 9 instituições de ensino superior de diferentes regiões do Brasil. Esse estudo utiliza informações do projeto desenvolvido por pesquisadores na Universidade Federal da Bahia na Rede de Tecnologias Limpas – TECLIM/UFBA, realizada no subúrbio ferroviário da cidade de Salvador, capital do estado, no Bairro de Plataforma.

O período de monitoramento ocorreu entre dezembro de 2012 e abril de 2014, conforme mostra a Figura 3. Foram monitoradas 7 residências denominadas casas A, B, C, D, E, F e G. Devido a problemas e ajustes no sistema de medição, alguns períodos ficaram sem registro dos dados, variando em cada casa. Na Figura 3 os números embaixo da descrição do mês/ano se referem às semanas de cada mês, estão preenchidas com cores vermelhas, se houve perda de dados durante toda a semana, amarelas, se houve perda de dados em parte da semana e verde se não houve perda de dados dentro do período.

Figura 3 – Histórico de dados monitorados por casa.

Casa	dez/12			jan/13			fev/13			mar/13			abr/13			mai/13			jun/13			jul/13			ago/13			set/13			out/13			nov/13			dez/13			jan/14			fev/14			mar/14			abr/14		N
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2							
A	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	320			
B	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	396
C	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	236
D	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	222
E	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	307
F	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	341
G	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	246

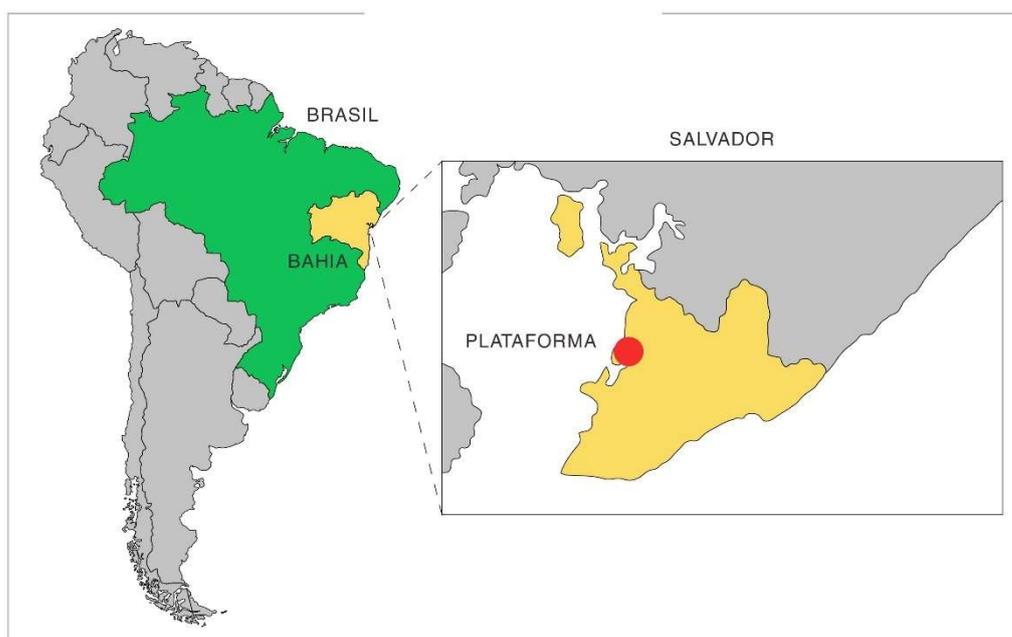
Nota: Os números abaixo do mês/ano se referem às semanas da pesquisa. Os quadrinhos verdes são semanas completas, sem perda de dados, amarelos com perda em parte da semana e vermelhos perda em toda a semana.

Fonte: Elaboração da autora.

4.1.1 Seleção e caracterização da área de estudo

A cidade de estudo, Salvador, foi selecionada levando em consideração que a sede do grupo de pesquisa da UFBA estava situada nesta, além de ser uma área de interesse para descrever desafios de gestão da água comuns a outras localidades com características similares. A escolha do bairro de Plataforma se deu por ser uma área onde já tinham sido realizados estudos pela equipe previamente e por membros da equipe conhecerem líderes comunitários nas localidades. Esse conhecimento prévio facilitou a entrada na área, que não é de simples acesso e por ser comum ocorrerem problemas como tráfico de drogas e criminalidade. A Figura 4 ilustra a localização da área de estudo.

Figura 4 – Localização geográfica da área de estudo



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Foi escolhida esta área de baixa renda para o estudo uma vez que essa parcela da população se configura em um grande contingente populacional na cidade de Salvador. De acordo com o censo de 2010¹ do banco de dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2010), aproximadamente 40 % da população da Bahia vivia com menos de dois salários-mínimos, o que em 2010 foi equivalente a R\$ 1 020 reais; além disso, os dados extraídos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (BRASIL, 2021) sobre a força de trabalho, mostram que, de 2012 a 2020, a taxa de desemprego aumentou, ocasionando o aumento da proporção da população em níveis de baixa renda, que ainda deve aumentar, tendo em vista a crise econômica ocasionada pela pandemia.

Assim, para o desenvolvimento da pesquisa foi selecionado um conjunto de residências de interesse social, construído pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER) e inaugurado na segunda metade de 2002, que possui 258 unidades habitacionais e localiza-se no subúrbio ferroviário da cidade de Salvador, capital do estado. Foi, ainda, definido pelos pesquisadores do projeto-rede, consensualmente, que seriam investigadas habitações ocupadas há mais de cinco anos, pois assim o comportamento e padrões de consumo estariam mais consolidados.

4.1.2 Caracterização de Salvador

Segundo o censo de 2010 (BRASIL, 2010) e projeções para 2021, Salvador tem uma população estimada de 2 900 319 habitantes, sendo a quarta cidade mais populosa do Brasil. A taxa de crescimento populacional é de 0,73 por cento (com base na média entre o referido censo e as projeções para 2021). O município possui área total de 693 453 km² (BRASIL), resultando em uma alta densidade populacional de 4 182,4 habitantes por km². Aproximadamente 20 % da população baiana mora em Salvador.

Segundo o IBGE (BRASIL, 2010), o percentual da população soteropolitana que vive com menos de dois salários mínimos e declarou fonte de renda é de 45 %. Esse número sobe para 82 % quando consideramos as pessoas que declaram não ter fonte de renda.

¹ O censo de 2020 foi adiado por conta da pandemia

A alta demanda por moradias e os altos preços dos terrenos em áreas urbanizadas resultaram historicamente em um crescimento urbano desordenado, com residentes de baixa renda ocupando áreas inadequadas, como encostas e vales. Essa ocupação desordenada gerou vários desafios, entre eles a falta de saneamento adequado, principalmente de tratamento de esgoto, que resultou na degradação de grande parte dos corpos d'água locais. A degradação ambiental e a exclusão social são problemas generalizados nas grandes cidades brasileiras (SANTOS *et al.*, 2010). No entanto, a poluição da água não é simplesmente um problema local; de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD (2016), 75 % das cidades pesquisadas (incluindo cidades da OECD e outros países emergentes) enfrentam a poluição da água como um desafio.

Com doze bacias hidrográficas, nove bacias de drenagem natural, águas subterrâneas e alto índice pluviométrico, Salvador, região litorânea de clima tropical úmido, possui uma quantidade significativa de mananciais de água doce (SANTOS *et al.*, 2010). Apesar disso, a capital baiana é abastecida principalmente (cerca de 60 %) pela barragem Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu, que está localizada a aproximadamente 120 km de Salvador e necessita de investimentos significativos em infraestrutura e eletricidade para transporte da água. Isso é consistente com o histórico de investir em gestão da oferta e negligenciar as medidas de gestão da demanda destinadas a otimizar o uso de recursos.

Com relação aos efeitos das mudanças climáticas no cenário de disponibilidade hídrica em Salvador, segundo o Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima em Salvador - PMAMC (2020), existirá uma tendência a redução da pluviosidade e aumento nas temperaturas o que tenderá a aumentar a área considerada como de “seca meteorológica” inclusive estando a barragem de Pedra do Cavalo situada em área de alto a muito alto risco de ameaça de seca, além do aumento de eventos extremos como inundações e deslizamentos. Essas mudanças potencialmente afetarão a disponibilidade de recursos e a qualidade de vida; assim, são necessárias medidas de gestão da demanda para retardar esses efeitos.

A compreensão global dos rios urbanos está mudando; eles agora são avaliados como locais de lazer, que oferecem bem-estar e harmonia paisagística, ao invés de apenas

uma fonte de recurso a ser explorada e um local para transporte e descarte de efluentes (HEIKKILA, 2011). Em contraste com a tendência mundial, os administradores de Salvador continuam cobrindo os rios mais degradados (canalização dos rios). Essa canalização de rios visa solucionar problemas de drenagem, porém faz com que os rios urbanos sejam transformados em meros canais de esgotamento.

Outro desafio para qualquer concessionária dos serviços de água é a questão da perda de água, que é mais grave nos países em desenvolvimento (HEIKKILA, 2011; VAIRAVAMOORTHY; MANSOOR, 2006). De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), Salvador registrou 56,1 % de perdas na distribuição de água. Existem poucos detalhes sobre as perdas antes da distribuição ou dentro dos edifícios, mas também se espera que sejam significativas. Por exemplo, em prédios públicos, estudado pelo Teclim/UFBA, após ações como detecção rápida de eventos de perda de água, manutenção preventiva e corretiva, além do monitoramento diário do consumo, houve uma redução no consumo de diversos prédios da UFBA de 50 L/pessoa/dia para 18 L/pessoa/dia (KIPERSTOK; GARCIA, 2011).

Dado que o consumo residencial de água responde pela maior parte da demanda nas áreas urbanas, um dos objetivos deste estudo é auxiliar as medidas de gestão da demanda, ampliando o conhecimento sobre o consumo residencial.

4.2 RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE ÁGUA E QUESTÕES DE VULNERABILIDADE SOCIAL

A população de baixa renda no Brasil consiste em um contingente populacional expressivo que possui acesso aos bens de consumo de forma precária, mesmo quanto ao acesso a bens de consumo essenciais como o saneamento essa população é historicamente prejudicada (SOUZA *et al.*, 2015).

Com relação aos comportamentos pró-ambientais, como o consumo racional, esse apresenta relação ambígua com a renda (OTTO *et al.*, 2016). Por um lado, existe o cenário de que pessoas com menor renda tendem a ter menor escolaridade e conseqüentemente menor tendência a comportamentos pró-ambientais pela falta de conhecimento; por outro lado, há o cenário oposto em que pessoas com menor renda tendem a oferecer menor impacto ambiental proveniente de suas ações, uma vez que

não são financeiramente habilitados a realizar uma série de atividades que impactam o ambiente, como viajar de carro ou avião (OTTO *et al.*, 2016).

A população de baixa renda é a população mais vulnerável quando se trata dos riscos ambientais e reflexos na vida cotidiana, uma vez que, com o agravamento na crise hídrica, por exemplo, há a tendência de aumento nos preços da água, o que afeta mais diretamente essa população (LAKHANI, 2020). Sendo assim, medidas governamentais para reduzir essa vulnerabilidade precisam ser adotadas.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP) se recomenda que o custo da água não deve exceder 3 % da renda familiar (UN, 2014). Fazendo uma suposição para casas com 4 habitantes por residência (não é incomum famílias grandes em áreas de baixa renda), consumindo 117L/pessoa.dia (consumo *percapita* médio em Salvador (SNIS, 2019)), equivalente então a 14m³/mês, é possível fazer o cálculo da porcentagem da tarifa em relação ao salário-mínimo.

Sabendo que na Bahia em localidades atendidas pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA, existe uma tarifa social (redução na tarifa para populações de baixa renda) supondo um consumo de 14m³/mês, levando em conta a tarifa vigente em 2021, (AGERSA, 2021) e o salário mínimo vigente nesse mesmo ano de R\$ 1 100,00, essa tarifa representaria 5,6 % da renda familiar, considerando que a família tenha a renda de um salário-mínimo mensal, o que seria quase o dobro do recomendado pela UNDP.

O sistema de cobrança tarifária da EMBASA, concessionária de serviços de água e esgoto da Bahia, apresenta um sistema de cobrança de tarifas em blocos, em que o primeiro bloco, representa um consumo mínimo de até 6 m³ (antes de 2017 era 10 m³), que tem um custo fixo e menor que os demais blocos que apresentam incrementos do valor da tarifa a depender da faixa de consumo.

Nesse sistema de cobrança, famílias que consomem dentro do limite mínimo de consumo, não são recompensadas financeiramente por seus esforços para 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.

Sendo assim, uma recomendação é que esse sistema atual de tarifas por blocos seja revisto, bem como sejam criadas políticas mais efetivas de subsídios para garantir o direito à água como direito humano fundamental, principalmente para as famílias em situação de vulnerabilidade.

5 METODOLOGIA

5.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE SUPORTE À GESTÃO DA DEMANDA

A Figura 5 mostra o esquema das etapas que compõem o sistema de suporte à gestão da demanda desenvolvido. A primeira etapa desse sistema foi composta pelo escopo conceitual, em que foi levantado todo o tipo de informações para dar suporte às decisões nas etapas seguintes. Algumas partes dessa etapa foram realizadas pelos pesquisadores do Teclim, por exemplo, o levantamento de informações sobre os métodos de medição e a verificação da viabilidade de implantação do método selecionado, escolha e caracterização da área de estudo (a partir de aplicação de survey na área selecionada). Outras partes foram realizadas no presente estudo, como o levantamento de teorias que explicassem as motivações para o consumo e o levantamento de métodos de classificação alternativos para os dados coletados.

Figura 5 - Fluxograma do escopo do sistema de suporte a medidas de gestão da demanda.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Após o escopo conceitual a próxima etapa no sistema de suporte à gestão da demanda foi o estudo piloto, Figura 5. Essa parte se caracterizou pela montagem e validação do experimento a partir de implantação da infraestrutura de medição do consumo, bem como a elaboração dos instrumentos para obtenção dos dados qualitativos, nesse caso, as entrevistas semi-estruturadas, essas etapas foram realizadas por pesquisadores do Teclim. No presente trabalho, a contribuição para o estudo piloto foi relacionada às análises sobre os métodos de pré-processamento adotados, nesse e em outros trabalhos da literatura. E as sugestões para aperfeiçoamento da metodologia adotada tanto com relação ao método de classificação dos dados, como com relação às informações qualitativas a serem levantadas nas entrevistas.

Após o refinamento da metodologia feita no estudo piloto, essa pode ser aplicada no contexto de um estudo mais amplo, a uma amostra significativa de uma determinada área (essa etapa ainda não foi realizada). Esse tipo de informação poderá favorecer a implantação de políticas de baixo para cima, ou seja, a partir de informações vindas dos usuários seria possível subsidiar políticas a serem adotadas pelos tomadores de decisão. Isso seria possível a partir da criação de modelos para cada prática realizada nas residências, construídos com base em uma seleção de variáveis preditoras do consumo de água em uma escala micro (tais como, os significados - necessidades, desejos e desperdícios, materiais e competências identificados para cada atividade de uso), e em uma escala macro (caracterização da área local).

Para otimizar o modelo, análises de sensibilidade e testes estatísticos são recomendados para verificar as variáveis mais importantes. Além disso, uma amostra significativa é necessária para que as etapas adequadas para criar o modelo (por exemplo, treinamento, calibração e validação) possam ser usadas. A partir da criação desses modelos é possível usar abordagens baseadas em evidências para orientar as decisões de gestão da demanda. Um exemplo de identificação de problema seria perceber um tipo de sabão que resulta em maior consumo na hora de lavar a roupa; uma solução poderia ser legislar sobre fórmulas de sabão aceitáveis a serem comercializadas no país.

Em áreas onde é difícil utilizar a metodologia proposta e identificar modelos únicos para atender a suas demandas específicas, o sistema de suporte proposto pode ser

aplicado indiretamente usando as informações de regiões com atributos semelhantes, como tamanho da população, clima, demografia e cultura.

5.2 EXPERIMENTO MONTADO NO PROJETO DO TECLIM/UFBA

A metodologia do experimento aplicado no âmbito da pesquisa realizada pelo Teclim/UFBA pode ser dividida em seis seções complementares, 1) seleção e caracterização da área de estudo; 2) definição das casas para o monitoramento longitudinal do consumo de água; 3) sistema de monitoramento longitudinal; 4) sistema de monitoramento secundário e geração de informações acerca dos usos finais; 5) uso do Trace Wizard® e 6) entrevistas semiestruturadas que são entrevistas mais flexíveis, que possuem um roteiro, porém caso surjam outras perguntas a medida que a entrevista vai acontecendo, elas também podem ser feitas.

5.2.1 Survey

O questionário aplicado na *survey* foi desenvolvido em colaboração com membros do projeto da rede, sendo que o mesmo questionário foi aplicado em outros estados brasileiros: Paraná, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo e Rio Grande do Sul e incluiu perguntas sobre 1) o perfil do entrevistado e da família, 2) características da habitação, 3) consumo de água, 4) consumo de energia e 5) interesses.

No caso da pesquisa realizada na Bahia, pelo grupo TECLIM da UFBA, a *survey* foi aplicada a uma amostra de 111 domicílios localizados no subúrbio ferroviário no bairro de Plataforma. O tamanho da amostra foi calculado usando a equação apropriada para populações finitas (Equação 5).

$$n = \frac{z^2 \cdot p(1 - p)N}{\varepsilon^2(N - 1) + z^2 \cdot p(1 - p)} \quad (5)$$

Na Equação 5, z representa o valor da distribuição normal padrão correspondente ao nível de confiança, p representa a proporção das características do estudo principal, N representa o número total de elementos na população, que no caso estudado se referiu a um universo de residências do loteamento de habitações de interesse social

selecionado, que era de 278 casas e ε representa a margem de erro admitida para o resultados. Considerando um nível de confiança de 95 %, um erro amostral de 0,05 e um p igual a 0,5, que corresponde ao valor utilizado quando há ausência de referências anteriores (BORJA; DIAS; ALVARES, 2003), chegou-se a uma amostra de 107 domicílios; no entanto, 111 famílias foram entrevistadas, aumentando a margem de segurança das informações obtidas e permitindo melhor generalização dos resultados para a população.

Os questionários, aplicados na pesquisa realizada em Salvador, foram aplicados pessoalmente por pesquisadores e bolsistas de iniciação científica, mas também contaram com o apoio de cinco moradores locais, conforme indicado pela associação de moradores. O atendimento desses moradores foi fundamental para o pleno andamento das atividades de campo, pois eles já conheciam a localização e os demais moradores do conjunto habitacional, permitindo o acesso da equipe técnica às residências.

Com a aplicação do questionário foi possível realizar a caracterização das famílias residentes da localidade e foi investigada a possibilidade de participação dessas famílias na segunda etapa da pesquisa, o monitoramento longitudinal do consumo.

5.2.2 Amostra para o monitoramento longitudinal do consumo de água

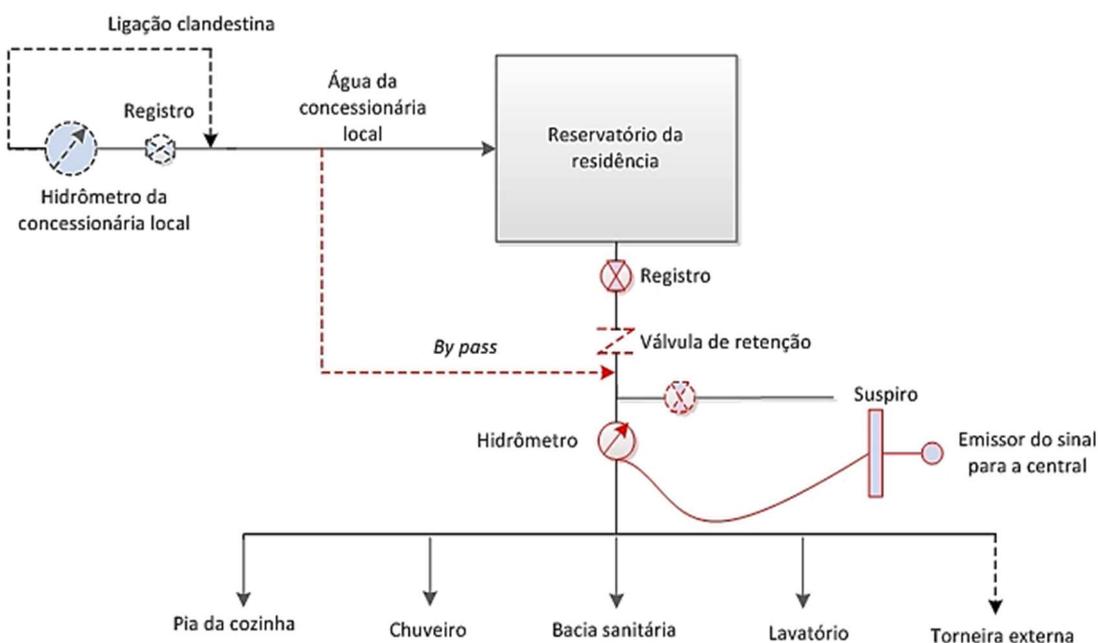
Por causa de recursos limitados, apenas 7 casas foram avaliadas em nível de seus usos finais. A escolha do domicílio foi baseada na disponibilidade para fazer parte do projeto de pesquisa e no tipo de instalação hidráulica da casa, ou seja, possuir reservatório superior independente para cada família estudada.

5.2.3 Sistema de monitoramento principal - levantamento longitudinal do consumo de água

A instalação do sistema de monitoramento em algumas residências exigiu alguns ajustes em suas instalações hidráulicas, como mostra a Figura 6. Antes da intervenção da pesquisa na instalação de água (linha preta), as instalações hidráulicas continham um reservatório, tubulação de ventilação e tubulação para alimentar os aparelhos na casa.

A linha pontilhada refere-se a aspectos que algumas casas tinham e outras não, antes ou depois da intervenção da pesquisa. Algumas residências possuíam um hidrômetro da concessionária e uma torneira externa, outras não. Algumas residências tinham uma conexão irregular de água e outras não. Em algumas casas, apesar da presença de um hidrômetro, ele não funcionava; nesses casos, a conta da água é presumida (o consumo de água é estimado com base no consumo médio na região). Nas casas sem medidor de água, a conta de água também é presumida.

Figura 6 - Sistema de instalação hidráulica residencial, antes (linha preta) e após (linha vermelha) a instalação dos medidores inteligentes. A linha tracejada vermelha refere-se a aspectos que algumas casas tinham e outras não após a intervenção da pesquisa e a linha tracejada preta refere-se a aspectos que algumas casas tinham e outras não antes da intervenção da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Após a pesquisa (linha vermelha), um sistema de medição inteligente foi instalado. Foi instalado na saída do reservatório um hidrômetro velocimétrico multijato da marca LAO®, DN 20 e classe metrológica B (INTERNETIONAL STANDART, 2005), com um sensor para emitir um pulso a cada 0,1 L de água utilizada, sensibilidade suficiente para que os usos fossem divididos entre os usos finais. Associado ao hidrômetro foi conectado um registrador de dados configurado para coletar os pulsos emitidos pelo sensor a cada 10 segundos.

Em residências que relataram previamente que o chuveiro apresentava baixa vazão, houve a preocupação em realizar uma adaptação no sistema de distribuição da casa, para reduzir as perdas de carga localizadas, causadas pela adição do hidrômetro no barrilete. Assim, foi feita uma instalação que permitiu que a água da rede pública passasse diretamente para o barrilete, sem passar pelo reservatório. Assim, a pressão de água vinda da rede pública foi aproveitada para abastecer os aparelhos, reduzindo os efeitos das perdas de cargas. Para conduzir o fluxo da água apenas na direção dos aparelhos da residência, foi colocada uma válvula de retenção para impedir o retorno da água pelo reservatório, o que poderia causar extravasamento; pelo mesmo motivo, foi colocado um registro na tubulação de ventilação da residência.

5.2.4 Sistema de monitoramento secundário – Semana investigativa

Para gerar informações mais fiéis acerca dos usos de água por aparelho em cada residência, foram utilizados sensores de fluxo do tipo YF-S201, vide a Figura 7, que são sensores nos quais existem uma espécie de roda d'água que medem a quantidade de líquido que passam no seu interior. Os sensores foram instalados alinhados com a tubulação de cada aparelho de água das casas, durante cerca de uma semana.

Figura 7 - Imagens da instalação dos sensores de fluxo nas residências. O círculo vermelho mostra o sensor de fluxo e o círculo azul mostra o módulo concentrador dos dados.



Fonte: Arquivos do projeto GESÁGUA (2013).

Estes sensores registraram o horário, a duração e os volumes de cada evento de uso no equipamento onde ele estava conectado. As informações destes sensores foram

cruzadas com os dados registrados no sistema de monitoramento principal, permitindo identificar os padrões e perfis de vazões de cada equipamento para cada família.

Os sensores de fluxo foram acoplados aos dispositivos hidráulicos com auxílio de conexões em rosca adaptáveis às conexões do próprio aparelho sanitário. A restrição para utilizar esse tipo de medição em longos períodos se deve à necessidade de ligação com o sistema elétrico da residência, o que depende de aumento do número de pontos de energia na casa.

A partir do cruzamento dos dados de ambas as medições foi possível identificar as informações necessárias para utilização do programa Trace Wizard[®] e definir os usos de água por dispositivo hidráulico nas residências.

5.2.5 Uso do Trace Wizard[®]

Para utilização do software as informações básicas de entrada no programa foram: listagem dos equipamentos hidráulicos existentes na residência, os picos de vazões, durações e volumes utilizados, as vazões típicas (moda da vazão), mínimas e máximas dos equipamentos. Essas informações foram obtidas na semana investigativa. Entre suas funções estão a divisão dos usos simultâneos em usos únicos (reconhece no máximo 2 usos simultâneos).

Para utilização do software, foram designados pesquisadores que avaliaram os dados de entrada para cada casa, esses dados eram os *templates* a serem utilizados no programa, a definição dessas informações era feita a partir do aprendizado dos padrões de consumo das casas, através do estudo das utilizações dos equipamentos feitas na semana investigativa. Após a definição dos *templates* foi possível realizar a classificação com o software e essas classificações também eram validadas manualmente pelos pesquisadores. A validação feita para cada dia monitorado, se dava pela verificação da classificação de cada aparelho pelo software, também de acordo com o que foi aprendido na semana investigativa, caso houvesse alguma discrepância entre a classificação do software e o padrão esperado pela observação da semana investigativa, uma mudança na classificação poderia ser feita manualmente.

A semana investigativa, que forneceu os dados mais próximos ao valor real de consumo, proveu dados de cada aparelho hidráulico classificado de forma independente e os dados de usos finais dessa mesma semana investigativa também foram rotulados com os critérios de classificação do software Trace Wizard[®]. Assim foi possível comparar a classificação feita pelos dois métodos.

A próxima etapa da metodologia da pesquisa consistiu em uma análise descritiva dos dados obtidos e busca por validação dos dados desagregados por usos finais.

5.2.6 Entrevistas semiestruturadas

Em quatro das sete residências monitoradas (A, C, D e E), foram aplicadas entrevistas semiestruturadas, o roteiro das entrevistas está no Apêndice A, com a finalidade de descobrir os hábitos de consumo nessas residências. Apesar do planejado ter sido aplicar a entrevista em todas as 7 residências, não foi possível devido a indisponibilidade dos moradores. Com o resultado da entrevista, foram feitas análises qualitativas dos discursos. Nessas entrevistas, foram detalhados os processos de lavagem de roupas, limpeza da residência, lavagem de louça e banho. Para orientar as entrevistas, foi feito um roteiro de perguntas, aberto ao surgimento de outras a depender do contexto da conversa com o morador.

A entrevista foi preparada e conduzida por uma socióloga e estudante de mestrado, Kelly Fontoura, com a ajuda de uma aluna bolsista de assistência social, Mayara Castelano, ambas integrantes da equipe do projeto rede. Durante as entrevistas, as falas foram gravadas de forma consensual (e posteriormente compilada fielmente ao áudio), e as perguntas foram feitas com cuidado, para evitar induzir o viés do entrevistador.

Como culturalmente no Brasil as mulheres ainda são as principais responsáveis pelos serviços domésticos, fato confirmado nas residências estudadas, foi escolhida a dona da casa para responder ao questionário.

Além das entrevistas e da *Survey*, também foram obtidas informações de modo informal a partir das visitas realizadas periodicamente ao local do estudo. A análise das

entrevistas teve como objetivo enquadrar as ideias examinadas usando a abordagem de práticas sociais e os conceitos da metodologia de Kiperstok e Kiperstok (2017).

5.3 EXPLORAÇÃO DO EXPERIMENTO REALIZADO

5.3.1 Análise descritiva do consumo

A fim de conhecer os dados de consumo e confrontar esses dados com as informações obtidas junto aos moradores a partir do contato pesquisador/morador estabelecido durante a pesquisa, foi realizada a etapa de análise descritiva dos dados.

Para essa etapa, foram utilizadas ferramentas de estatística descritiva básica como gráficos de boxplot, histogramas, média, desvio padrão, entre outras, que foram comparadas com as informações sobre as residências levantadas na etapa anterior.

5.3.2 Validação dos dados desagregados por usos finais

A próxima etapa da metodologia da pesquisa consistiu em uma forma de validação dos dados obtidos e classificados através do Trace Wizard[®]. Para tanto, foi verificado se os possíveis erros de classificação com o Trace Wizard como etapa de pré-processamento de dados, poderiam ser atenuados com a aplicação de modelos de classificação desenvolvidos a partir desses dados.

Foram dois os modelos de classificação desenvolvidos, o primeiro utilizando a técnica de Florestas Randômicas (*Random Forest*) e o segundo utilizando a técnica de 1NN (*k-nearest neighbors*, com $k = 1$) com medida de similaridade ERP (*edit distance with real penalty*) que calcula a similaridade entre uma série desconhecida e uma série de referência.

Os dados brutos da semana investigativa, provenientes do medidor, foram classificados de duas formas distintas, (1) através da resposta dos sensores de fluxo (*SF-class*) e (2) com o uso do Trace Wizard[®] (*TW-class*).

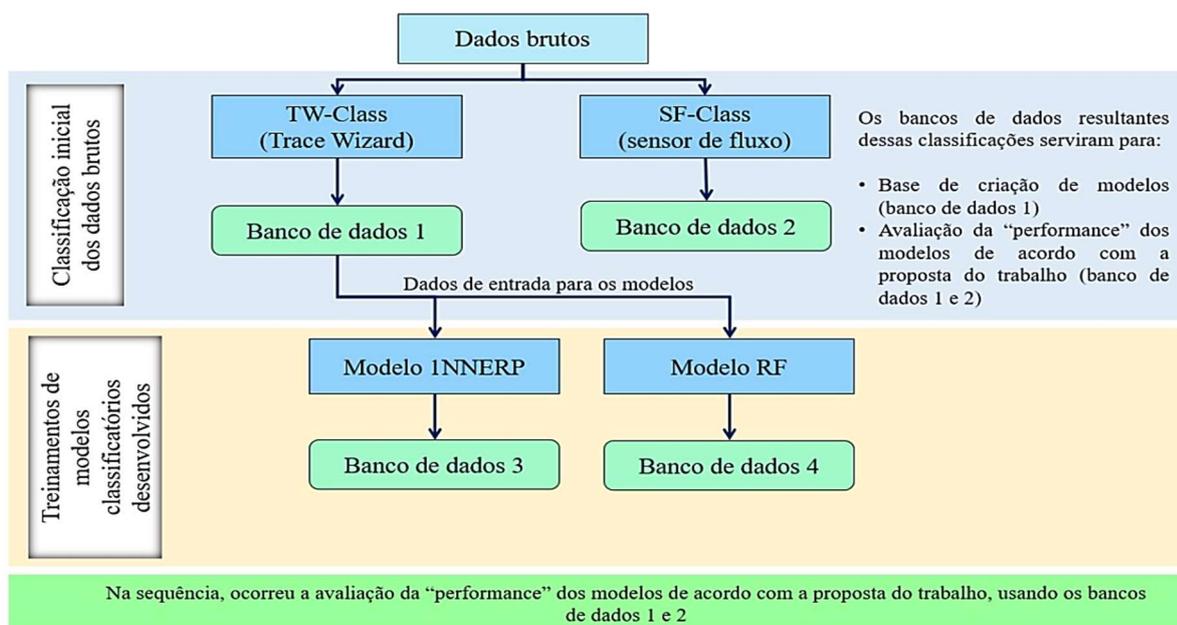
A classificação pelo *SF-class* foi adotada como referência, ou seja, as respostas foram consideradas verdadeiras, pois essa medição foi feita em cada ponto de utilização. A

classificação através do TW-class exige intervenção em somente um ponto da instalação residencial - na saída do reservatório, medido a partir de hidrômetro e *data logger* - para o processo de classificação. Este método seria mais indicado, primeiro pela velocidade na obtenção das respostas e segundo para reduzir a interferência nas residências.

As diferenças entre eles - TW-class e SF-class - foram investigadas a partir de análise dos histogramas de distribuição das características dos usos (volume, duração) por equipamento, comparando cada conjunto de dados. Se os desvios fossem considerados pequenos, com histogramas apresentando convergência na maior parte da sua área, as informações advindas do Trace Wizard® seriam consideradas válidas, caso contrário, seria verificado se as diferenças entre os bancos de dados poderiam ser suplantadas pelos modelos desenvolvidos a partir dos resultados fornecidos pelo Trace Wizard®.

Assim, o conjunto de dados classificado pelo TW-class foi utilizado como treinamento para os modelos propostos nesse trabalho: *Random forest* e o 1NNERP. Para a construção de ambos os modelos foi utilizado o software R.

Figura 8 - Esquema da metodologia aplicada para validação dos dados de usos finais.



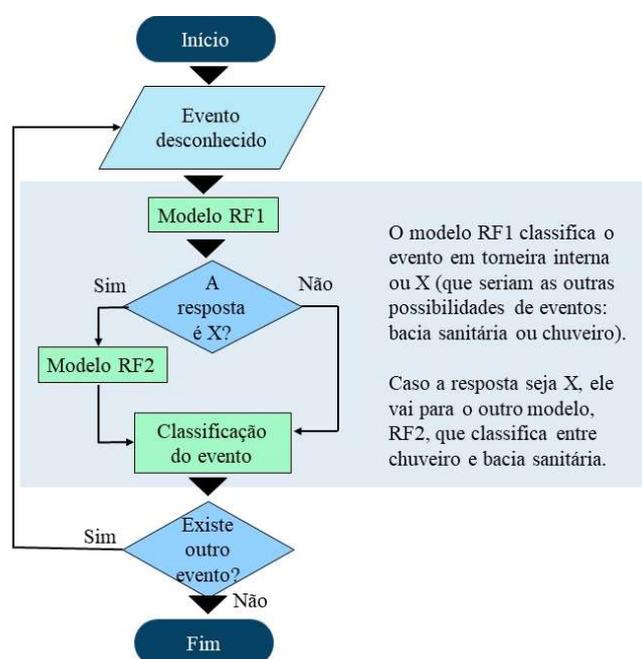
Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Treinados e validados os modelos, estes foram aplicados ao conjunto de dados classificados pelo SF-class com a finalidade de avaliar se haveria manutenção, redução ou aumento das diferenças já avaliadas na fase anterior de classificação dos dados brutos. A Figura 8 resume os passos da metodologia adotada.

5.3.2.1 Modelos utilizando Random Forest

Após as análises descritivas do conjunto de dados pré-processado pelo Trace Wizard[®], observou-se que os dados estavam desbalanceados, ou seja, existia um volume de informações muito maior acerca das torneiras internas (que consistem na soma dos usos de pia da cozinha e lavatório) do que informações acerca dos demais usos (que consistem nos usos de chuveiro, bacia sanitária e torneiras externas).

Figura 9 - Fluxograma dos modelos de classificação em Random Forest.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Assim, para que esses dados desbalanceados não interferissem na resposta do modelo, dois modelos em *Random Forest* foram construídos: o primeiro modelo classificou os usos entre torneiras internas ou x (que seriam qualquer um dos outros usos: chuveiro, torneiras externas ou bacias sanitárias), caso o resultado fosse x, a informação entraria no segundo modelo, que distinguiria entre o chuveiro, bacia sanitária ou torneiras externas, qual a classificação correta. Como foram poucos usos de torneiras externas registrados durante o período investigativo, esse uso foi excluído das análises, restando para possibilidades de classificação o chuveiro e a bacia sanitária. O fluxograma da Figura 9 detalha o algoritmo do processo.

Para aplicação da técnica de *Random Forest* no R, foram utilizados os pacotes “*caret*” e “*randomForest*”. O pacote “*caret*” é utilizado para treinamento de modelos de regressão e classificação e possui ferramentas específicas para separar o conjunto de dados, fazer pré-processamento, selecionar os variáveis preditoras do modelo, ajuste de hiperparâmetros, estimação da variável importância, entre outros (KUHN, 2019). Especificamente, a função *createDataPartition* foi usada para separar o conjunto de dados de treinamento e teste em uma proporção de 80:20.

O pacote “*randomForest*” fornece funções de classificação e regressão usando o algoritmo de Florestas Randômicas baseado no estudo de Breiman (2001). A função “*randomForest*” foi usada para implementar um algoritmo de classificação de *Random Forest*.

Existiam diversas informações que poderiam compor os modelos como variáveis preditoras, como duração (tempo de cada uso por aparelho), nmoda (número de vezes que a moda da vazão se repete), volume (água consumida em cada utilização), moda (vazão que mais se repete), média da vazão, pico da vazão e mediana da vazão, morador, horas do dia, dias da semana. Em trabalhos anteriores o uso da água foi caracterizado pela extração de parâmetros como volume, moda da vazão, vazão máxima e vazão média (FONTDECABA *et al.*, 2013; NGUYEN; ZHANG; STEWART, 2013; VAŠAK; BANJAC; NOVAK, 2015), com base nessas informações a partir de análise de sensibilidade, foram escolhidas as variáveis componentes dos modelos, que foram as variáveis morador, duração, volume e mediana da vazão. Após essa etapa, foram feitos testes de *tuning* para avaliar os hiperparâmetros a serem utilizados

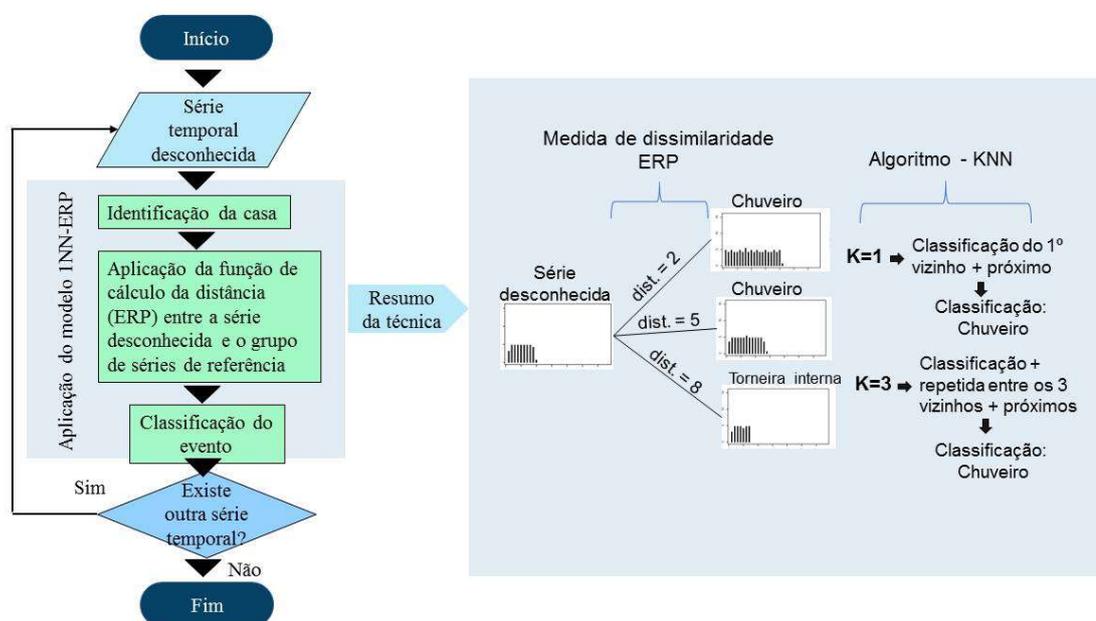
nos modelos de forma que se obtivesse o menor custo computacional e menor tempo de processamento dos modelos, mantendo sua qualidade.

Para ajustar os hiperparâmetros $mtry$ e $ntree$ dos modelos a técnica de pesquisa de grade foi aplicada; o intervalo para $mtry$ foi de 1 a 17 e para $ntree$ foi de 100 a 1 000. Assim, o valor ótimo de acurácia foi encontrado para o modelo RF1 com conjunto de hiperparâmetros $ntree = 100$ e $mtry = 2$; para o modelo RF2, $ntree = 100$ e $mtry = 1$.

5.3.2.2 Modelos utilizando 1NN (*k-nearest neighbors* com $k = 1$) com medida de similaridade ERP (*edit distance with real penalty*)

Para o modelo 1NNERP, comparações entre as séries temporais desconhecidas e os conjuntos de séries de referência foram realizadas simultaneamente para reduzir a duração do *loop*.

Figura 10 - Fluxograma do modelo de classificação 1NN-ERP.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

A função ERP pertence ao pacote “*TSdist*” do R, que contém um conjunto de medidas de distância em séries temporais discutidas na literatura, que são úteis para vários tipos de aplicações, incluindo algoritmos de classificação. Especificamente, a função ERP foi usada nesse modelo. A Figura 10 mostra o fluxograma do algoritmo utilizado na aplicação do modelo.

Conforme a Figura 10, observa-se que uma série temporal desconhecida é comparada ao banco de dados de referência usando ERP para calcular distâncias, e o rótulo (o dispositivo hidráulico correspondente) é selecionado de acordo com o vizinho mais próximo. Além disso, um modelo de florestas randômicas foi aplicado cooperativamente para classificar eventos declarados como desconhecidos pelo modelo 1NNERP. Essa etapa não está presente no fluxograma porque raramente foi necessária.

Em termos de otimização, o parâmetro g não foi modificado por ser uma referência relacionada ao sistema cartesiano. Existe a possibilidade de impor restrições globais, supondo que um alinhamento fora da diagonal da matriz de distorção esteja provavelmente incorreto. Tais restrições podem ser impostas criando uma janela de ajuste com um determinado comprimento r (SAKOE; CHIBA, 1978). No entanto, o tamanho dessa janela está relacionado ao comprimento da série temporal e, como há uma grande variedade de comprimentos, essa estratégia não é viável.

5.3.2.3 Confirmação da qualidade dos modelos

Para comprovar matematicamente a qualidade, em termos de classificação das informações dos modelos, foram utilizados os dados de entrada advindos do sensor de fluxo, que é o banco de dados mais confiável, divididos em dados de treinamento (80 %) e teste (20 %). Essa divisão também foi feita para o número de eventos por dispositivo (ou seja, 80 % de cada conjunto de eventos por dispositivo foi usado na fase de treinamento). Infelizmente, essa etapa foi afetada negativamente pela quantidade de dados disponíveis para algumas residências (Tabela 1 do item resultados). Os eventos avaliados foram torneiras internas, bacia sanitária (menos na casa C) e chuveiros (menos na casa B) com base nos dados disponíveis.

Após essa etapa de confirmação da qualidade dos modelos, a próxima etapa da pesquisa foi a investigação minuciosa do consumo de água nas residências estudadas, buscando compreender as motivações para o consumo com intuito de perceber maneiras de promover o consumo racional.

As métricas utilizadas para avaliar o desempenho dos modelos foram a sensibilidade² e a precisão, adquiridas de uma matriz de confusão. Através das informações obtidas nessa matriz, é possível avaliar a qualidade de predição do modelo. A precisão (Equação 6) está relacionada à qualidade do classificador e indica a porcentagem de dados que foram atribuídos à classe correta. Sensibilidade (Equação 7) indica a porcentagem de dados originais de uma determinada classe que foram classificados corretamente.

$$\text{Precisão} = \frac{\text{Verdadeiros positivos}}{\sum \text{Condições positivas preditas}} \quad (6)$$

$$\text{Sensibilidade} = \frac{\text{Verdadeiros positivos}}{\sum \text{Condições positivas}} \quad (7)$$

5.3.3 Identificação de estratégias para fomentar o uso racional de água

Inicialmente se buscou o entendimento do consumo. Para tanto, foram levantados em literatura diversos modelos de compreensão para a motivação do consumo. A partir dessa investigação foram selecionados os dois modelos considerados passíveis de aplicação no estudo de caso, a abordagem das práticas sociais (SPA) e o modelo conceitual da racionalização do consumo de Kiperstok e Kiperstok (2017).

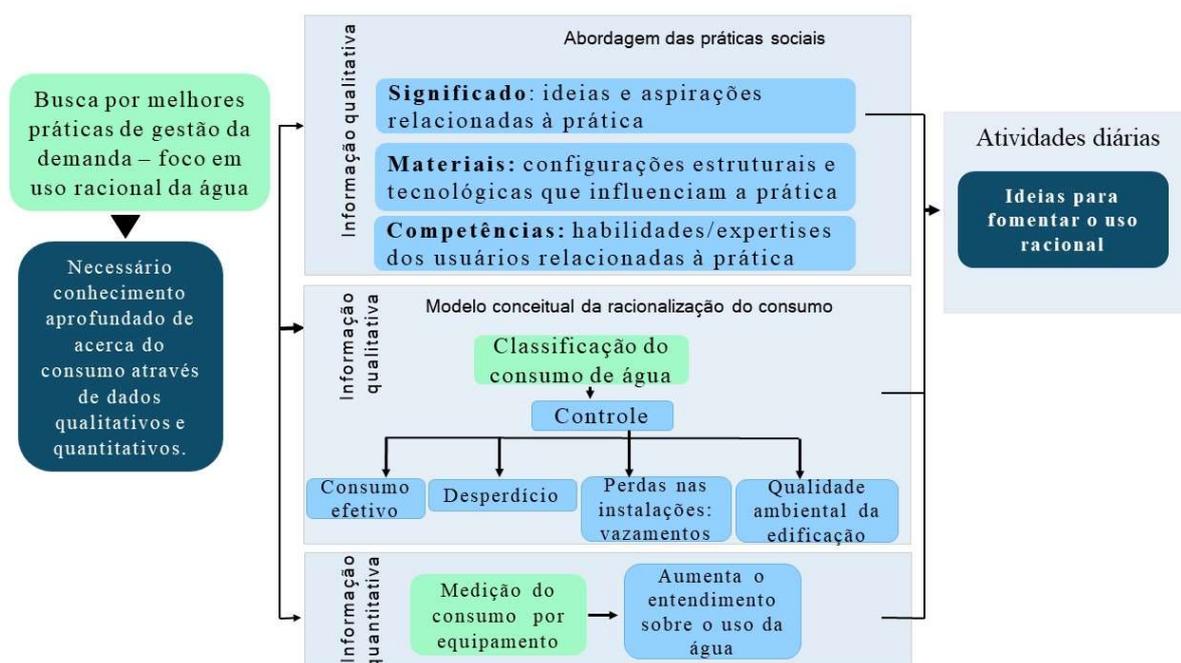
Os conceitos abordados nesses modelos foram aplicados no estudo de caso referente às 4 residências que responderam à entrevista semiestruturada.

Além disso, o consumo foi avaliado também quantitativamente o que permitiu classificar os consumos e identificar estratégias de uso racional personalizadas para as re-

² A sensibilidade representa a porcentagem de eventos identificados corretamente e a precisão representa a confiabilidade do modelo.

sidências. Os dados quantitativos permitiram fazer comparações com valores de consumo da literatura e analisar se essa comparação era adequada. A Figura 11 resume os passos da metodologia adotada.

Figura 11 - Esquema de passos para analisar o consumo das residências e qualificar como consumo racional.



Fonte: Elaboração da autora.

5.3.4 Comparação entre estudos relacionados ao consumo de água - identificação de padrões de uso de água

A comparação entre estudos sobre consumo de água requer condições metodológicas muito semelhantes, de modo que a comparação não perca seu valor devido a disparidades contextuais. Ao comparar as características como a vazão de água residencial, duração de uso e volume consumido, é importante considerar fatores como, as condições climáticas, culturais, arquitetônicas e de renda, da localidade. Os hábitos pessoais e familiares são outros aspectos relevantes da comparação, mas podem ser muito subjetivos.

Por exemplo, se um morador tem o hábito de usar vazões elevadas, sua faixa de consumo será alta, mas nem sempre isso significa desperdício. É possível que os residentes usem os equipamentos rapidamente, evitando a perda de volume. Consequentemente, avaliar apenas a vazão não é a melhor métrica para avaliar a qualidade do uso da água. Da mesma forma, em termos de duração, os usos longos podem indicar desperdício; entretanto, se a vazão for baixa, é natural que o tempo investido na atividade seja maior. Analogamente, altos volumes consumidos para uma atividade podem parecer um desperdício, mas esses volumes podem atender às necessidades básicas do indivíduo e, portanto, não são necessariamente um desperdício. Assim, ao comparar os valores obtidos com referências para avaliação do consumo de água, é necessário considerar todo o contexto.

Mesmo com todas essas ressalvas, as comparações ainda são importantes do ponto de vista macro para identificar certos limites, disparidades ou semelhanças e possibilitar um olhar crítico do observador ao avaliar o consumo. Além disso, buscar valores de referência tem aplicações práticas, como em projetos de engenharia onde são estabelecidos valores médios para referenciar o dimensionamento de redes de abastecimento. No entanto, é importante considerar se determinado intervalo pode realmente ser uma referência e, por conseguinte, conduzir à tomada de decisão.

Em dois momentos, nesse trabalho, foram feitas comparações com estudos anteriores. No primeiro, foram comparados estudos que propunham um valor universal do consumo mínimo para as necessidades humanas básicas (GLEICK, 1996; INOCENCIO; PADILLA; JAVIER, 1999; CROUCH, 2020). Esta comparação permitiu avaliar as ordens de grandeza dos valores obtidos no presente estudo e nos estudos anteriores, determinando se os valores adotados em diferentes realidades também fariam sentido neste estudo.

No segundo momento, foi feita uma comparação com trabalhos que buscaram apenas caracterizar o consumo de água nas áreas de estudo, sem intenção de estabelecer um padrão de consumo (ALMEIDA, 2007; BEAL; STEWART, 2011; BOTELHO, 2013; DEOREO et al., 2016; MARINOSKI et al., 2014; MATOS et al., 2013; MAYER;

DEOREO, 1999; RATHNAYAKA et al., 2015; VIEIRA, 2012). Esta análise mostra diferenças no consumo entre locais de alta e baixa renda, bem como em locais com padrões climáticos distintos.

6 RESULTADOS

6.1 INFORMAÇÕES SOBRE AS RESIDÊNCIAS

A Tabela 1 resume algumas características relevantes das residências estudadas.

Tabela 1 - Características das casas.

Residências	A	B	C	D	E	F	G	
Número de habitantes	2	2	6	2	2	3	2	
Situação do medidor	N	R	I	I	N	N	I	
Número de pontos de água	4	5	9	7	5	4	6	
Número de equipamentos	Bacia sanitaria	1	1	2	2	1	2	
	Chuveiro	1	1	2	2	1	1	
	Torneiras internas	2	2	4	2	2	2	
	Torneiras externas	0	1	1	1	1	1	
Número de dias monitorados (total)	320	396	236	222	307	341	246	
Período investigativo	Número de dias monitorados	8	9	5	8	9	14	11

Nota: N: Não há medidor; R: Medidor em situação regular; I: Medidor em situação irregular.

Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Obs: A situação irregular ou inexistente dos medidores não interfere na pesquisa pois foram instalados medidores próprios após o reservatório superior; no entanto a falta do medidor ou a ligação irregular pode fazer com que os moradores gastem mais por não pagar a conta de água de acordo com seu consumo.

As residências monitoradas fazem parte de um conjunto habitacional com unidades habitacionais com dois pavimentos, sendo 21,37 m² no pavimento inferior e 21,80 m² no superior. As casas possuíam originalmente 5 pontos de consumo de água, (chuveiro, pia da cozinha, lavatório, torneira externa e bacia sanitária), mas duas delas (casas C e D) passaram por reforma, ampliando o número de pontos de consumo. Na casa C foi adicionado mais um banheiro (lavatório, bacia sanitária e chuveiro) e mais uma pia de cozinha e, na casa D, foi construído mais um banheiro (lavatório, bacia sanitária e chuveiro), o maior número de pontos de consumo pode resultar em um consumo maior. As torneiras de lavanderia são situadas em área externa compartilhada. O tipo de piso nas casas C, D e E é cerâmico e, na casa A, cimento batido, o tipo de piso pode interferir no modo e na frequência da limpeza das residências. A Figura 12 mostra um exemplo do tipo de residências estudadas.

Figura 12 - Ilustração do tipo de residências presentes no conjunto habitacional.

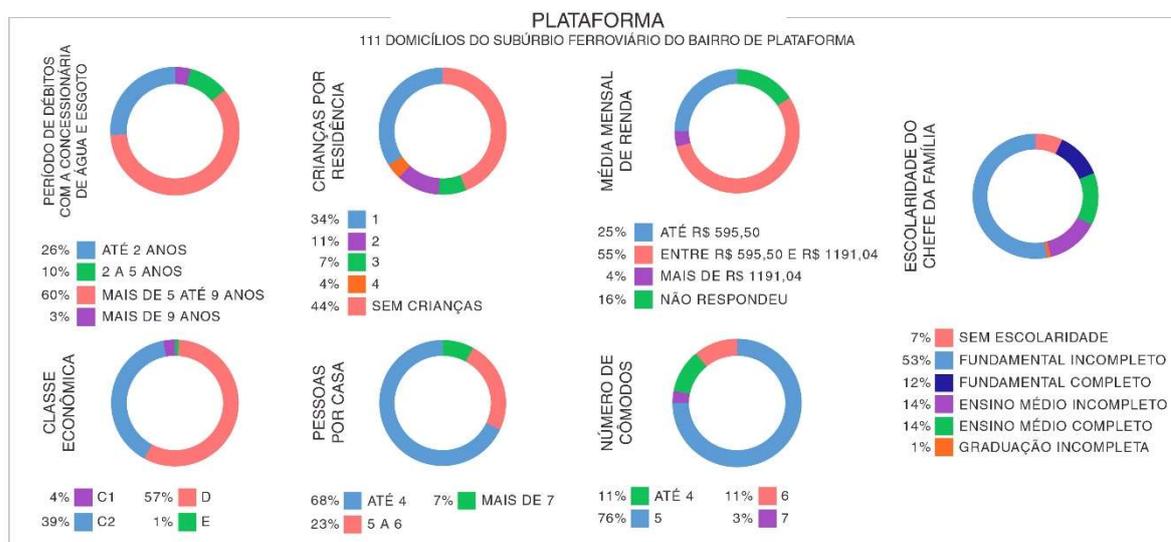


Fonte: Botelho *et al.* (2021).

6.1.1 Resultados da Survey

A Figura 13 apresenta o resumo de algumas características socioeconômicas da população estudada, avaliadas na *survey*. O instrumento de pesquisa denominado *survey* se refere a uma metodologia de investigação qualitativa realizada a partir da implementação de questionários estruturados promovido para coletar informações de uma determinada amostra populacional. A partir dos resultados, pode-se afirmar que a população avaliada possui baixo nível de escolaridade, onde 60 % dos chefes de família não frequentaram a escola ou cursaram apenas o ensino fundamental incompleto. Este baixo nível de escolaridade reflete-se na renda média mensal das famílias: 80 % dos entrevistados afirmaram possuir renda familiar até R\$ 1 191,04, valor correspondente a duas vezes o valor do salário-mínimo vigente no Brasil, na época em que a pesquisa foi realizada, característica confirmada quando avaliada a distribuição da população em classes econômicas.

Figura 13 - Características socioeconômicas da população estudada.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

A maioria das famílias se enquadra nas classes C2 e D (96%), a classe econômica da população foi definida segundo o critério econômico da ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa, que leva em consideração bens de consumo duráveis, escolaridade do chefe da família, número de banheiros, entre outros. A renda média mensal familiar nas classes C2 e D corresponde a aproximadamente R\$ 1 000,00 e R\$ 683,00, respectivamente. A proporção de famílias na classe D corresponde a 57%, próxima àquela associada à faixa de renda correspondente, R\$ 683,00 a R\$ 1 189,00, declarada por 55% dos entrevistados. Quando comparado aos dados da Região Metropolitana de Salvador, verifica-se que apenas 25% das famílias estão situadas na classe D.

De acordo com os respondentes, o tipo de família mais comum na localidade corresponde ao arranjo monoparental feminino e filhos (mães solteiras), sendo que 68% das famílias possuem até quatro membros. No entanto, apenas 66% dos entrevistados afirmaram possuir crianças em casa e 34% possuem apenas uma criança.

As residências da localidade investigada seguem o mesmo projeto base de padrão construtivo, uma vez que se trata de um condomínio construído pelo governo do estado, onde não se observa grande variação em relação ao número total de

cômodos: em 76 % das residências entrevistadas ainda se mantém o número original de cômodos, ou seja, cinco cômodos – 1 sala, 1 banheiro, 1 cozinha e 2 quartos. Quando comparados a habitações em área de baixa renda no mesmo município, porém não inseridas num condomínio cujo projeto base foi elaborado por profissionais e sim, originados da auto construção (GARCIA, 2011; GARCIA *et al.*, 2011; MAGALHÃES *et al.*, 2012), identifica-se que são adotadas as mesmas configurações, no que se refere ao número de cômodos.

Segundo dados fornecidos pela concessionária local de água e esgoto, aproximadamente 80 % das famílias que participaram da *survey* possuíam débitos com a empresa, cujo período sem pagamento da conta variava de um mês a mais de nove anos; 60 % estão de 5 a 9 anos sem pagar as contas de água.

A partir da base de dados disponibilizada, verifica-se que aproximadamente 75 % dos domicílios entrevistados apresentaram anormalidades de leitura associadas à retirada ou ao mau funcionamento dos equipamentos instalados pela empresa para medição e cobrança do volume de água consumido pela residência.

Durante o acompanhamento da população estudada, identificou-se que parte das anormalidades identificadas se associam à ação dos próprios moradores, que danificam propositalmente o medidor ou fazem conexões irregulares a fim de desviar a passagem de água através do medidor (*by-pass*). Essa prática tem por objetivo evitar o registro do consumo e, conseqüentemente, o pagamento do valor completo da conta de água. Ainda, quando o fornecimento de água é interrompido por falta de pagamento, é comum a interligação clandestina à rede de abastecimento, garantindo assim o abastecimento da habitação, o que pode indicar que estão sendo aplicadas tarifas elevadas para a renda da família. Esse tipo de ocorrência pode gerar um maior consumo de água, uma vez que sem se preocupar com a conta de água, os moradores poderiam consumir mais.

6.1.2 Informações extras levantadas a partir de investigação de campo sobre as residências

Durante a pesquisa, na casa C foi registrado um vazamento de grande porte, que foi identificado como um problema no funcionamento da caixa de descarga da bacia sanitária e foi sanado. Com menor porte, foi identificado um vazamento também no funcionamento da bacia sanitária na casa A, que também foi sanado ao longo da pesquisa.

As casas A, F e G realizaram, durante a pesquisa, atividades para geração de renda que envolvia a utilização de água. A casa A tratava peixe e fornecia para vizinhança. A casa F oferecia serviços de preparação de alimentos para venda, e a casa G funcionava também como um estabelecimento comercial, onde eram vendidos salgados, bebidas e pequenas refeições produzidas na própria casa, com maior movimento no final de semana. A casa A também recebia com frequência visita de sua neta, criança de aproximadamente 5 anos.

Nas casas D e G as famílias faziam uso de “gato” ou outros subterfúgios para não pagar pelo valor integral da conta de água. Na casa D, era utilizado um *by-pass* que evitava a passagem da água pelo hidrômetro da concessionária e, na casa G, os moradores colocavam uma agulha no hidrômetro para segurar o ponteiro do relógio e assim não marcar o consumo realizado.

Essa investigação acerca dos hábitos de uso de água nas residências servirá de ferramenta para entender e fundamentar as informações levantadas sobre o consumo de água. Além disso conhecer os hábitos habilita o olhar crítico para permitir realizar sugestões no sentido de tornar o uso da água mais racional.

6.2 DESCRITIVO ACERCA DO CONSUMO DE ÁGUA NAS RESIDÊNCIAS

6.2.1 Análise do consumo em nível macro – análise do consumo durante todo o período monitorado

A Figura 14 apresenta os consumos médios mensais das sete residências para todo o período monitorado. Observa-se que cinco das sete residências (A, B, E, F e G)

possuíam níveis de consumo mensal de água abaixo de 10 m³/mês, valor equivalente ao consumo mínimo no ano em que foi realizada a pesquisa.

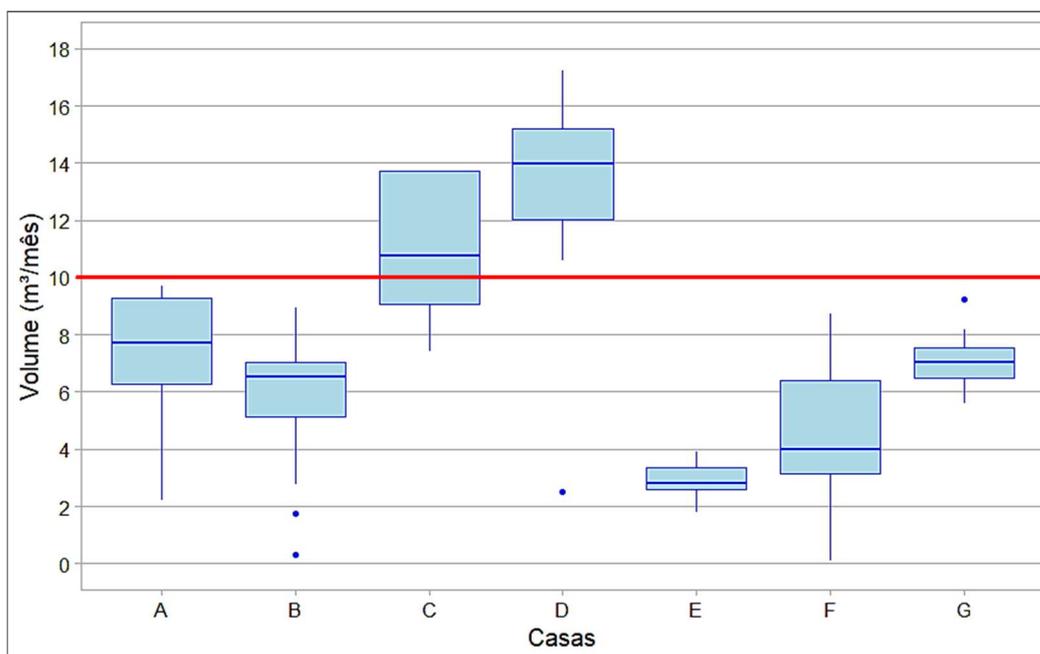
A Figura 14 também mostra que existem residências que possuem perfis de consumo muito menos variáveis como a casa E e G, o que reflete que nessas casas há um consumo mais consistente dentro de um certo intervalo restrito; e casas com grandes variabilidades como a casa C, nessa casa a variabilidade pode estar relacionada com o vazamento que ocorreu na bacia sanitária, também pode ter relação com o maior número de pessoas que moram na residência com diferentes hábitos de uso da água.

O vazamento referido não foi eliminado das análises, primeiro devido às limitações na ferramenta de separação de usos do Trace Wizard® que não permitia a separação exata de onde termina o uso da bacia e onde começa o vazamento e segundo, pois se considerou importante avaliar o impacto dos vazamentos no consumo.

Chama atenção também na Figura 14 o fato da casa D possuir maior consumo total no mês do que a casa C, sendo que a casa D tem 2 habitantes e a casa C, 6 habitantes. Esses pontos destacados mostram como os hábitos de consumo de cada família influenciam nas características do perfil de consumo.

Quanto aos *outliers* observados na parte inferior do gráfico, na casa B ocorreu em dezembro de 2012, mês em que o consumo não foi monitorado em todos os 30 dias e em abril de 2013, mês em que ocorreram também perdas de dados por falhas no sistema (a bateria interna do aparelho tinha acabado). E no caso da casa G, o outlier na parte superior tem relação com o consumo no mês de janeiro de 2014, que corresponde ao período de férias escolares da adolescente que morava nessa casa junto com sua mãe, o que pode justificar o aumento.

Figura 14 - Média do consumo de água mensal.



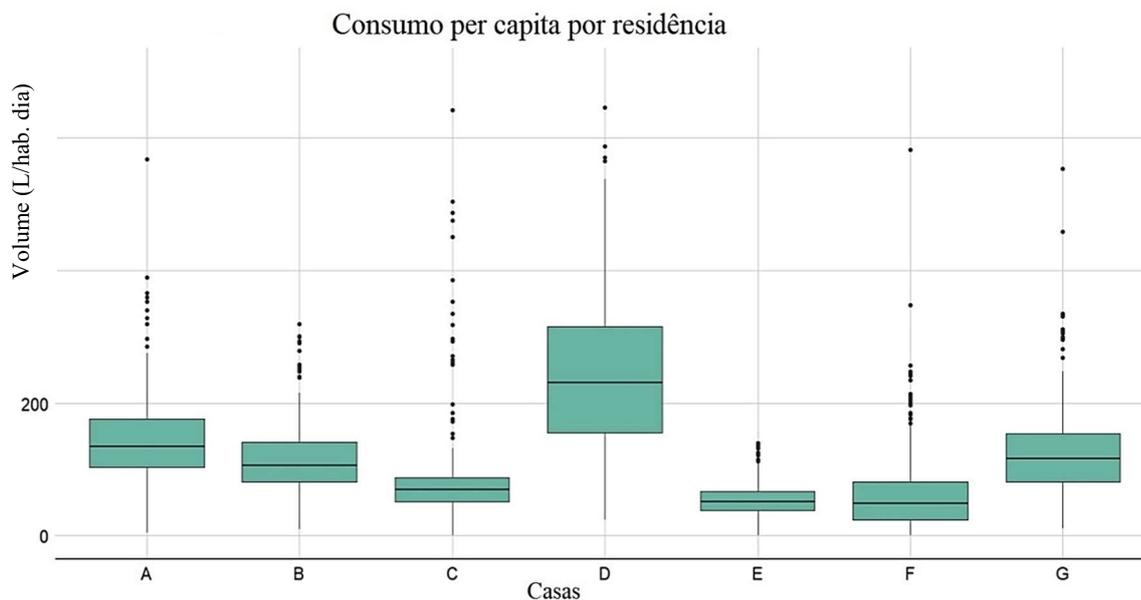
Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Ao analisar o consumo de água nas famílias que fazem uso de “gato” ou outros subterfúgios para não pagar pelo valor integral da conta de água (D e G), era de se esperar que o consumo fosse maior, uma vez que a tarifa é apontada como um regulador do consumo de água. Essa constatação foi verdadeira para a família D, que, observando todo o período monitorado, é onde ocorrem os maiores consumos, maiores variações, presença de valores aberrantes mais elevados e um padrão muito diferente das demais. Porém na família da casa G o padrão de consumo está dentro de intervalos semelhantes aos de outras casas que não possuem ligação clandestina. Esse resultado pode ser um indicador de que outros fatores, como a consciência do usuário, também servem como importante regulador do consumo.

A Figura 15 mostra a variação do consumo per capita entre as famílias avaliadas. Observa-se que a faixa interquartil de consumo para todas as casas está entre 30 e 350 L/pessoa/dia. As casas C e E tiveram um intervalo interquartil estreito, indicando um comportamento quase constante durante este período, enquanto as casas D tiveram um intervalo interquartil amplo, indicando grandes variações de consumo. A casa D teve o maior consumo mediano (~ 231 L/pessoa/dia), e o terceiro quartil de todas as outras casas estava próximo ou abaixo do primeiro quartil desta casa, mostrando

que os residentes tinham um comportamento de alto consumo (em comparação), e que pode ter relação com desperdícios ou perdas. As casas E e F tiveram a menor mediana e quase os mesmos valores (~ 50 L/pessoa/dia).

Figura 15 - Distribuição do volume consumido per capita.

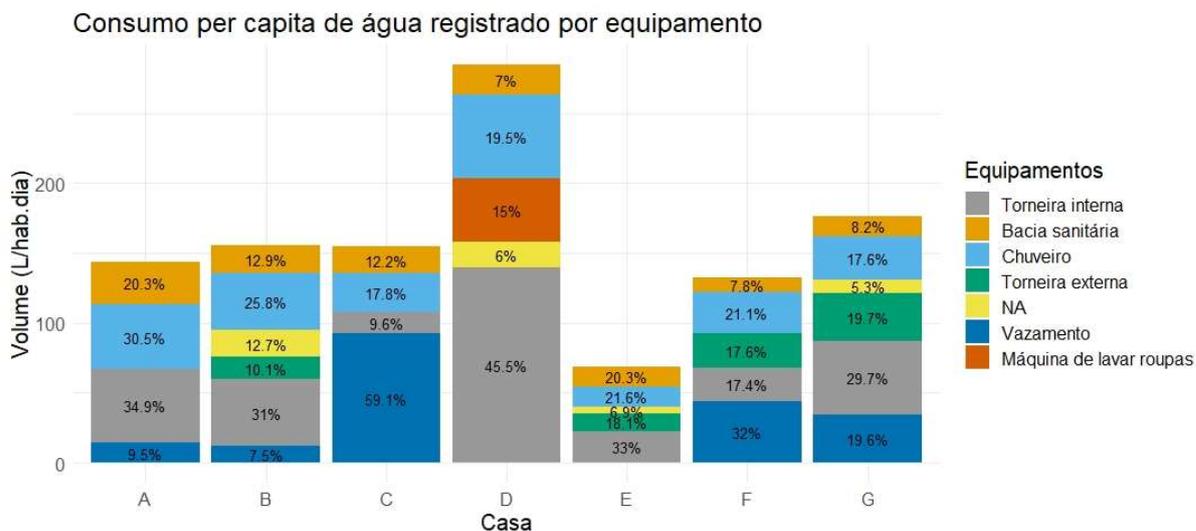


Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

6.2.2 Análise do consumo em nível macro – com classificação do Trace Wizard®

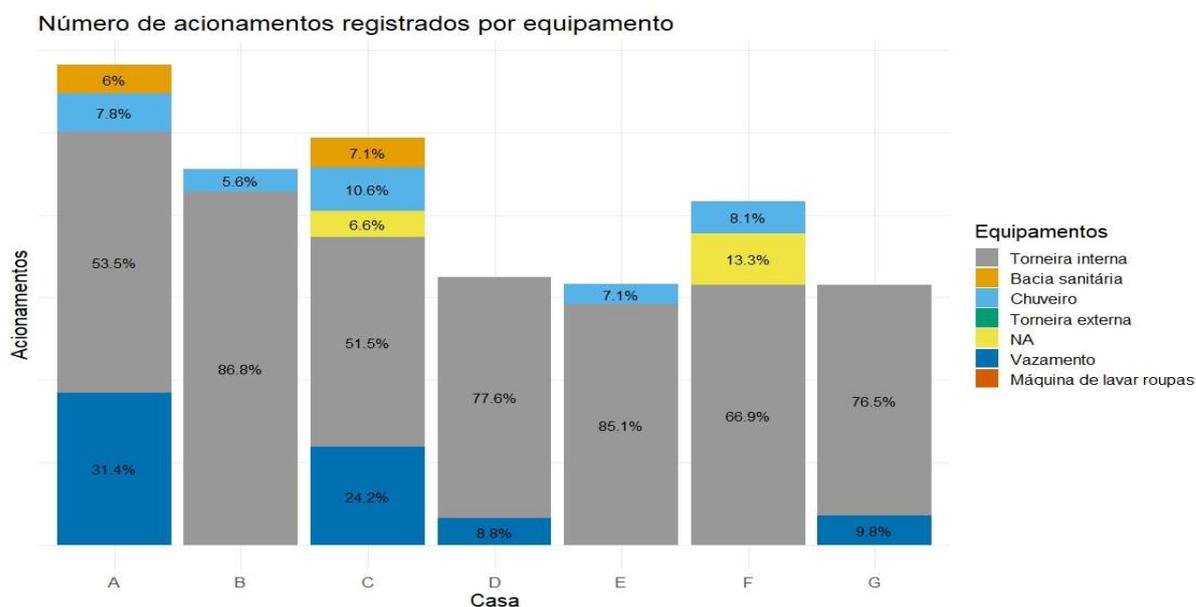
A Figura 16 mostra os usos de água per capita dia, com a classificação por equipamentos e a Figura 17 mostra o total de ativações dos equipamentos no mesmo período em porcentagem. Em ambas as imagens, aparelhos hidráulicos com porcentagens abaixo de 5 % foram omitidos para melhorar a visualização dos dados.

Figura 16 – Consumo médio total em litros durante o período monitorado por casa, acumulados por dia, dividido pelo número de habitantes em cada casa.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Figura 17 - Número total de acionamentos de cada dispositivo hidráulico no período por casa, incluindo o percentual dos dispositivos ativados.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Com a análise da Figura 16 e 17 observa-se que o aparelho de maior participação no consumo na maioria das residências são as torneiras internas (tanto de ativação quanto de volume), assim, é um aparelho de fundamental importância para medidas

de uso racional. O chuveiro é o segundo aparelho que demanda maior volume de água, seguido de perto pelo vaso sanitário. Embora vasos sanitários e chuveiros não sejam os dispositivos ativados com mais frequência no uso diário, de acordo com um percentual de total de ativações variando de 4 % a 15 % (Figura 17), o volume de água consumido através desses aparelhos pode corresponder a até 50 %, como ocorre na casa A (Figura 16) do total consumido por dia no período. Chama atenção na figura como os vazamentos que ocorreram apenas por um período nas casas A e C, tomaram uma parcela significativa do consumo na figura.

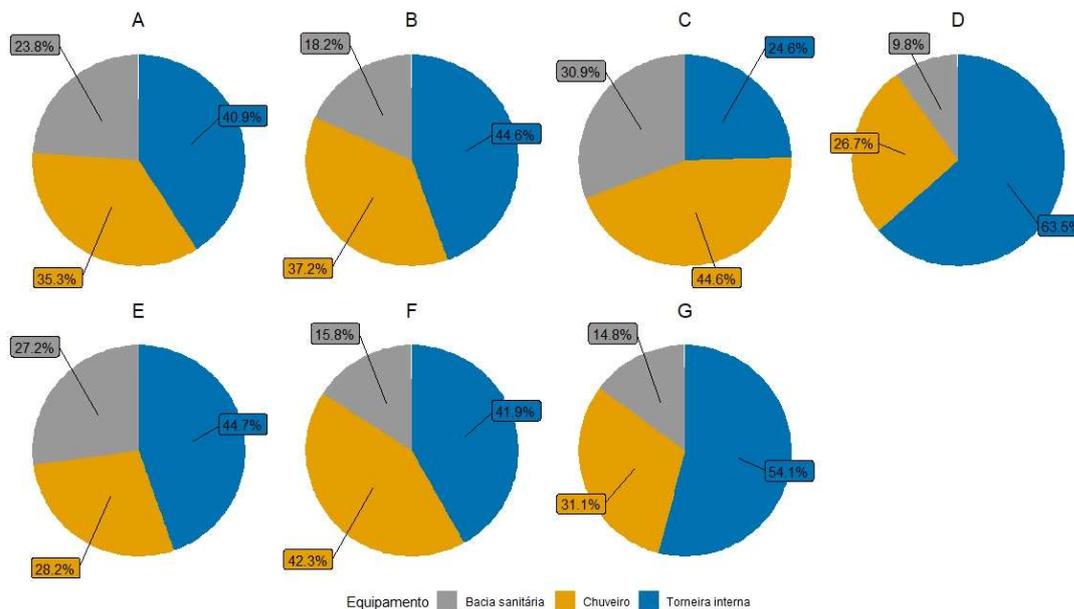
O vaso sanitário, por exemplo, é um dispositivo hidráulico que, para atingir valores ótimos de consumo, deve aliar um modelo econômico ao uso consciente. Isso porque a troca do aparelho por um modelo economizador de água sem informar e envolver os residentes no seu uso adequado não contribuirá necessariamente para a redução do consumo (BOTELHO, 2013).

Com base nos dados das Figura 16 e Figura 17, fica claro em quais áreas há a necessidade de explorar formas alternativas de consumo consciente. No entanto, os dados numéricos não distinguem quais atividades diárias estão associadas a cada uso, necessitando de um melhor entendimento da dinâmica doméstica para identificar oportunidades de ação.

A Figura 18 traz uma melhor visualização da proporção desses três aparelhos de maior consumo em cada residência. A Figura 18 foi construída excluindo os demais usos e mostrando apenas as proporções dos usos de torneiras internas, chuveiro e bacia sanitária.

Figura 18 - Consumo médio total do período por casa acumulados por mês, incluindo o percentual referente a cada aparelho utilizado – apenas para bacia sanitária, chuveiro e torneira interna.

Percentual do consumo mensal de água registrado por equipamento



Fonte: Elaboração da autora.

Com a análise da Figura 18 observa-se mais claramente que as torneiras internas são os aparelhos mais utilizados em todas as residências com exceção da casa C, que tem o chuveiro em primeiro lugar. Depois das torneiras internas o segundo maior uso é do chuveiro em todas as residências seguido pela bacia sanitária.

6.2.3 Análise do consumo em nível micro – avaliação das informações do sensor de fluxo

A análise em nível micro diz respeito a análise ao nível do uso final. A Tabela 2 lista algumas estatísticas sobre o uso de água para cada instalação em cada casa medida durante o período de investigação, classificado pelo sensor de fluxo. Observa-se na Tabela 2 que para a maioria dos usos, existe um grande desvio padrão associado, principalmente para os volumes e durações. Essa incerteza tem relação com a natureza dos dados que possuem grande variabilidade, as torneiras e o chuveiro permitem que o usuário controle o volume e as durações de acordo com seu modo de uso,

mesmo a bacia sanitária, a depender da força empregada ao apertar o botão, podem ocasionar volumes diferentes. As vazões, em geral, já não possuem variabilidade tão alta, pois apesar de também depender do modo de uso, também dependem das características do sistema hidráulico da residência, que não variam com tanta intensidade.

Tabela 2 - Característica do uso de água durante a semana investigativa com classificação por sensor de fluxo.

		Semana investigativa com sensor de fluxo			
		N (usos)	\underline{V} (L/uso) \pm σ_V (\tilde{V})	\underline{D} (s) \pm σ_D (\tilde{D})	\underline{Q} (L/min) \pm σ_Q (\tilde{Q})
Bacia sanitária	A	51	5,7 \pm 5,1 (3,9)	82 \pm 65 (70)	4,11 \pm 1,68 (4,80)
	B	45	8,7 \pm 1,0 (8,5)	95 \pm 13 (90)	7,01 \pm 0,96 (7,20)
	C	13	8,0 \pm 3,2 (8,0)	131 \pm 38 (140)	3,65 \pm 1,28 (3,60)
	D	35	5,9 \pm 7,1 (5,1)	103 \pm 103 (90)	3,97 \pm 0,73 (4,20)
	E	41	6,1 \pm 2,7 (6,8)	169 \pm 72 (190)	2,18 \pm 0,65 (2,40)
	F	55	5,3 \pm 1,5 (5,2)	238 \pm 61 (240)	1,24 \pm 0,20 (1,20)
	G	44	3,9 \pm 2,9 (4,4)	65 \pm 36 (70)	3,12 \pm 2,03 (2,85)
Chuveiro	A	157	2,9 \pm 5,4 (0,2)	89 \pm 220 (20)	1,60 \pm 1,20 (0,60)
	B	4	X	X	X
	C	66	3,3 \pm 3,3 (2,1)	53 \pm 43 (40)	3,55 \pm 1,97 (3,15)
	D	51	11,2 \pm 10,1 (9,2)	117 \pm 86 (90)	5,71 \pm 1,86 (6,00)
	E	28	2,8 \pm 1,8 (2,4)	57 \pm 32 (55)	3,30 \pm 1,29 (3,45)
	F	46	9,6 \pm 8,6 (6,5)	101 \pm 80 (80)	5,65 \pm 1,73 (6,00)
	G	56	7,7 \pm 6,7 (6,3)	60 \pm 41 (50)	7,27 \pm 3,65 (8,40)
Torneira interna	A	621	0,9 \pm 1,4 (0,5)	29 \pm 32 (20)	1,64 \pm 1,00 (1,20)
	B	460	0,9 \pm 1,1 (0,6)	25 \pm 27 (20)	2,12 \pm 1,69 (1,80)
	C	228	2,1 \pm 3,3 (1,0)	39 \pm 38 (30)	2,62 \pm 1,57 (2,40)
	D	274	2,3 \pm 3,0 (0,8)	36 \pm 41 (20)	2,92 \pm 2,02 (2,40)
	E	285	0,6 \pm 0,6 (0,4)	21 \pm 12 (20)	1,59 \pm 0,79 (1,50)
	F	43	0,6 \pm 0,3 (0,5)	21 \pm 8 (20)	1,61 \pm 0,65 (1,50)
	G	883	1,1 \pm 1,1 (0,8)	23 \pm 18 (20)	2,65 \pm 1,60 (2,40)
Torneira externa	A	..	..	..	..
	B	...	...	...	...
	C	...	...	...	...
	D	...	...	...	...
	E	23	1,4 \pm 1,2 (0,9)	37 \pm 23 (30)	2,39 \pm 0,87 (2,4)
	F	20	5,9 \pm 4,7 (5,6)	73 \pm 47 (65)	4,74 \pm 1,62 (5,4)
	G	...	...	...	...

Nota: \underline{V} : volume médio, σ_V : desvio padrão do volume, \tilde{V} : volume mediano, \underline{D} : duração média, σ_D : desvio padrão da duração, \tilde{D} : mediana da duração, \underline{Q} : vazão média, σ_Q : desvio padrão da vazão, \tilde{Q} : vazão mediana.

Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Ainda de acordo com a Tabela 2, destaca-se o valor de 238 s para a bacia sanitária em F, o que tem relação com o tempo de enchimento da sua caixa de descarga, que é maior devido a menor vazão observada nessa casa, o que mostra que cada sistema de distribuição residencial tem suas próprias características que irão influenciar nos indicadores de usos. Destaca-se também, para o chuveiro da casa D, o valor de 11,2 L/uso e 117 s de duração de cada uso, isso mostra que nessa casa existe uma tendência a banhos mais longos, o que se reflete em maiores volumes por uso.

Uma análise comparativa do consumo de água em bacias sanitárias revela que em três das sete residências (B, C e E), o volume médio por descarga é maior que 6 L. Isso sugere uma falta de calibração na vazão do aparelho ou no armazenamento do reservatório de água da bacia sanitária.

Em relação às vazões nos chuveiros, cinco das sete residências apresentaram variação entre 3,0 e 8,5 L/min (C, D, E, F e G). Além disso, os moradores da casa A também usavam o chuveiro para lavar roupas, por não possuírem torneira externa, o que explica a grande variabilidade de volumes identificada. Outro achado relevante é que nenhuma das residências, exceto a D, possuía chuveiro com água quente, o que justifica a curta duração do banho observada. Embora seja esperado um maior uso de água em casas com chuveiros aquecidos (como ocorreu em D), devido ao maior conforto, o aumento do custo da conta de luz pode levar à redução do consumo em áreas de baixa renda.

Em relação às torneiras internas, percebeu-se que a família da casa G que realizava atividades econômicas como fabricação e venda de alimentos, pode-se observar um volume médio e vazão maiores em comparação com as demais casas, o que pode ser atribuído a processos extras de cocção e limpeza devido às atividades extras. As vazões de torneiras internas em todas as residências estão entre 1,2 e 2,4 L/min. Seis das sete residências (A, B, D, E, F e G) exibem uma duração mediana de menos de 20 s para esse aparelho. A família da casa C, que confirmou o hábito de não fechar a torneira durante a lavagem da louça, é a única a ter uma duração mediana de uso, de 30 segundos. Esse resultado mostra que não fechar a torneira entre os usos durante uma atividade aumentou a duração média do consumo em 50 % e resultou em um dos maiores volumes médios e vazões. Esta casa também contém o maior número

de habitantes (seis), o que ocasiona em maior variabilidade dos modos de uso. Na mesma entrevista, a família da casa D confirmou que não fechava a torneira durante a lavagem da louça e que costumava usar uma vazão alta, mesmo para pequenas tarefas. Tais hábitos podem contribuir para os valores relativamente elevados observados na vazão e volume médios por uso desta casa.

As torneiras externas ou de lavanderia, na maior parte das casas, eram utilizadas para encher dispositivos semiautomáticos de lavagem (tanquinho) ou de lavagem manual (baldes). Uma máquina de lavar roupa estava presente apenas na casa D. Durante o período de estudo apenas as vazões das torneiras externas nas casas E e F foram medidas e suas vazões médias foram 2,4 e 5,4 L/min, respectivamente. As durações médias de uso foram 30 s e 65 s para as casas E e F, respectivamente, que são mais longas do que a maioria das durações de uso das torneiras internas, isso pode ter relação com os tipos de uso desses dispositivos (por exemplo, encher um balde ou lavar roupas, que geralmente são usos mais longos do que os feitos em pias de cozinha e lavatórios).

As variações mencionadas acima levam a uma maior probabilidade de erros de classificação com base na sobreposição de séries temporais de consumo de água. Em relação ao uso dos aparelhos, sabe-se que os hábitos de cada família influenciam significativamente no volume e na vazão por uso. Hábitos pessoais, como fechar a torneira ao ensaboar ou abrir uma torneira com vazão menor, também impactam o consumo. Ao comparar os resultados entre a Figura 14 e a Tabela 2, pode-se observar um impacto significativo nos valores de consumo final causado por esses fatores. Por exemplo, a casa D, que possui apenas dois moradores, teve um consumo total superior a uma casa com três moradores (casa C) e as casas com atividades econômicas que utilizam água (A e G), em decorrência de diferenças de hábitos pessoais.

6.2.4 Estudo comparativo entre a classificação com TW-Class e SF-Class

Na comparação dos resultados da classificação fornecida pelos dois métodos, aproximadamente 34,3 % das ocorrências foram classificadas igualmente, correspon-

dendo a 33,8 % do volume de água (tendo a classe SF como referência de classificação), sendo considerada uma taxa de compatibilidade relativamente baixa entre as técnicas. As Tabelas 3 e 4 apresentam as percentagens de correspondência por casa e equipamento em termos de eventos e volumes consumidos. Para a torneira externa, a casa E foi classificada de forma completamente oposta ao Trace Wizard[®], possivelmente devido a falhas na elaboração do *template*, enquanto 45 % dos eventos da casa F foram classificados corretamente, correspondendo a 57 % do volume consumido. As torneiras internas exibem correspondência correta entre os métodos em geral, porém para a casa C, a correspondência é de apenas 46 %, respondendo por apenas 23 % do volume consumido. Nesta casa havia duas famílias, uma na casa principal e outra na casa secundária. Portanto, havia duas torneiras de cozinha e duas torneiras de lavatório. Conseqüentemente, a variabilidade desses aparelhos era maior, o que contribuía para as dificuldades de classificação do TW-*class*. Constatamos que as torneiras internas, nessa casa, costumavam ser classificadas erroneamente como chuveiros, o que pode ser atribuído ao fato de os moradores não fecharem as torneiras durante a lavagem da louça, conforme mencionado anteriormente.

Em relação aos chuveiros, para eventos nas casas A e B, os métodos não apresentam correspondência. Para a casa A, a primeira posição no *template* foi ocupada pelo chuveiro, o que permitiu que mais utilizações fossem incluídas neste evento. Além disso, o chuveiro teve uma restrição de duração de 90 s, o que reduziu a exclusividade das características do chuveiro para esta casa.

As casas E e F apresentam valores acima de 70 % (para eventos e volume consumido) e as casas C, D e G apresentam valores baixos por evento, com percentuais de volume acima de 50 %. Em relação aos banheiros, nas casas E, F e G, os percentuais de volume são superiores a 70 %, enquanto a casa A apresenta um percentual muito baixo.

O TW-*class* contém algumas classificações erradas, como alguns usos do chuveiro sendo rotulados como usos de bacia sanitária, com base na hierarquia do modelo. Também houve erros de classificação entre bacias sanitárias e torneiras internas e entre chuveiros e torneiras internas nos casos de eventos de curta duração. Além disso, houve eventos simultâneos que foram reconhecidos como eventos únicos.

De uma perspectiva comportamental, essas diferenças são refletidas nas distribuições de vazões medianas (Figura 19), volumes (Figura 20) e durações (Figura 21).

Tabela 3 - Correspondência percentual em termos de eventos únicos.

Equipamentos	A	B	C	D	E	F	G
Torneiras externas	..	...	...	...	0 %	45 %	...
Torneiras internas	80 %	98 %	46 %	95 %	94 %	81 %	92 %
Chuveiro	0 %	0 %	30 %	35 %	75 %	70 %	63 %
Bacia sanitaria	2 %	67 %	46 %	83 %	78 %	75 %	66 %

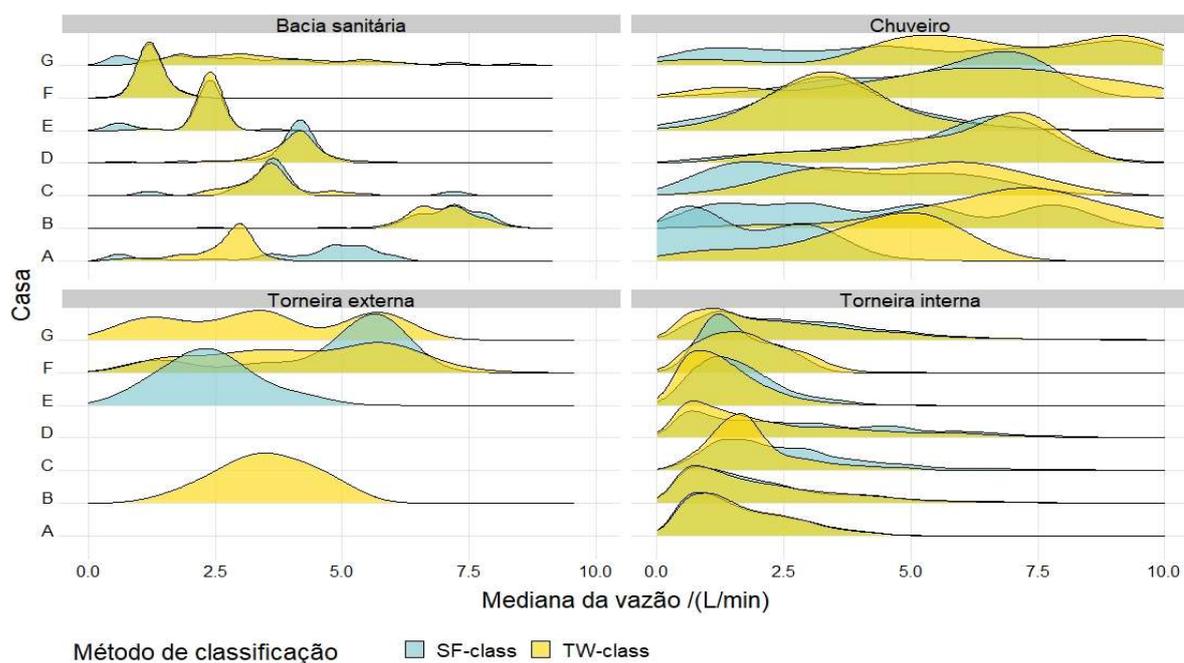
Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Tabela 4 - Correspondência percentual em termos de volume.

Equipamentos	A	B	C	D	E	F	G
Torneiras externas	..	...	...	...	0 %	57 %	...
Torneiras internas	77 %	92 %	23 %	81 %	79 %	86 %	81 %
Chuveiro	0 %	0 %	56 %	64 %	88 %	69 %	84 %
Bacia sanitaria	2 %	65 %	46 %	68 %	92 %	76 %	83 %

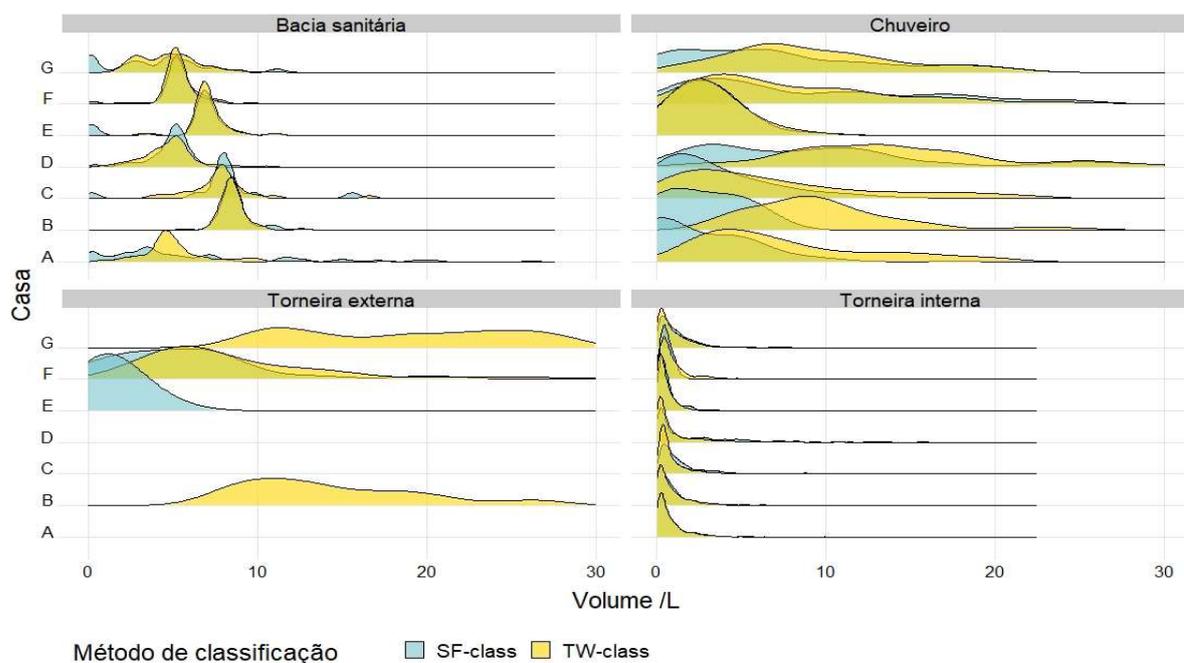
Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Figura 19 - Histogramas de vazões medianas para cada equipamento em cada casa, diferenciadas por métodos de pré-classificação.



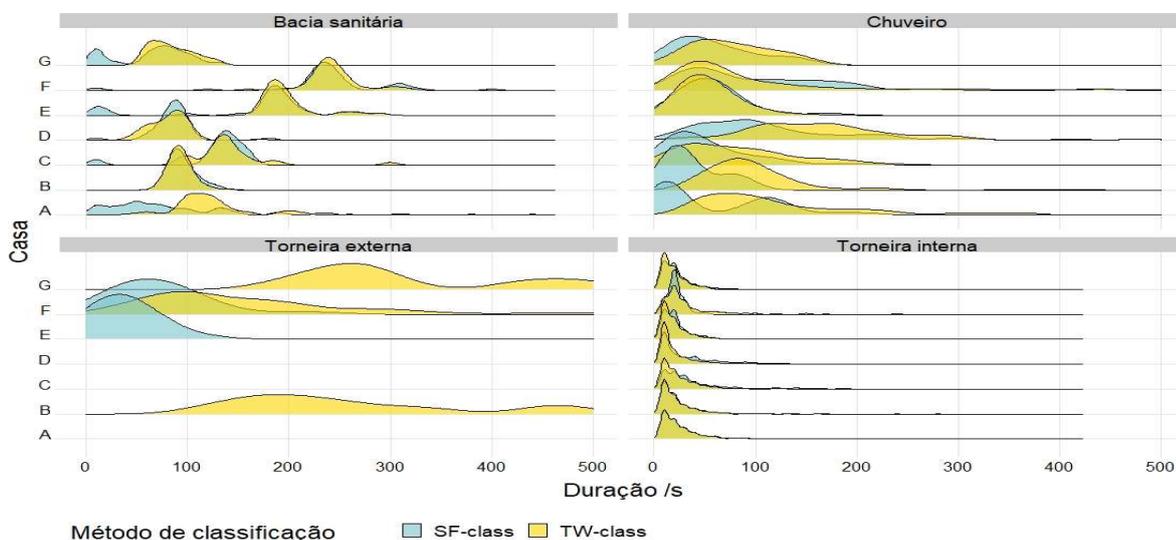
Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Figura 20 - Histogramas de volume para cada equipamento em cada casa, diferenciados por métodos de pré-classificação.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Figura 21 - Histogramas de duração para cada equipamento de cada casa, diferenciados por métodos de pré-classificação.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Em relação à torneira externa (Figuras 19, 20 e 21), conforme mencionado anteriormente, apenas as torneiras das casas E e F foram medidas pelos sensores. Nas demais residências, os parâmetros foram obtidos com base no balanço hídrico, pois por ficarem externas a residência, não foi possível a implantação do sensor. Portanto, apenas as duas casas acima mencionadas possuem histogramas baseados no *SF-class*. Para a casa E, o *TW-class* não reconheceu o uso deste equipamento. Quando aplicado na casa F, o valor mediano de vazão mais frequente foi de aproximadamente 6 L/min e a duração foi de aproximadamente 65 s. Em contraste, o *SF-class* exibe uma vazão mais distribuída, com uma maior incidência de valores menores e durações, distribuídas com uma mediana de aproximadamente 130 s. Em relação às torneiras internas, houve uma correspondência significativa entre os métodos para todas as casas.

Com relação às vazões medianas do chuveiro (Figura 19), para a casa A, a classificação foi oposta ao obtido pelo sensor de fluxo, com apenas uma pequena área de convergência, isso pode ter ocorrido devido a variabilidade esperada para o uso do chuveiro nessa casa, que também o utilizava com a finalidade de lavar roupas, dificultando a classificação. Além disso, observou-se que a classificação da bacia sanitária

dessa casa também teve o comportamento de perfis opostos entre os dois métodos de classificação, indicando que as vazões para esses aparelhos (chuveiro e bacia sanitária) possam ter sido confundidas. A análise do chuveiro da casa B foi comprometida pela pequena quantidade de dados (quatro eventos). Com relação aos chuveiros das casas C e G os erros foram maiores para os menores valores de vazão, essas geralmente são confundidas pelo software pelos usos de torneiras internas, que também tem essa característica de baixas vazões. Para os chuveiros das casas D e E houve uma correspondência muito boa entre os métodos. E a casa F apresentou um achatamento da curva maior que o apresentado pelo sensor de fluxo, indicando que havia uma área de maior concentração de vazões correspondentes ao modo de uso do chuveiro mais frequente da família.

Ainda analisando a Figura 19, observando os usos de bacia sanitária, com exceção da casa A, as demais residências apresentaram boa correspondência entre os dois métodos. Apenas para as vazões menores, observadas para as casas G e E não foram classificadas corretamente por terem sido confundidas com usos predominantemente de baixas vazões como torneiras internas.

A observação da Figura 20 mostra que para a casa A, não houve a classificação oposta do volume entre os métodos de classificação nem para o chuveiro nem para a bacia sanitária, como ocorreu para a vazão. Isso pode ter ocorrido pois apesar de terem sido confundidos usos de bacia com chuveiro, ambos têm volumes parecidos. Foi observado também que para a casa A, B, C, D e G os usos de chuveiro com menor volume foram classificados de forma errada, o não reconhecimento dos volumes baixos de chuveiro ocorrem pela mesma razão que ocorreu para a vazão, esses usos são confundidos com pia da cozinha. Para essas mesmas casas a análise da Figura 21 mostra que também existe a não correspondência para os usos mais curtos de chuveiro, o que ocorre devido a esses serem classificados como torneiras internas.

Por fim, as análises das Figuras 19, 20 e 21 mostram que os chuveiros foram uns dos equipamentos que mais mostraram diferenças na pré-classificação. Logo, conclui-se que os usos de chuveiro classificados utilizando o *Trace Wizard*® tendem a ter maiores vazões, volumes e durações, sendo que os usos menores, que podem ocorrer por

exemplo ao enxaguar uma peça de roupa, ou apenas para lavar o pé, são classificados como torneiras internas. Essas classificações equivocadas não influenciaram os gráficos de torneiras internas, que mostraram grande correspondência entre os métodos de pré-classificação, pois foram poucos eventos em comparação com o número de eventos de usos de torneiras internas registrados durante a semana investigativa.

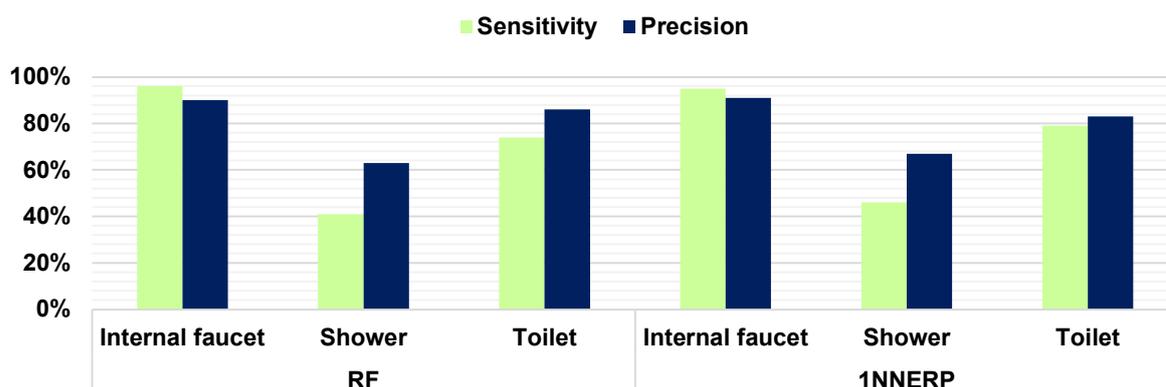
6.3 MODELOS MATEMÁTICOS PARA AVALIAÇÃO DA ETAPA DE PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS

6.3.1 Testes iniciais da qualidade dos modelos

A precisão do modelo RF foi de 87 % em termos de eventos e 80 % para o volume consumido. O modelo 1NNERP alcançou precisão de 88 % para eventos e 85 % para volume consumido. Quando o algoritmo 1NNERP não conseguia chegar a uma conclusão sobre um determinado evento (não classificando ou apresentando mais de uma resposta possível), o RF era usado para resolver o problema (o algoritmo RF era usado ocasionalmente).

Em geral, ambos os modelos mostraram a capacidade de classificar os dados com precisão (Figura 22) e (Figura 23), visto que os valores apresentados em geral tiveram altas porcentagens de acerto. O desempenho dos modelos é melhor observado analisando-se o percentual do volume consumido corretamente identificado; este é o fator mais relevante, visto que a intenção futura é poder obter informações de classificação, que serão pertinentes visto que caracterizam a maior parte do consumo.

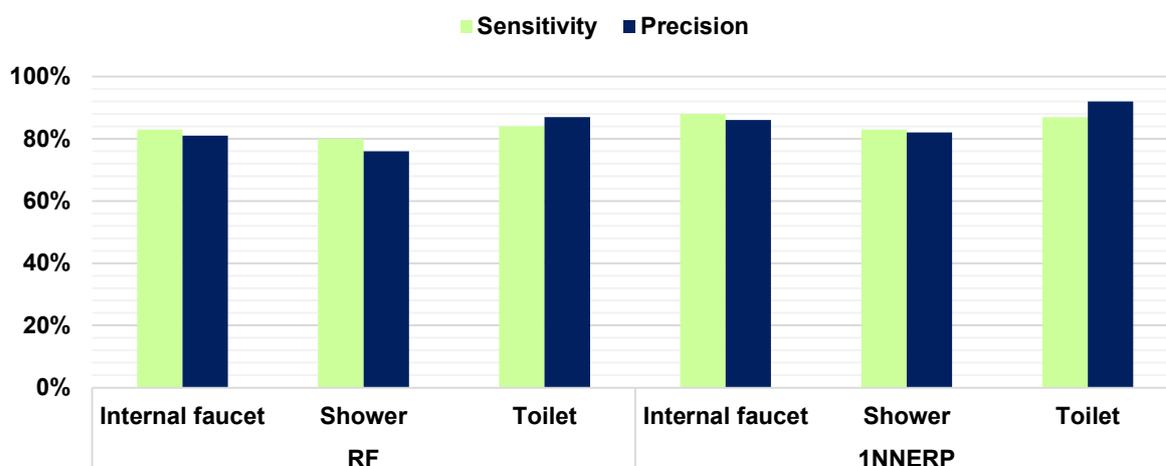
Figura 22 - Precisão geral e sensibilidade por aparelho hidráulico em termos de eventos para modelos RF e 1NNERP.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Em termos de volume consumido, a capacidade de classificação de ambos os modelos foi excelente (Figura 23), o que mostra que os eventos classificados incorretamente foram aqueles com volumes inferiores. As torneiras internas, que foram os equipamentos mais utilizados, renderam altos valores de medida estatística para ambos os modelos, em termos de eventos (Figura 22). Além disso, os banheiros foram bem classificados em ambos os modelos; entretanto, as medidas estatísticas para chuveiros foram médias; mas, como dito anteriormente, o maior volume consumido foi classificado corretamente tornando os modelos confiáveis.

Figura 23 - Precisão geral e sensibilidade por dispositivo de fixação para modelos RF e 1NNERP. Em termos de volume consumido.



Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Além da otimização do algoritmo, também foram consideradas outras melhorias para otimizar a classificação, como a pré-seleção de equipamentos hidráulicos com base na hora do dia, dia da semana, volume e duração. Nenhum desses métodos pareceu ter efeito na precisão da classificação. Wonders *et al.* (2016) sugeriram aumentar o tamanho do banco de dados sintetizando séries temporais, mas a síntese seria excessivamente complexa, com base na variabilidade dos tipos de uso.

6.3.2 Testes finais dos modelos

Todas as análises foram realizadas com base na precisão e sensibilidade calculadas a partir de matrizes de confusão. Matrizes foram construídas para todas as residências, mas devido ao número de matrizes, elas não são apresentadas nesse trabalho. Esses resultados foram apresentados em tabelas.

6.3.2.1 Torneiras internas

Em termos de sensibilidade (Tabela 5), todas as casas, exceto a casa C, tiveram mais de 80 % dos eventos e do volume consumido corretamente classificados pelos modelos 1NNERP e RF.

Tabela 5 - Resultados de precisão e sensibilidade por casa em termos de volume e número de eventos para torneiras internas. Os números entre parênteses indicam o potencial máximo dos modelos.

Casa	Modelo	(Precisão) Eventos	(Sensibilidade) Eventos	(Precisão) Volume	(Sensibilidade) Volume
A	RF	85,0 % (99,6)	97,4 % (99,8)	92,3 % (99,3)	89,9 % (99,5)
	1NN-ERP	85,1 % (100,0)	96,9 % (100,0)	93,3 % (100,0)	88,8 % (100,0)
B	RF	99,1 % (100,0)	98,9 % (100,0)	97,0 % (100,0)	94,0 % (100,0)
	1NN-ERP	99,1 % (100,0)	98,9 % (100,0)	97,0 % (100,0)	94,0 % (100,0)
C	RF	82,8 % (98,9)	84,2 % (99,8)	76,5 % (99,1)	43,6 % (99,9)
	1NN-ERP	82,4 % (99,1)	84,2 % (99,8)	75,1 % (99,4)	43,2 % (99,9)
D	RF	88,8 % (99,8)	95,3 % (100,0)	73,3 % (99,4)	80,7 % (100,0)
	1NN-ERP	89,1 % (99,9)	95,3 % (100,0)	73,5 % (99,9)	80,7 % (100,0)
E	RF	89,1 % (99,2)	94,7 % (99,9)	83,0 % (98,0)	79,1 % (99,4)
	1NN-ERP	89,7 % (99,7)	95,1 % (100,0)	84,7 % (99,4)	80,2 % (100,0)
F	RF	78,2 % (100,0)	100,0 % (100,0)	60,8 % (100,0)	100,0 % (100,0)
	1NN-ERP	79,6 % (100,0)	100,0 % (100,0)	64,9 % (100,0)	100,0 % (100,0)
G	RF	96,6 % (99,8)	96,3 % (100,0)	96,2 % (99,6)	85,5 % (100,0)

Casa	Modelo	(Precisão) Eventos	(Sensibilidade) Eventos	(Precisão) Volume	(Sensibilidade) Volume
	1NN-ERP	96,7 % (99,9)	96,3 % (100,0)	96,5 % (99,9)	85,5 % (100,0)

Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Este comportamento é esperado, considerando que a análise indica que houve uma correspondência significativa entre os métodos de pré-classificação para este tipo de equipamento. A Casa C exibiu uma porcentagem baixa para classificação de volume porque a torneira interna foi classificada erroneamente como um chuveiro, visto que como os moradores tinham costume de tomar banho muito rápidos, o tempo de uso curto e a vazão um pouco mais elevada de uma torneira, poderiam facilmente ser confundidas com o chuveiro.

Em termos de precisão (Tabela 5), tanto os modelos RF quanto 1NNERP foram capazes de identificar corretamente mais de 70 % dos eventos atribuídos às torneiras internas. Para a casa F, a precisão de 78 %, em termos de eventos, correspondeu a 60 % do volume. Isso porque os modelos consideraram eventos curtos de consumo que, na verdade, correspondiam a outros aparelhos.

6.3.2.2 Chuveiros

Em termos de sensibilidade (Tabela 6), em comparação com as torneiras internas, o percentual de eventos classificados com precisão foi menor. As porcentagens de eventos foram muito baixas para as casas A, C e D; as porcentagens de volume foram maiores porque os usos mais longos foram classificados corretamente. Para a casa A, conforme esperado, com base em nossa análise anterior, quase nenhum dos eventos foi identificado corretamente.

Tabela 6 - Resultados de precisão e sensibilidade por casa em termos de volume e número de eventos para chuveiros. Os números entre parênteses indicam o potencial máximo dos modelos.

Casas	Modelo	(Precisão) Eventos	(Sensibilidade) Eventos	(Precisão) Volume	(Sensibilidade) Volume
A	RF	0,0 % (100,0)	0,0 % (94,4)	0,0 % (100,0)	0,0 % (96,1)

Casas	Modelo	(Precisão) Eventos	(Sensibilidade) Eventos	(Precisão) Volume	(Sensibilidade) Volume
C	1NN-ERP	0,0 % (100,0)	0,0 % (100,0)	0,0 % (100,0)	0,0 % (100,0)
	RF	43,3 % (98,7)	39,4 % (93,8)	36,1 % (99,9)	66,3 % (99,3)
	1NN-ERP	43,1 % (98,7)	37,9 % (95,1)	35,7 % (99,9)	64,4 % (99,5)
D	RF	79,2 % (100,0)	37,3 % (96,7)	84,9 % (100,0)	67,7 % (99,2)
	1NN-ERP	79,2 % (100,0)	37,3 % (98,3)	84,9 % (100,0)	67,7 % (99,8)
E	RF	47,5 % (98,5)	67,9 % (91,5)	51,7 % (99,1)	84,2 % (96,7)
	1NN-ERP	51,2 % (100,0)	75,0 % (97,2)	53,5 % (100,0)	87,8 % (99,1)
F	RF	76,7 % (93,9)	71,7 % (98,6)	83,8 % (96,5)	71,0 % (96,6)
	1NN-ERP	79,1 % (100,0)	73,9 % (100,0)	84,7 % (100,0)	71,6 % (100,0)
G	RF	89,7 % (98,1)	62,5 % (87,9)	92,5 % (97,9)	90,2 % (94,6)
	1NN-ERP	92,7 % (100,0)	67,9 % (98,3)	95,1 % (100,0)	93,4 % (99,9)

Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

Em termos de precisão, ambos os modelos foram capazes de identificar corretamente a maioria dos eventos para as casas D, F e G. Para as casas A, C e E, a precisão foi relativamente baixa. Essas análises são válidas para ambos os modelos porque exibiram respostas semelhantes.

6.3.2.3 Bacias sanitárias

Em termos de sensibilidade (Tabela 7), as descargas das bacias sanitárias apresentaram desempenho significativo, tanto para o volume quanto para o número de eventos em relação às torneiras e chuveiros internos. Para a casa A, os resultados foram insatisfatórios, conforme o esperado, visto que nessa casa os perfis de bacia e chuveiro foram confundidos, erro que pode ter ocorrido durante a elaboração do *template* durante o uso do software de classificação. Para a casa G, a bacia sanitária foi classificada incorretamente como uma torneira interna (em termos de precisão). Para esta casa, a descarga de um dos vasos sanitários foi improvisada com a utilização de um balde d'água, cheio por torneira, o que pode ser o motivo da confusão da bacia com a torneira. Para a casa B, houve uma classificação de 100% para precisão, mostrando que há uma alta confiabilidade na resposta do modelo, tanto de eventos como de volumes, no entanto o valor de sensibilidade foi menor, o que indica que houve um percentual de eventos classificados erroneamente, principalmente no modelo 1NN-ERP. Em geral, os resultados da classificação para as outras casas foram adequados.

Novamente, essas análises são relevantes para ambos os modelos, porque exibiram respostas semelhantes.

Tabela 7 - Resultados de precisão e sensibilidade por casa em termos de volume e número de eventos de descargas de bacias sanitárias. Os números entre parênteses indicam o potencial máximo dos modelos.

Casas	Modelo	(Precisão) Eventos	(Sensibilidade) Eventos	(Precisão) Volume	(Sensibilidade) Volume
A	RF	1,4 % (95,6)	2,0 % (97,8)	1,8 % (96,2)	2,4 % (99,2)
	1NN-ERP	1,3 % (100,0)	2,0 % (100,0)	1,8 % (100,0)	2,4 % (100,0)
B	RF	100,0 % (82,8)	82,2 % (96,4)	100,0 % (82,6)	79,9 % (95,1)
	1NN-ERP	100,0 % (100,0)	68,9 % (100,0)	100,0 % (100,0)	67,8 % (100,0)
D	RF	73,2 % (100,0)	88,2 % (98,4)	70,7 % (100,0)	93,8 % (99,1)
	1NN-ERP	73,8 % (100,0)	91,2 % (100,0)	71,0 % (100,0)	95,4 % (100,0)
E	RF	97,1 % (100,0)	80,5 % (100,0)	98,6 % (100,0)	94,7 % (100,0)
	1NN-ERP	97,1 % (100,0)	80,5 % (100,0)	98,6 % (100,0)	94,7 % (100,0)
F	RF	100,0 % (100,0)	89,3 % (100,0)	100,0 % (100,0)	92,8 % (100,0)
	1NN-ERP	100,0 % (100,0)	87,5 % (100,0)	100,0 % (100,0)	91,2 % (100,0)
G	RF	46,9 % (97,0)	68,2 % (99,2)	48,7 % (96,2)	82,4 % (98,2)
	1NN-ERP	49,2 % (100,0)	70,5 % (100,0)	52,5 % (100,0)	88,8 % (100,0)

Fonte: Adaptado de Oliveira-Esquerre *et al.* (2021).

6.4 ANÁLISES QUALITATIVAS – AVALIAÇÃO DAS ENTREVISTAS ATRAVÉS DOS MODELOS CONCEITUAIS

6.4.1 Análise das entrevistas com base no modelo conceitual de racionalização do consumo

6.4.1.1 Lavagem de roupas

O processo de lavagem de roupas começa com a **percepção da roupa como suja**, o que varia de família para família. Em alguns lares, as roupas são consideradas sujas se usadas apenas uma vez; em outros, as roupas são usadas várias vezes antes de serem lavadas. Informações obtidas pela equipe participante do projeto rede no Paraná (SANTOS; DAROS, 2014) mostraram que as famílias consideram a roupa suja quando apresentam cheiro ou manchas de sujeira, como terra ou resíduos de comida.

A classificação das roupas como “sujas” pode estar relacionada ao método de lavagem e à frequência de uso. Para famílias cujas roupas não estão muito sujas, o método de lavagem manual, por exemplo, pode influenciar a família a usar a roupa mais vezes antes de lavar, para reduzir o trabalho ou economizar dinheiro na conta de água. Nas famílias em que a roupa está mais suja, devido ao trabalho ou características pessoais (p.ex.: suor), o uso de roupa mais de uma vez pode tornar o serviço de lavagem ainda mais pesado; portanto, as famílias podem optar por usar a roupa apenas uma vez, mesmo na lavagem à mão; isso ocorreu na casa A. Para o método de lavagem mecanizada, se a roupa não se suja facilmente, as mesmas peças de roupa podem ser usadas mais de uma vez para economizar água e energia, como na casa D.

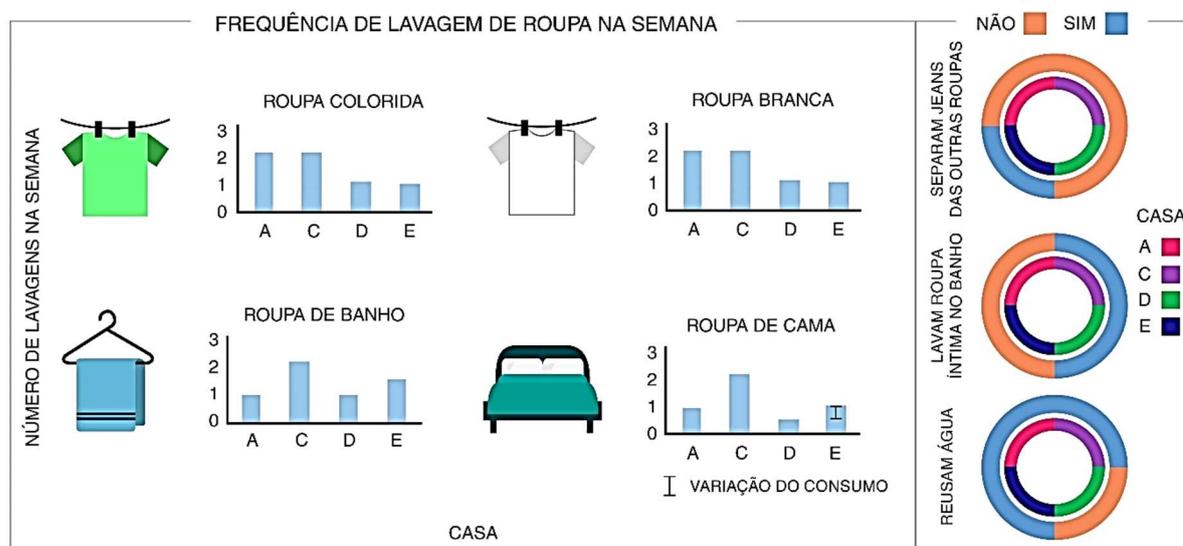
Se mais roupas são lavadas devido à maior ou menor facilidade do método de lavagem, ou mesmo ao desejo de economizar na conta de água e energia, este pode ser considerado o consumo efetivo desejado, pois não atende a uma necessidade fisiológica, mas sim a um desejo de tornar o trabalho mais fácil ou economizar dinheiro. Além disso, quando a frequência das lavagens é motivada por uma demanda fisiológica, como, por exemplo, quando as roupas são lavadas com mais frequência por características pessoais, como suor excessivo, o consumo pode ser definido como efetivo necessário, por estar associado à higiene e saúde. Do contrário, quando motivado por uma convenção social, o consumo pode ser definido como efetivo desejado, limitando a possibilidade de sugestões de redução do consumo.

A próxima etapa no processo de lavagem de roupas é o acúmulo de roupa e a separação por tipo. Conforme mostrado na Figura 24, o processo de acúmulo de roupas foi realizado em todas as residências. Essas roupas são separadas em roupas de cama e banho e roupas brancas e coloridas, variando por família e refletindo o risco de manchar ou danificar as peças, a mesma tendência de separação das roupas foi encontrada no trabalho de Santos e Daros (2014). A frequência de lavagem varia de 0,5 vezes por semana a duas vezes por semana. De acordo com as observações, o volume de roupas de cada família (diretamente relacionado ao seu tamanho e poder de compra) e o clima são os fatores que influenciam o acúmulo de roupas. Quando o tempo está chuvoso, há maior acúmulo de roupas, e quando está mais quente e a sudorese aumenta, as roupas ficam mais sujas mais rápido (vale para roupas, lençóis e toalhas de banho).

Se o método de lavagem for mecanizado, o processo de acúmulo de roupas também é importante, pois a maioria dos equipamentos tem **menor eficiência quando operam com cargas baixas**, pois o volume de água utilizado é o mesmo, mas a quantidade de roupas é menor. A separação das roupas por cor ou tipo, por outro lado, responde a um desejo de melhor conservá-las e, assim, passa a fazer parte do consumo desejado.

O trabalho de Santos e Daros (2014) citou o próximo passo da lavagem após a separação por cor, que seria a preparação para a lavagem, que seria uma etapa em que as roupas com sujeira mais intensa são esfregadas e colocadas de molho, essa etapa foi observada na casa A que faz lavagem manual, na casa C, que relatou deixar as roupas de molho, mas nas casas D e E não há essa preparação, sendo colocadas as roupas diretamente no tanquinho no caso da casa E e na máquina na casa D.

Figura 24 - Hábitos de lavagem de roupa na semana.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

A Figura 24 mostra que a casa C apresentou a maior frequência geral de lavagem de roupas, provavelmente devido ao maior número de habitantes (6). A Casa D teve a menor frequência de lavagem porque os residentes tinham o hábito de usar roupas mais de uma vez antes de lavar; era também a única casa com máquina de lavar.

O **uso do chuveiro para lavar a roupa íntima** durante o banho foi relatado nas casas C e D; isso não era um hábito nas casas A e E. Lavar a roupa íntima durante o banho aumenta o tempo do banho e, como o chuveiro é um aparelho de alta vazão, essa ação pode resultar em maior consumo do que se a roupa íntima fosse lavada com uma torneira de tanque, por exemplo. Do ponto de vista do morador, esta atividade é realizada para atender a um consumo desejado porque otimiza o tempo, já que a pessoa adianta a lavagem da roupa enquanto está no banho; entretanto, dependendo da dispersão do jato de água do chuveiro e da forma como o residente executa a ação, pode ser considerado um desperdício.

A moradora da Casa A lavava todas as roupas, incluindo roupas íntimas, no chuveiro, e não no banho. Usavam o chuveiro dessa forma porque não possuíam máquina de lavar ou “tanquinho” para lavar roupas e não usavam torneira externa (comunitária), a lavagem era realizada em baldes, o que evitava a perda de água, considerando a dispersão da água no chuveiro; porém, observou-se que esse **processo não era ergonômico**, o que poderia acarretar maiores gastos com água. A posição desconfortável dificultava a abertura e o fechamento do dispositivo, favorecendo que a torneira ficasse aberta durante todo o processo. Uma sugestão de melhoria seria usar um suporte para elevar o nível do balde/bacia.

A família da casa A, que é a única que lava as roupas manualmente, detalhou o processo de lavagem: neste, o balde é enchido com água e é adicionado sabão e alvejante onde as roupas brancas ficam um tempo de molho, depois são enxaguadas e são colocadas novamente no sabão. As roupas coloridas são colocadas de molho no sabão do segundo ciclo das roupas brancas e são enxaguadas. Nas roupas *jeans*, após o molho se passa uma escova para tirar o excesso de sujeira e depois é feito o enxágue.

Com base nos dados da semana de investigação, descobriu-se que o volume usado para a lavagem manual na casa A foi de aproximadamente 66 L/lavagem, com grande parte dessa água sendo reutilizada para outros fins. O volume por uso na casa D (que possui uma máquina de lavar) é de aproximadamente 100 L/lavagem. Com base na frequência de uso declarada pelos moradores, no volume por lavagem e no número de moradores, foi determinado que a casa A consome 9,5 L/pessoa/dia e a casa D

10,8 L/pessoa/dia. Os valores similares para essas residências são aproximadamente o dobro do valor mínimo recomendado para essa atividade (5L/pessoa/dia), conforme Inocencio, Padilla e Javier (1999). Esse resultado também indica que **há pouca diferença no volume utilizado na lavagem manual da roupa ou na máquina de lavar** nessas casas, o que pode indicar que o consumo predominante para lavar roupa nessas residências é o consumo necessário, lembrando que se trata de uma constatação pontual para estas duas residências e que não necessariamente refletem um comportamento mais geral, mais amplo, o qual possa ser tomado como uma tendência. Durante a semana de investigação, nenhum uso de torneira externa (usada para encher o tanquinho) foi registrado nas casas C e E; mas, durante o período de monitoramento mais longo, foi descoberto que o uso da torneira externa na casa E foi de 12,4 L/pessoa/dia; não houve registro para a casa C.

Em geral, foram desenvolvidas as seguintes sugestões para melhor aproveitamento da água:

- a) Casa A: A torneira externa desta casa era compartilhada e estava com defeito durante o período de medição. Se o chuveiro fosse usado por causa do defeito, uma alternativa seria consertar a torneira; se o uso do chuveiro fosse devido ao desconforto do residente em dividi-lo com o vizinho, uma alternativa seria instalar uma torneira no box em altura adequada ao hábito do residente de lavar roupa e encher baldes.
- b) Casas C e D: cuidados dos moradores para reduzir o consumo excessivo de água, como desligar o chuveiro ao se ensaboar e o uso de modelo de chuveiro com baixa dispersão, podem melhorar a atividade de lavar roupas íntimas no chuveiro.
- c) Casa D: A água final descarregada da máquina de lavar pode ser usada para outros fins, como descarga de vasos sanitários e limpeza da área externa.

6.4.1.2 Limpeza das residências

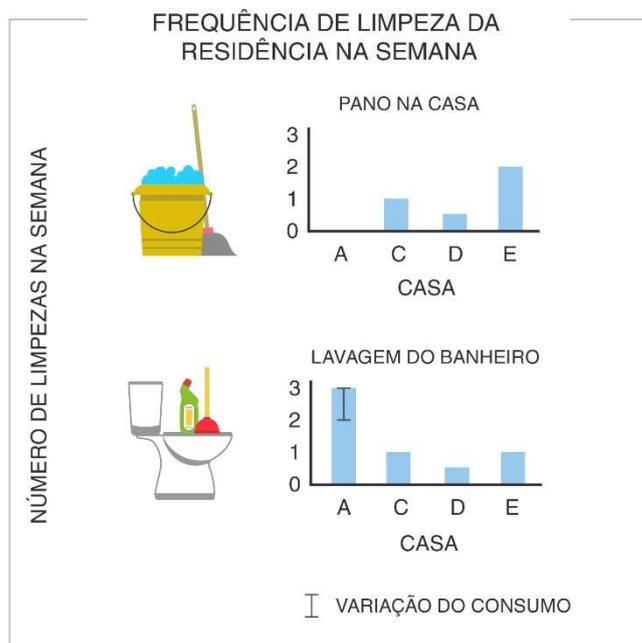
O **reaproveitamento da água de outros processos**, como a utilização do descarte de água da lavagem de roupas como insumo para as atividades de limpeza, apresenta uma oportunidade de consumo racional. Além da reutilização, o consumo racional pode ser derivado da preocupação dos moradores em manter o ambiente limpo, evitando assim a alta recorrência da atividade de limpeza das residências.

Embora não seja uma prática comum no Brasil, **tirar os sapatos antes de entrar em casa pode reduzir a necessidade de limpeza**; portanto, a água extra necessária para limpeza da residência, por circular com calçado sujo dentro de casa, pode ser considerada um desperdício. Já a limpeza da casa para atender às questões de higiene pode ser considerada um consumo efetivo necessário, e o atendimento a convenções sociais pode ser considerado um consumo efetivo desejado.

As principais perguntas sobre este assunto na entrevista foram sobre a frequência da limpeza e o tipo de limpeza, e algumas casas descreveram o processo em detalhes. Todas as famílias relataram que limpavam o banheiro com água e sabão pelo menos uma vez a cada 15 dias. Devido ao tipo de piso da casa A (cimento batido), essa era apenas varrida no momento da limpeza. Na casa C, o processo de limpeza consistia em limpar as superfícies, varrer e usar pano úmido; ocasionalmente, água era jogada no chão da casa. A diferença na casa D é que **não era costume jogar água no chão**.

A Figura 25 mostra a frequência da limpeza da residência ao longo de uma semana, bem como os diferentes tipos de limpeza que são comumente realizados nas residências (esfregar e lavar o banheiro). A maior frequência de lavagem do banheiro foi na casa A, onde a residente reaproveitava a água da lavagem de roupas para a limpeza do banheiro. A casa C (com seis moradores) era limpa uma vez por semana. As casas D e E, ambas com dois moradores cada, tinham rotinas de limpeza muito diferentes. A casa D era limpa a cada 15 dias, enquanto a casa E era limpa diariamente com pano de chão no banheiro e duas vezes por semana no restante da casa, e o banheiro era lavado semanalmente. Apesar de ter menos moradores do que a casa C, os moradores da casa E realizavam mais limpeza; mas, por reutilizar água de outros processos, isso resultava em um consumo mais eficiente.

Figura 25 - Sistematização dos hábitos de limpeza da residência nas casas.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

O processo de limpeza começa com a percepção de que a casa está suja; essa percepção **pode estar relacionada à cor e ao tipo de piso** utilizado (por exemplo, pisos mais claros permitem a percepção de sujeira mais rapidamente). Além disso, quanto maior o número de pessoas na casa, maior a possibilidade de sujá-la, pois o aumento da circulação de pessoas acarreta uma intensificação da produção de sujeira. A poeira da via pública não era muito intensa e foi ignorada, neste caso como um fator interviniente. Todas as casas estavam em ruas pavimentadas e não havia muito tráfego na área.

Nesse caso, a principal prática de uso racional sugerida seria manter a limpeza da casa e adotar o costume de usar calçados específicos para ambientes internos, por exemplo. Além disso, os moradores deveriam continuar a reutilizar a água da lavagem de roupas para limpar a casa.

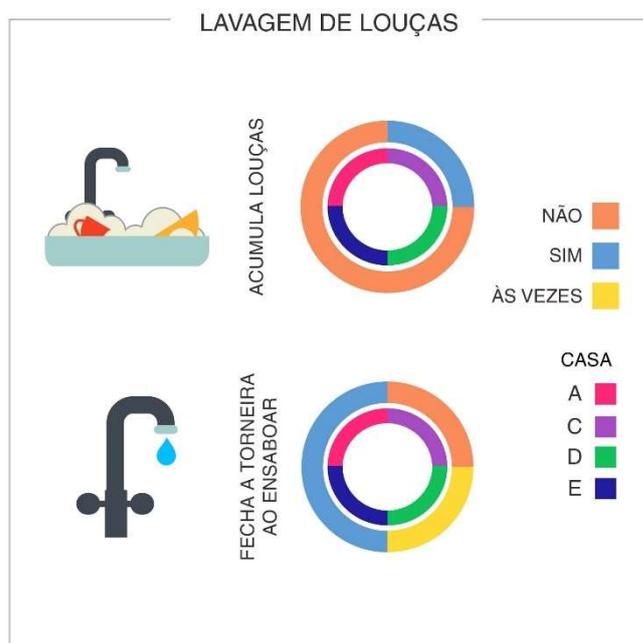
6.4.1.3 Lavagem de louças

A quantidade de pratos sujos durante o preparo e após a refeição, assim como o processo de lavagem, podem refletir desperdícios e consumos necessários/desejados. Nas casas onde os alimentos são cozidos diariamente, o que ocorria em todos os domicílios entrevistados, existe um consumo maior de água do que nas casas onde os **alimentos são cozidos semanalmente e guardados na geladeira**. Por outro lado, o cozimento diário satisfaz o desejo de comer alimentos preparados no dia e, portanto, é o consumo desejado. Nesse caso é difícil recomendar mudanças porque reflete os costumes das famílias.

As principais questões neste tópico foram se os moradores tinham o **hábito de acumular pratos e fechar a torneira enquanto se ensaboava**. Apenas a casa E descreveu todo o processo de lavagem da louça. Nessa casa, o processo de lavagem de louças começava com o uso de detergente e esponja para ensaboar a louça. Após essa etapa, os pratos ensaboados eram colocados na pia no momento do enxágue, e nesse momento a moradora fechava o ralo da pia, deixando acumular a água do enxágue, que servia para retirar o excesso de sabão dos pratos colocados dentro da pia, facilitando o enxágue. Assim, observou-se que o acúmulo de louça durante o processo de lavagem pode ser uma medida interessante para evitar um maior consumo de água. Porém, se houver o desejo de manter a pia sempre limpa, o maior consumo necessário é classificado como o consumo desejado. E pode ser considerado um desperdício deixar a torneira aberta enquanto se ensaboava a louça, porque essa atitude não satisfaz nem uma necessidade nem um desejo.

A Figura 26 mostra alguns dos hábitos das famílias entrevistadas. Apenas a família da casa C acumulava pratos; as famílias das casas C e D não fechavam a torneira ao ensaboar, e na casa D fechava pelo menos ocasionalmente.

Figura 26 - Sistematização dos hábitos de lavagem de louças nas casas.

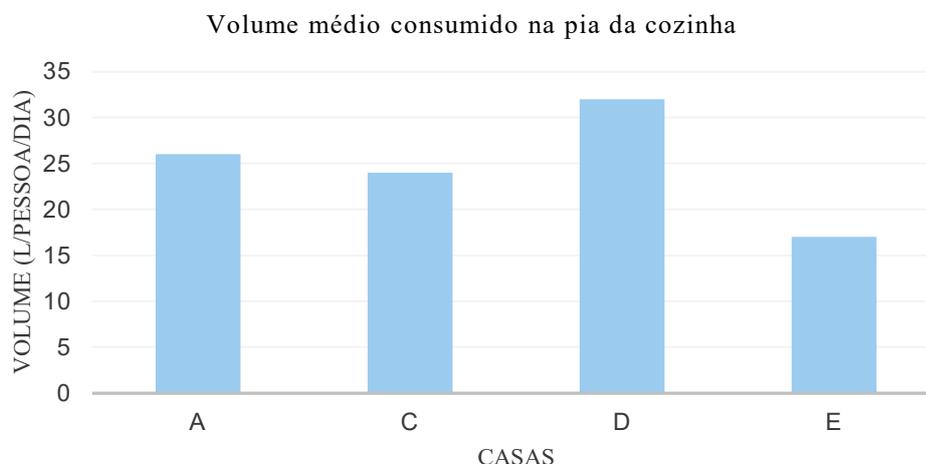


Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

A quantidade de água consumida na atividade de lavar louça e cozinhar foi calculada durante a semana investigativa pela média de todos os usos de pia de cozinha somados em cada dia monitorado (Figura 27). Foi possível separar os usos de torneiras internas em pia da cozinha apenas no período da semana investigativa, devido à presença do sensor de fluxo instalado por equipamento.

A análise dos valores mostra que as casas com maior consumo são A, C e D, e esse consumo maior era esperado nas casas C e D devido ao desperdício revelado nas entrevistas (não fechavam a torneira ao ensaboar). O volume consumido na casa E é muito próximo ao valor de 15 L/pessoa/dia (GLEICK, 1996) para os volumes mínimos necessários à manutenção das condições de saúde, referente ao uso de lavar louça, cozinhar e beber, indicando que o consumo predominante para este uso nessa casa é o efetivo necessário.

Figura 27 - Consumo de água através da pia da cozinha medido na semana investigativa.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Uma das medidas para estimular o uso racional nessas casas pode ser estimular o fechamento da torneira enquanto a água não estivesse sendo utilizada, o que as famílias das casas C e D não faziam. Outra recomendação para todas as famílias seria sempre **remover o excesso de sujeira da louça antes de lavá-la**, de preferência com uma bucha lavável. Outra sugestão seria acumular a louça e lavá-la algumas vezes ao dia, colocando-a dentro da pia com o ralo fechado, de forma que a pia se encha com a água do enxágue da primeira louça lavada, e conforme as próximas fossem lavadas, essa água acumulada “amoleceria” a sujeira facilitando o processo de lavagem.

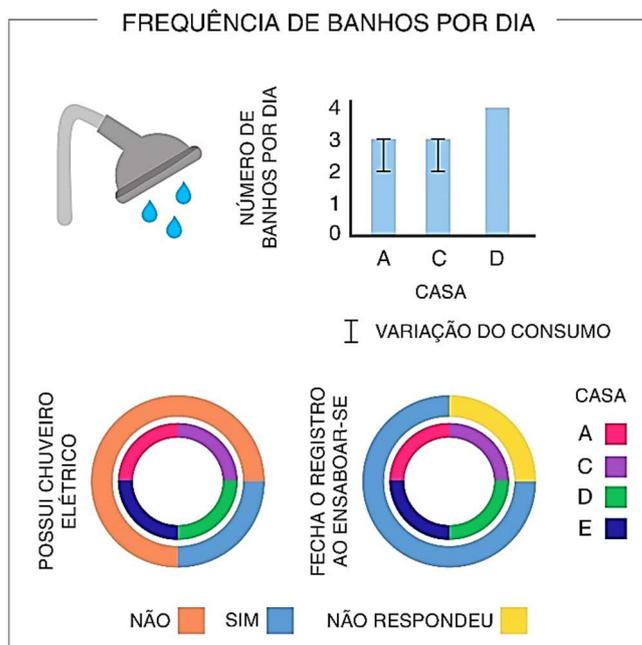
6.4.1.4 Banho

Um maior número de banhos pode ser considerado um uso necessário ou desejado dependendo do motivo: necessário quando utilizado exclusivamente para a higiene e desejado se servir a outros fins como o relaxamento.

A Figura 28 mostra o número médio de banhos por dia para a pessoa que respondeu a entrevista, bem como se essa pessoa tem o hábito de fechar a válvula do chuveiro ao se ensaboar. Os chuveiros elétricos podem levar a banhos mais longos por serem mais **confortáveis** ou banhos mais curtos para **evitar maiores gastos com eletricidade**, fator relevante dada a faixa de renda das famílias estudadas. O fato da maioria

das residências entrevistadas não possuir chuveiro elétrico pode ter contribuído para a redução do consumo. A única com chuveiro elétrico era a casa D.

Figura 28 - Sistematização dos hábitos de banho nas casas.



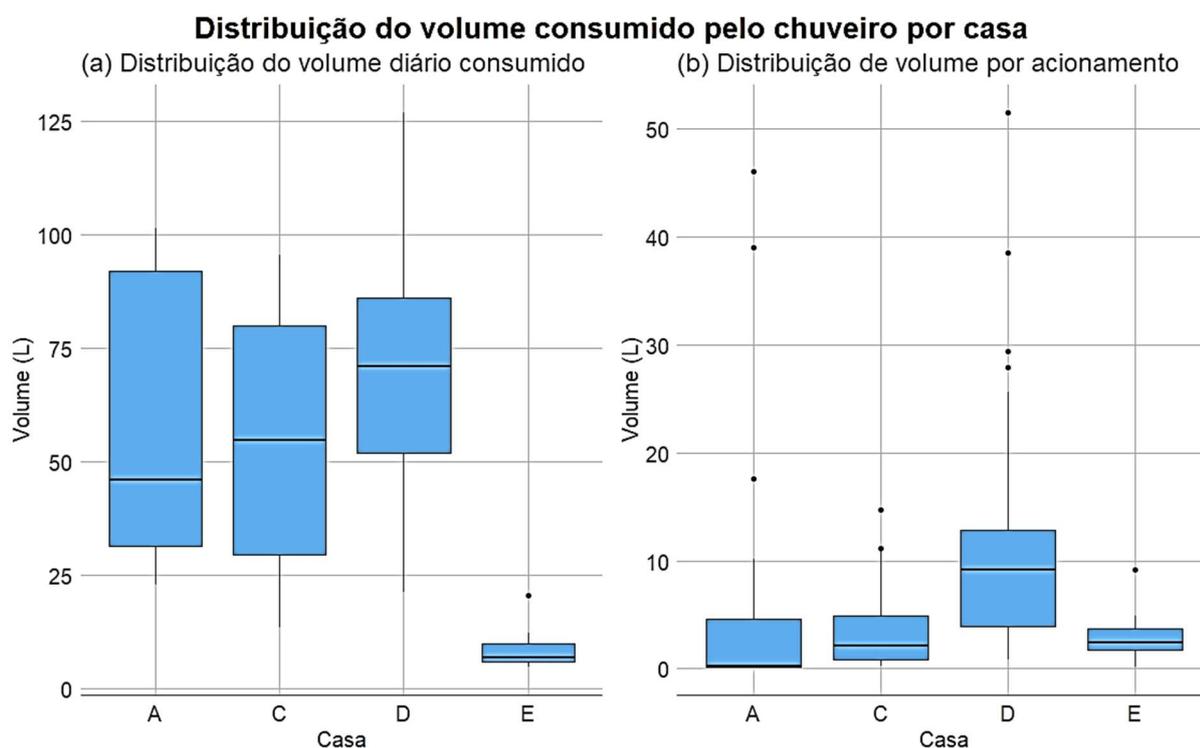
Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

O volume médio do banho na casa A foi de 22,9 L/pessoa/dia (inclui a quantidade de roupa lavada); na casa C, era de 9,1 L/pessoa/dia; na casa D, era de 35,5 L/pessoa/dia; e na casa E foi de 3,4 L/pessoa/dia, conforme dados da semana investigativa.

O lado direito da Figura 29 mostra quais casas usaram o maior volume de água por acionamento; neste caso, a casa D consumiu mais, as casas C e E tiveram medianas semelhantes e a casa A consumiu menos. Ao conectar os gráficos à direita e à esquerda é possível inferir quais casas utilizavam mais o chuveiro no dia a dia, comparando aquelas que tinham volume semelhante por acionamento. A casa C, por exemplo, tinha um consumo diário significativamente maior do que a casa E, sugerindo que a primeira acionou esse dispositivo com maior frequência do que a segunda. Isso faz sentido, visto que a Casa C tinha seis habitantes. O menor valor da mediana do con-

sumo per capita da casa C justifica-se pelo maior número de moradores. Já os menores volumes e quantidades de acionamento, além de pouca variação de consumo apresentados pela casa E, pode indicar que os moradores tomavam banho apenas para higiene e não usavam esse equipamento para nenhum outro fim.

Figura 29 - Distribuição do volume consumido por casa. O boxplot do lado esquerdo representa a distribuição diária do volume consumido; o boxplot do lado direito representa a distribuição do volume consumido por acionamento.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Segundo pesquisa de Gleick (1996), o consumo mínimo recomendado para um banho é de 15 L/pessoa/dia, variando de 5 L/pessoa/dia a 70 L/pessoa/dia. Com exceção da casa E, onde o valor foi um pouco menor, todos os valores encontrados ficaram dentro dessa faixa. A Casa C teve um dos menores volumes per capita; esse menor consumo pode estar relacionado ao número de pessoas nesta casa (6), que possui apenas dois banheiros, podendo haver filas para o banho, resultando em tempos de banho mais curtos.

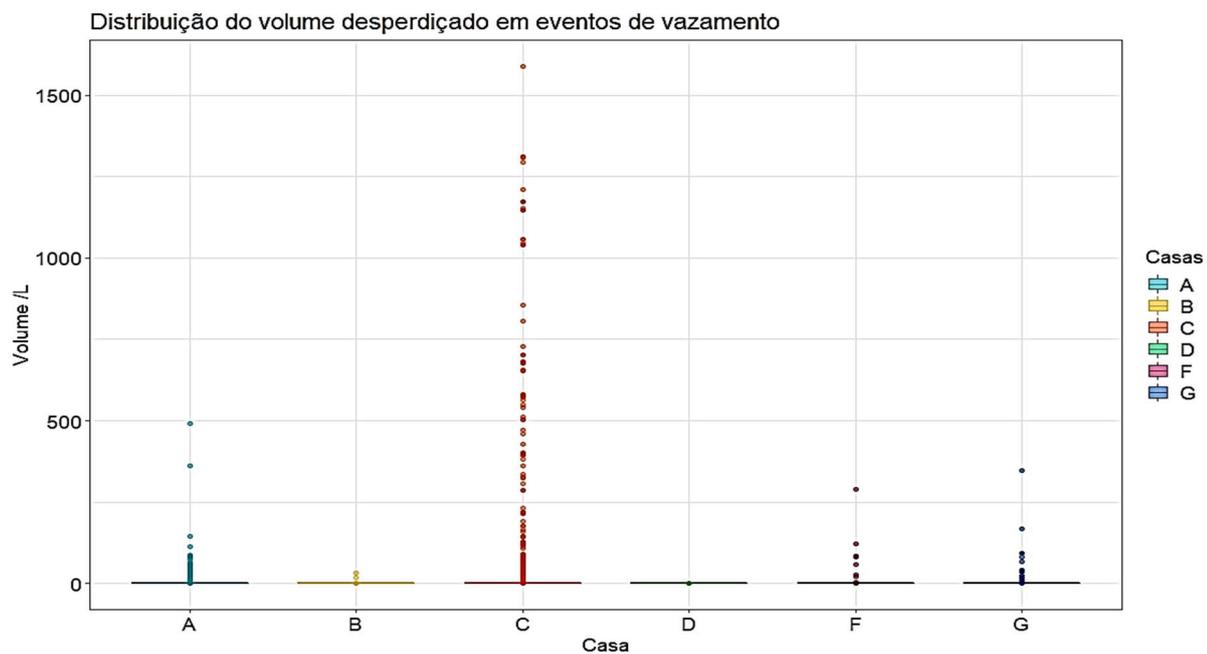
Em termos de uso racional, é recomendado que esse dispositivo seja usado exclusivamente para o banho, mas caso seja usado, por exemplo, para relaxamento, a depender das outras opções de relaxamento disponíveis para o usuário, o banho pode ser a escolha mais ambientalmente adequada. Conforme mencionado anteriormente, lavar a roupa em um aparelho com alta dispersão de água leva ao desperdício. Se o banho for uma atividade relaxante (o que parece ser o caso na casa D), os residentes podem buscar outras atividades com o mesmo propósito e com menor impacto ambiental.

6.4.1.5 Vazamentos

A **manutenção adequada da instalação predial** é um fator determinante para o uso racional da água. A manutenção periódica, realizada de forma sistemática, evita vazamentos e permite ao morador regular as vazões para níveis ideais, evitando desperdícios. No Brasil, a cultura de manutenção predial ainda é reativa, com resolução dos problemas após a ocorrência de mau funcionamento ou danos à instalação, são as manutenções corretivas.

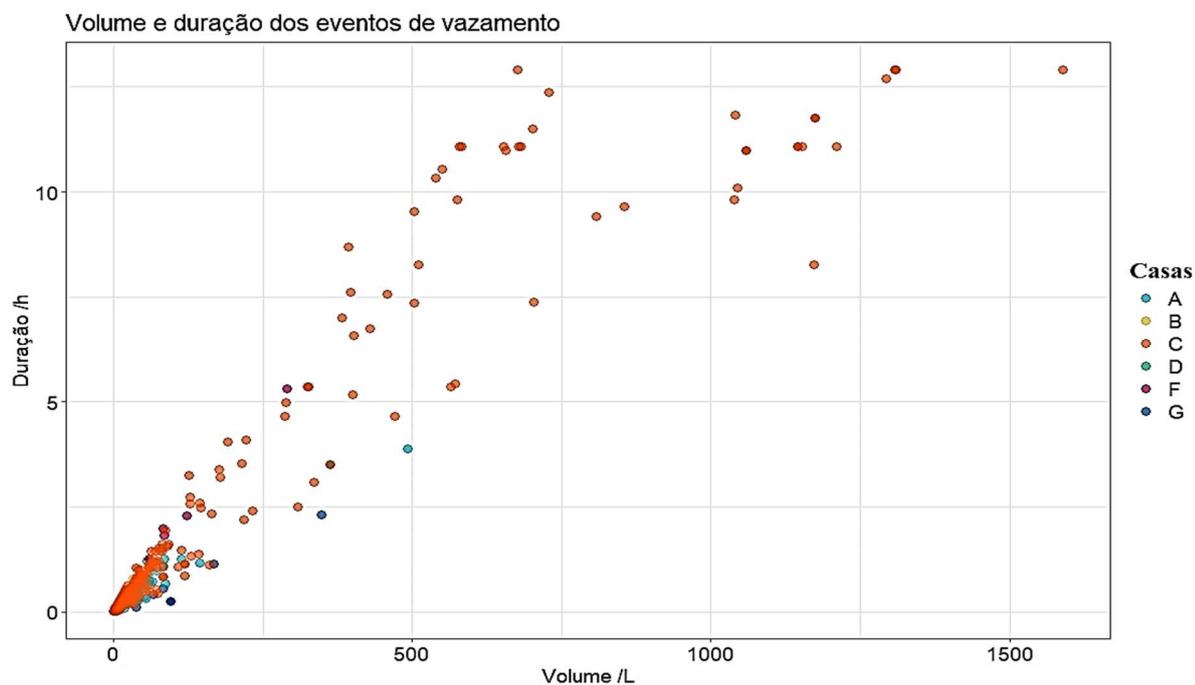
Em todas as casas, os vazamentos ou perdas na instalação tiveram características predominantes de baixos volumes. As maiores frequências de vazamentos foram encontradas principalmente nas casas C e A. Houve um vazamento na válvula do chuveiro na casa A e na descarga do vaso sanitário na casa C, que atingiu grandes volumes; ambos foram descobertos e reparados durante a pesquisa. A casa D, que tem o maior consumo per capita (mediana 195 L/pessoa/dia), tem menos vazamentos do que as casas C e A. A casa E não apresentou vazamentos e teve o menor consumo per capita (mediana 44 L/pessoa/dia). As Figuras 30, 31 e 32 mostram a distribuição de vazamentos entre as casas da pesquisa.

Figura 30 - Boxplot do volume de eventos de vazamento por casa.



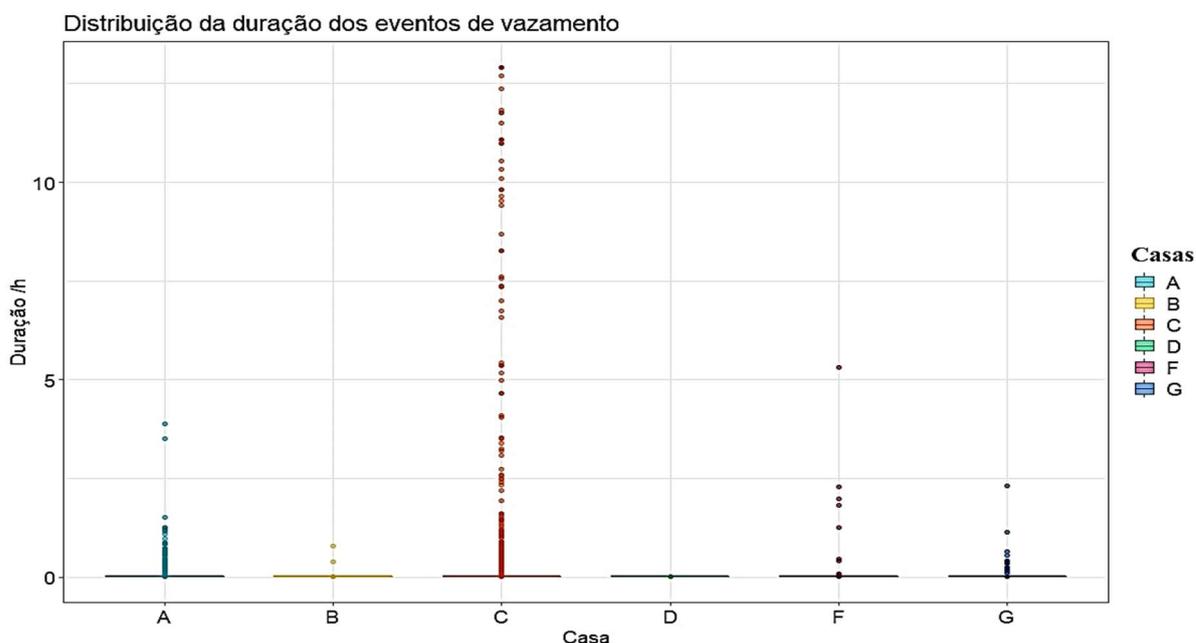
Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Figura 31 - Gráfico de dispersão do volume e duração dos eventos de vazamento.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Figura 32 - Boxplot da duração dos eventos de vazamento por casa.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Os vazamentos ou perdas na instalação foram caracterizados principalmente por baixos volumes e durações em todas as casas, conforme mostrado nos gráficos de boxplot de duração e volume nas Figuras 30 e 32 e o gráfico de dispersão na Figura 31. Os *outliers* nas Figuras 30 e 32 representam usos maiores excepcionais.

Uma sugestão para essas residências seria que os moradores aprendessem habilidades hidráulicas básicas para realizar a maior parte dessas atividades de manutenção, ao invés de contar com serviços contratados e caros, principalmente para famílias de baixa renda. É crucial criar um plano de manutenção em intervalos definidos (por exemplo, a cada seis meses) para realizar a manutenção preventiva em todas as instalações hidráulicas da casa. Essa educação pode ser fornecida pela própria concessionária de água.

A concessionária é responsável pela manutenção das instalações até a chegada na residência. Dentro da residência, a responsabilidade é do proprietário/inquilino/imobiliário. Mesmo não sendo oficialmente sua responsabilidade, a concessionária poderia investir em um projeto para orientar a população a identificar problemas em suas residências, o que, conseqüentemente, reduziria as perdas.

Outra sugestão, baseada no trabalho de Silva *et al.* (2014), é que o **usuário leia seu hidrômetro diariamente** e assim se familiarize com seu padrão de consumo; assim, quando o consumo se desvie do padrão conhecido, o usuário rapidamente poderia perceber que há algo errado, como um vazamento que poderia ser reparado rapidamente.

Em “sistemas inteligentes” (NGUYEN *et al.*, 2020), o processo de obtenção de informações sobre usos anômalos de água e realização de manutenções seria ainda mais simplificado. Os sistemas inteligentes são sistemas que funcionam de forma autônoma no acesso aos dados de entrada para gerar informações de saída. As informações sobre o consumo de água, por exemplo, seriam transmitidas quase em tempo real por meio desses sistemas, acelerando bastante o processo de reparo de vazamentos.

6.4.2 Resultados da entrevista considerando o modelo conceitual de abordagem das práticas sociais.

O Quadro 1 mostra a evolução da prática de limpar e lavar roupas e louças em países como o Brasil ao longo do tempo. Essa evolução resulta de mudanças no nível de habilidades exigidas, materiais usados e significado para sustentar a prática, elementos da abordagem das práticas sociais. As tendências de transformação nesses três pilares do consumo ao longo do tempo foram observadas para perceber se haveria possibilidades de mudanças na direção do consumo racional.

O Quadro 1 mostra que a introdução de novos “materiais” foi a principal tendência de evolução dessas práticas; por meio da inclusão de máquinas e aparelhos que mecanizavam e automatizavam as tarefas. O significado de incorporar esses novos materiais foi reduzir o esforço físico e criar a satisfação de comprar novos produtos para a casa.

No contexto das residências entrevistadas observou-se que, de maneira geral, as práticas mantiveram-se tradicionais, sem mudanças significativas em termos de mecanização e automação. Isso se deve ao baixo poder aquisitivo das famílias. Apenas a casa D possuía máquina de lavar roupas, e as casas C e E que tinham automação

parcial no processo de lavagem de roupas com máquinas semiautomáticas (tanquinhos).

Quadro 1- Evolução da prática de limpeza da residência, lavagem de roupas e louças ao longo do tempo sob o ponto de vista do método SPA (competências, materiais e significados influenciando a prática social).

Esferas do SPA	Itens	LIMPEZA DA CASA			LAVAGEM DE ROUPAS			LAVAGEM DE LOUÇAS		
		T	M	A	T	M	A	T	A	
Competência	Esforços físicos	Esfregar	x			x			x	
		Enxaguar	x	x		x	x		x	
		Torcer	x			x	x			
		Retirar restos de alimento							x	x
		Varrer/Passar pano	x	x						
		Coletar lixo	x							
		Colocar de molho				x				
	Esforços intelectuais	Colocar para secar				x	x	x ⁰	x	
		Quando limpar?	x	x	x	x	x	x	x	x
		Métodos de limpeza?	x	x	x	x	x	x	x	x
		Quantidades de itens a serem limpos?	x	x	x	x	x	x	x	x
		Quantidades e tipos de produtos?	x	x	x	x	x	x	x	x
		Decidir o que fazer com a água pós lavagem	x	x	x	x	x	x ¹	x	x ¹
Gestão de tempo e espaço	x	x	x	x	x	x	x	x		
Material	Água	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Energia elétrica		x	x		x	x		x	
	Instalações de água e esgoto	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Instalações de energia elétrica		x	x		x	x		x	
	Sabão	x ²	x ²		x ³	x ³	x ³	x ³	x	
	Desinfetante	x ⁴	x ⁴	x ⁴	x ⁴	x ⁴	x ⁴			
	Amaciante				x ⁵	x	x			
	Outros materiais de limpeza	x ⁶	x ⁶		x	x	x	x	x ⁶	
	Varal + pregadores				x	x	x ⁰			
	Aramado para secar louça							x		
	Baldes	x	x	x	x					
	Cestos				x					
	Vassoura	x								
	Rodo	x								
	Pano de chão	x								
	Pá de lixo	x								
	Aspirador de pó		x	x						
	Mop		x							
Tanquinho					x					
Tanque				x						
Lavadora de roupas						x				
Lavadora de pratos								x		
Significado	Manutenção da saúde	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Convenções sociais e pessoais	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Menos esforço físico; mais tempo livre			x			x		x	
	Prazer em adquirir novos produtos para casa		x	x		x	x		x	

Nota: T – Tradicional, M – mecanização, A – automatização; o sentido da seta corresponde a direção da evolução das práticas.

⁰ As máquinas de lavar mais modernas também são secadoras, dispensando a necessidade de pendurar roupas, de varais e pregadores de roupa, economizando tempo.

¹ A água cinza é o efluente das máquinas de lavar roupa e louça e normalmente é direcionada instantaneamente para o esgoto doméstico sem a necessidade de intervenção humana, o que não ocorre nos métodos tradicionais e semiautomáticos.

² Nem sempre se usa sabão neste caso, porque a limpeza nem sempre consiste em lavar; essa limpeza pode ser feita com um pano umedecido com um produto de limpeza específico.

³ Para lavar roupas e pratos, o sabão ou o detergente tradicional não são obrigatórios; pessoas alérgicas ao sabonete ou preocupadas com seu impacto ambiental vêm substituindo-o

na lavagem de roupas por produtos como vinagre de álcool e bicarbonato de sódio. Os detergentes tradicionais também podem ser substituídos por versões sem fósforo.

⁴ Os produtos à base de cloro são os mais utilizados em residências para desinfecção, limpeza e lavanderia, mas também podem ser substituídos por produtos menos agressivos como o vinagre.

⁵ O amaciante de roupas nem sempre é usado, principalmente quando a roupa é lavada à mão.

⁶ Outros materiais de limpeza, como vários tipos de desinfetantes perfumados, são usados e atendem principalmente às convenções sociais ou pessoais de cheiro; existem também outros produtos específicos, como o líquido para secar pratos, que não são itens obrigatórios, mas atendem às convenções sociais, como o brilho dos pratos.

Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Observou-se que na prática da limpeza da residência, o uso de água, que antes era alto, tende a diminuir com a mecanização/automação e com o uso de equipamentos de limpeza como aspiradores e esfregões. Em termos de lavagem de roupas, o número de funções e opções de lavagem aumentou com as máquinas de lavar mais modernas, o que significa que existem mais formas de lavar, através da separação por cor, tecido e temperatura, resultando em um aumento do número de lavagens. Além disso, embora a máquina de lavar jogue fora uma quantidade significativa de água que pode ser facilmente coletada e reutilizada para outros fins, a água da máquina de lavar geralmente não é reutilizada, mas direcionada automaticamente para a rede de esgoto, sem envolver diretamente a decisão do usuário sobre o que fazer com esse efluente. Assim, verifica-se que o uso da máquina influencia a propensão ao reaproveitamento, que ocorre com maior frequência na lavagem das roupas à mão ou com dispositivos semiautomáticos.

O hábito de reaproveitar a água de lavagem prevaleceu nas residências A, C e E, onde o método de lavagem das roupas era manual (A) ou mecanizado com aparelho semiautomático (tanquinho) (C e E). A água usada para lavar roupas brancas era reaproveitada para lavar roupas de cor, e a água remanescente ao final do processo era usada para limpar o banheiro da casa A. A água do aparelho semiautomático, que não despejava a água automaticamente no esgoto, foi reutilizada para dar descarga no banheiro da casa C e para limpar o quintal, as escadas, o chão e, ocasionalmente, o banheiro da casa E. Isso demonstra que esses moradores descobriram formas úteis de reaproveitar a água. O inconveniente de ter que decidir o que fazer com a água leva os usuários a pensar e escolher um uso mais racional da água na maioria dos casos. No entanto, o método automático não oferece essa reflexão. Assim, observa-

se que a adição de um elemento “inconveniente” no momento do uso da água pode ser usada para encorajar mudanças de hábito em direção ao uso racional.

Portanto, uma alternativa na hora de lavar roupas seria incentivar a inclusão de um reservatório para água proveniente da saída da máquina de lavar; a pessoa pode coletar água por meio da mangueira de saída de água. Além disso, o reuso dessa água também seria incentivado por meio de campanhas de sensibilização.

Já existem máquinas de lavar no mercado que têm a função de reaproveitar água; uma delas possui um recurso que, ao ser acionado, lembra ao usuário, por meio de um lembrete sonoro, de posicionar um recipiente para coletar a água descartada. Encontrar um local para o reservatório e ser incentivado por uma campanha, pode ser motivação suficiente para promover o reuso da água.

A mudança mais significativa na prática do banho, ao longo do tempo, no contexto da abordagem das práticas sociais, é a introdução de chuveiros elétricos, que aumentou o conforto no banho e, como resultado, houve uma tendência para banhos mais longos e maior consumo de água. Para famílias de baixa renda os chuveiros elétricos são exceção, e mesmo quando disponíveis, o tempo de banho tende a ser restringido para evitar altas contas de água e luz. Com o tempo, também houve um aumento na variedade de produtos de banho disponíveis, como diferentes tipos de sabonetes, produtos para os cabelos e outros produtos de limpeza pessoal, que podem levar a tempos de banho mais longos e maior consumo de água.

Para reduzir o consumo do banho, modelos de chuveiros com mecanismo de acionamento da água com o pé poderiam ser subsidiados. O interessante desse tipo de dispositivo é que se trata de um mecanismo um pouco desconfortável, por exemplo, possuindo alguma resistência ao ser pressionado; esse elemento desconfortável seria o fator inconveniente que levaria à reflexão, o que poderia levar a banhos mais curtos, e a facilidade de simplesmente tirar o pé quando se deseja desligar a torneira poderia encorajar o fechamento do aparelho durante os intervalos de uso.

Interferir no significado dos usos, por exemplo, pode gerar mudanças de hábitos, que podem ser bastante significativas em termos de redução do consumo de água; por

exemplo, estudos mostraram um aumento no consumo de água como resultado de mudanças de hábitos causadas pela pandemia de COVID19 (devido a medidas extras de higiene, como lavar as mãos, tomar banho e limpar superfícies e um aumento no tempo gasto em casa) (BALACCO *et al.*, 2020; LÜDTKE *et al.*, 2021).

As mudanças nos padrões de consumo observadas antes da pandemia foram principalmente devido à introdução de novas tecnologias feitas para simplificar as tarefas domésticas. A mudança observada após a pandemia ocorreu devido a alteração no significado do uso da água, com a saúde se tornando uma preocupação maior. Assim, pode-se concluir que uma mudança desejável nos hábitos de consumo, favorecendo o uso racional exigiria uma real compreensão da importância das medidas de conservação e as consequências da negligência. Além disso, a evolução dos dispositivos utilizados no consumo de água deve ser na direção de alcançar maior eficiência, desde os mais avançados e complexos tecnologicamente (por exemplo, máquinas de lavar roupa) até os mais básicos (por exemplo, o tipo de sabão utilizado ou o material das roupas).

6.4.3 Medidas personalizadas para promover o consumo racional de água

Os resultados do estudo piloto e as análises da literatura, tais como os trabalhos de Hasan; Razali; Razali (2021) e Silva *et al.* (2014) nos permitiram identificar alguns pontos-chave onde pequenas mudanças nos hábitos podem levar a reduções no consumo. As barreiras para a implementação dos hábitos listados a seguir são questões de convenção social (significado) e a necessidade do desenvolvimento da consciência ambiental (competência). Eles são:

- a) Usar a roupa mais vezes antes de lavar;
- b) Não usar sapatos usados na rua dentro de casa;
- c) Não usar água com sabão para limpar o chão, mas sim um pano úmido;
- d) Cozinhar em grandes quantidades e guardar os alimentos na geladeira ou freezer;

- e) Acumular a louça para ser lavada de uma só vez, reutilizando a água da lavagem para “amolecer” a sujeira das outras;
- f) Não dar descarga todas as vezes que urinar.

Outros hábitos identificados, listados a seguir, tem como obstáculos para implementação a necessidade do desenvolvimento da consciência ambiental (competência).

- a) Usar a máquina de lavar roupa com carga máxima;
- b) Evitar lavar roupas íntimas no banho;
- c) Reutilizar a água da lavanderia;
- d) Escolher pisos um pouco mais escuros para evitar a rápida percepção de sujeira;
- e) Desligar as torneiras nos intervalos de uso;
- f) Retirar o excesso de sujeira da louça antes de lavar;
- g) Preferir banhos frios (aplicável a locais como Salvador, que tem altas temperaturas na maior parte do ano);
- h) Usar o chuveiro apenas para higiene; embora, às vezes, um banho mais longo possa ser uma escolha racional, por exemplo, para satisfazer um desejo de relaxamento. Os indivíduos podem ter outras opções de relaxamento e, dependendo das opções, o banho mais longo pode ser a opção mais ecológica;
- i) Realizar manutenção preventiva nas instalações prediais residenciais;
- j) Evitar atividades que utilizem água em posições não ergonômicas;
- k) Verificar o hidrômetro periodicamente (de preferência diariamente) (SILVA et al., 2014);
- l) Verificar se a pressão da água está muito alta ou muito baixa (HASAN; RAZALI; RAZALI, 2021);

- m) Regar as plantas de manhã cedo e a noite (HASAN; RAZALI; RAZALI, 2021); Apesar de jardins serem incomuns em bairros de baixa renda;
- n) Verificar se há alguma torneira de água aberta antes de sair de casa (HASAN; RAZALI; RAZALI, 2021).

Outros hábitos observados, listados a seguir, enfrentam desafios de implantação devido à necessidade dos residentes de fazerem investimentos financeiros (significado) e da necessidade dos residentes serem ambientalmente conscientes (competência).

- a) Usar a água da chuva coletada para usos externos (HASAN; RAZALI; RAZALI, 2021); ou outros usos dentro de casa;
- b) Usar água de reuso para usos menos nobres (por exemplo, dar descarga);
- c) Investir em dispositivos hidráulicos mais eficientes.

Os hábitos que envolvem mudanças nos costumes familiares e a atenção às convenções sociais são mais difíceis de implementar e requerem um significado mais forte do que esses costumes e convenções. Aqueles que dependem exclusivamente de sua capacidade de ser ambientalmente conscientes podem ser cultivados por meio de campanhas que visem promover a percepção sobre o consumo aos moradores e taxas mais altas para os desperdícios. Aquelas que dependem de investimentos financeiros são as mais complexas para as populações de baixa renda, e esse tipo de medidas deve ser subsidiado para esse grupo. O Quadro 2 resume algumas características das residências estudadas.

Quadro 2- Resumo das informações sobre hábitos de consumo por casa, por atividade.

Tabela resumo das principais características relacionadas ao consumo de água nas casas estudadas

Casa	Número de residentes	Lavanderia						Faxina		Lavagem de louça			Banho	Irregularidades	
		Método de lavagem	Frequência de lavagem (semanal)	Acúmulo de roupa	Chuveiro/roupas íntimas	Consumo por habitante (torneira externa)	Reuso de água	Frequência de pano na casa	Frequência de lavagem do banheiro	Acúmulo de louças	Fechamento da torneira nos intervalos	Frequência diária de cocção	Volume médio (L/pessoa.dia)	Uso de by-pass ("gato")	Contas atrasadas
A	2	manual	6	Sim	Não	9,5	Sim	-	3	Não	Sim	Sim	28,8	Não	Sim
C	6	semi automático	8	Sim	Sim	-	Sim	1	1	Sim	Não	Sim	9,1	Não	Não
D	2	automático	3,5	Sim	Sim	10,8	Não	0,5	0,5	Não	Não	Sim	35,7	Sim	Não
E	2	semi automático	4,5	Sim	Não	12,4	Sim	2	1	Não	As vezes	Sim	4,5	Não	Não

Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Algumas famílias nessa faixa de renda frequentemente têm dificuldade em pagar pela água que usam. As famílias podem atrasar o pagamento das contas, conforme ilustrado no Quadro 2 (Casa A) ou fazer ligações clandestinas (gatos) (Casa D). Conforme mostrado na Figura 15, a casa D, que realiza o desvio de água, possui um consumo maior, comprovando que a falta do custo pode levar a um maior consumo, porém a casa G, apesar de também não pagar o valor integral da conta de água, visto que faz a interrupção do funcionamento dos ponteiros do contador, não possui maior consumo por conta disso, mostrando que a consciência do usuário também é preponderante no controle do consumo.

6.4.4 Reflexões sobre os modelos para entendimento do consumo

O modelo de racionalização é útil para determinar a importância das atividades porque as associa a questões de necessidade fisiológica, desejo pessoal e desperdício. É especialmente importante em áreas de baixa renda para buscar maneiras de garantir que essa população tenha uma quantidade mínima de água como direito fundamental. O modelo de abordagem das práticas sociais, ao focar nas atividades do cotidiano, estimula a reflexão e as ideias para o uso racional da água. Refletir sobre esses aspectos pode estimular o consumo consciente por parte dos usuários. No futuro, a

quantificação de cada uma dessas parcelas pode apoiar o desenvolvimento de um sistema tarifário “consciente”, focando mais fortemente nos usos desejados e desperdícios e subsidiando o consumo necessário.

6.5 COMPARAÇÃO DO CONSUMO DAS CASAS ESTUDADAS COM VALORES DA LITERATURA

Ao caracterizar o consumo de água em uma área específica, muitos estudos tendem a utilizar o valor médio para definir padrões de consumo (BEAL; STEWART, 2011; MAYER; DEOREO, 1999; WILLIS *et al.*, 2009). Porém, nos mesmos estudos, valores elevados de desvio padrão (cerca de 60 % da média) foram encontrados mesmo em áreas com características homogêneas (em termos de renda, tipo de construção e clima). Essa alta variabilidade destaca a natureza dinâmica do uso doméstico da água.

Outros estudos usaram valores médios para definir o consumo mínimo necessário para atender às necessidades humanas básicas. Gleick (1996), Inocencio *et al.* (1999), a OMS (2013) e Crouch (2020) determinaram que o consumo mínimo medio é de 50, 54, 70 e 92L/pessoa/dia, respectivamente. No entanto, devido a fatores que influenciam, como distância da fonte de água, clima local, idade dos moradores, tecnologia utilizada nos dispositivos de uso da água, número de pontos de consumo na casa e múltiplos usos do mesmo equipamento, entre outros, o valor mínimo pode variar.

Além disso, não há acordo sobre quais usos são considerados essenciais. Cozinhar, beber, tomar banho, lavar roupa, lavar as mãos e rosto, escovar os dentes, lavar louça, dar descarga e limpar o vaso sanitário foram considerados consumos básicos por Inocencio *et al.* (1999). Gleick (1996) não incluiu lavar roupa, lavar as mãos e rosto, escovar os dentes ou limpar banheiros como usos básicos, enquanto a Organização Mundial da Saúde - OMS (2013) incluiu o plantio de subsistência como uso essencial. O modelo de usos básicos absolutos de Crouch (2020) que considerou atender as necessidades mais básicas de Maslow (1943), como as necessidades fisiológicas e de segurança, considerou restrições de uso de água como banhos uma vez ao dia, com no máximo 3 minutos, duas descargas no vaso sanitário por dia, limpeza da casa uma vez por semana, lavar as mãos 8 vezes ao dia, face uma vez, escovar dentes 2

vezes ao dia, 1,5 litros para animais domésticos, lavanderia 1 vez por semana e cerca de 26 litros por pessoa dia para lavar pratos (considerando lavagem à mão e utilizando máquina de lavar louça).

Assim, devido às inúmeras nuances do comportamento humano e ao fato de cada ação interferir no consumo da água, o padrão de consumo deve ser único para cada família, pois o que é considerado consumo essencial em uma família pode não ser uma necessidade em outra. Com os avanços na ciência da computação e sistemas de medição de consumo de água, uma tendência futura será a adoção de recomendações personalizadas de gerenciamento de demanda para cada família com base em suas necessidades específicas (COMINOLA *et al.*, 2019; NGUYEN *et al.*, 2020).

Conforme afirmado anteriormente, comparar o consumo de água em um estudo de caso com valores da literatura não é recomendado, devido às inúmeras dimensões envolvidas e à alta variabilidade encontrada mesmo em locais com características semelhantes.

A análise da 'Tabela 8 incluiu dados que compõe o presente estudo representado pelo estudo de Botelho *et al.* (2021). Observou-se que em sua maioria, os dados são próximos ao encontrado nos outros trabalhos na literatura. Porém, alguns dados chamam atenção, tais como, o baixo número de acionamentos diários da bacia sanitária por pessoa em comparação com os outros estudos, isso pode ter ocorrido por não ter sido identificado como bacia os usos com menores volumes, o que pode ocorrer ao dosar a força ao pressionar o botão da descarga, sendo esses confundidos com torneiras internas.

Foi inserido na Tabela 8 informações acerca do *Watersense*, um dos programas de selo de eficiência hídrica existentes, correspondente ao que se aplica nos EUA e Canadá. Nesses países o programa é voluntário (BURTON *et al.*, 2019), ou seja não é obrigatório trocar os aparelhos por modelo economizador, embora em alguns estados/localidades seja exigido o selo. Com relação ao chuveiro e torneira, verificou-se que as vazões praticadas nos estudos levantados são menores que a máxima estipulada pelo *Watersense*, o que é um sinal de que o consumo não está elevado. Com

relação ao volume máximo por descarga da bacia sanitária, verificou-se que, com exceção dos estudos com bacia economizadora os volumes praticados estão acima do máximo estipulado pelo selo de eficiência hídrica, sendo, portanto, locais onde mudanças por aparelhos economizadores, poderiam ser medidas interessantes para reduzir o consumo.

Na Tabela 8, atenção especial pode ser dada ao estudo de grande porte feito nos EUA e Canadá chamado Usos Finais de Água em Residências, nas versões 1 e 2, que estudou o consumo em nível dos usos finais de 1188 e 762 residências respectivamente. A versão 1 (MAYER; DEOREO, 1999) ocorreu antes do lançamento do programa *Watersense*, que foi lançado em 2007, já a versão 2 (DEOREO et al., 2016), ocorrida após esse programa, abrangeu dentre as 762 residências monitoradas, uma amostra de 247 residências que estavam equipadas com aparelhos dentro dos parâmetros do *Watersense*. Os usos internos de água nas residências no primeiro estudo eram de 315L/pessoa.dia (MAYER; DEOREO, 1999), no segundo estudo houve uma redução para 266L/pessoa.dia e na amostra que sabidamente tinha aparelhos mais econômicos esse consumo foi de 166 L/pessoa.dia (esses consumos relatados se referem apenas aos usos internos, exclui-se aqui usos para piscinas, irrigação, tanques).

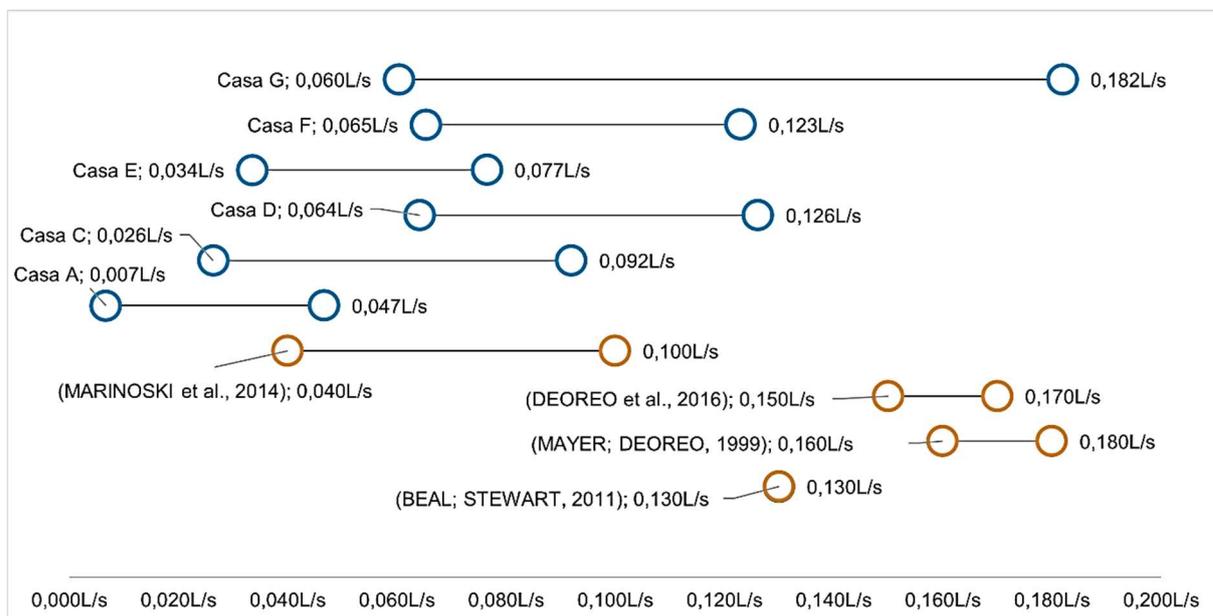
Apesar das reduções apontarem que o uso de aparelhos mais econômicos são peças-chave para um consumo mais racional, não ficou claro o quanto dessas reduções se devem à substituição dos aparelhos convencionais possivelmente desregulados ou defeituosos, podendo ser fontes de vazamento, por outros novos e em perfeito estado de funcionamento e ainda mais eficientes. Observa-se ainda que mesmo com as reduções, esses consumos são considerados altos se comparados por exemplo com o estudo Australiano de Beal e Stewart (2011), que apresentam consumo médio de 145,3L/pessoa.dia considerando todos os usos (internos e externos) de 252 residências. Assim, entende-se que o fator comportamental é fator altamente relevante e o uso racional não será alcançado apenas ao promover a substituição dos aparelhos por modelos mais econômicos.

As informações da 'Tabela 8 foram utilizadas para elaboração das Figuras 33, 34, 35, 36 e 37 com informações sobre cada local avaliado por usos finais. Para as figuras, quanto às casas do presente estudo, foram utilizados dados da semana investigativa.

Fonte	Local	Número de residências	Obtenção dos usos finais	Bacia sanitária		Chuveiro		Pia da cozinha		Lavatório		Torneira de lavanderia		Lavadora de roupas			
				Volume por evento (L/descarga)	Vazão por evento (L/s)	Frequência por dia (Usos/h.dia)	Volume/evento (L/uso)	Duração (s)	Vazão por evento (L/s)	Frequência/dia (Usos/h.dia)	Volume/evento (L/uso)	Duração (s)	Vazão por evento (L/s)	Frequência/dia (Usos/h.dia)	Volume/evento (L/uso)	Vazão por evento (L/s)	Frequência/dia (Usos/h.dia)
(MATOS et al., 2013)	Portugal	52	...	7,7 ± 4,6	...	2,7	...	...	15±16,3	...	3,7	...	...	...	44,2±15,8	...	0,3
(RATHNAYAKA et al., 2015)	Australia	117	...	...	...	...	399 ± 19 ⁵	...	0,8 ± 0,06 ⁵	...	...	...	...	...	...	...	...
(MARINOSKI et al., 2014)	Florianópolis (SC)	48	Sensores (YF-S201) por aparelho	6,2 ± 1,4 e 11,5 ± 2,6	...	...	...	0,07 ± 0,03	...	0,09 ± 0,05	...	...	0,08 ± 0,04	...	0,13 ± 0,13 e 0,17 ± 0,11	102,5 ± 50,2	...

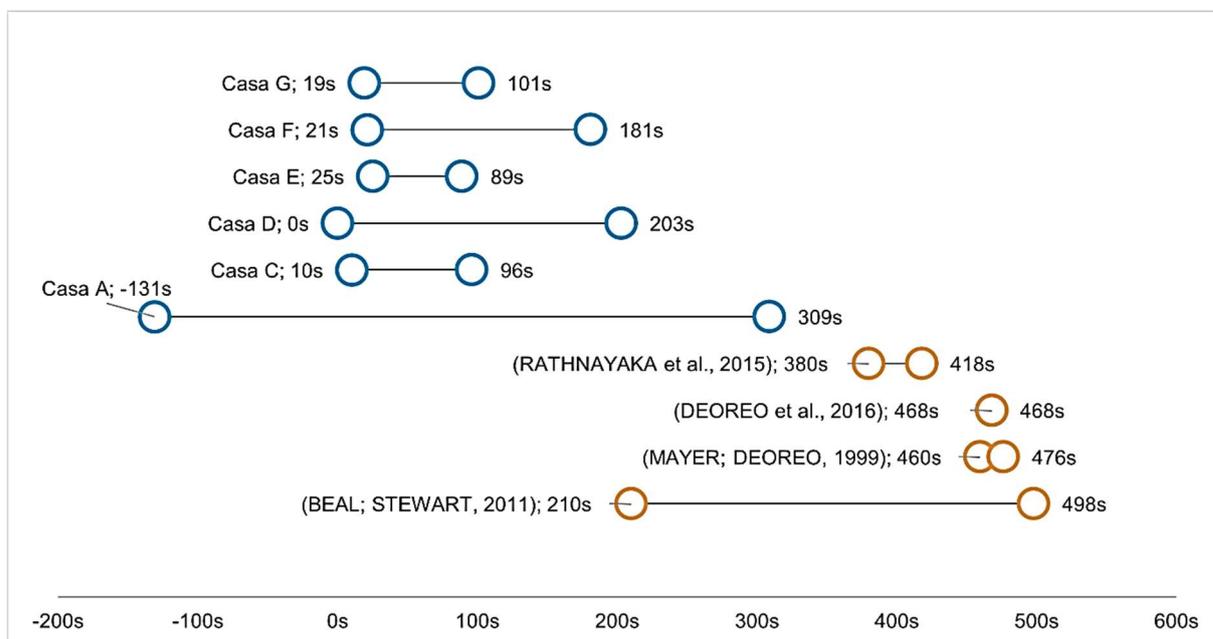
Fonte	Local	Número de residências	Obtenção dos usos finais	Bacia sanitária		Chuveiro		Pia da cozinha		Lavatório		Torneira de lavanderia		Lavadora de roupas											
				Volume por evento (L/descarga)	Vazão por evento (L/s)	Frequência por dia (Usos/h.dia)	Volume/evento (L/uso)	Duração (s)	Vazão por evento (L/s)	Frequência/dia (Usos/h.dia)	Volume/evento (L/uso)	Duração (s)	Vazão por evento (L/s)	Frequência/dia (Usos/h.dia)	Volume/evento (L/uso)	Vazão por evento (L/s)	Frequência/dia (Usos/h.dia)								
(BOTELHO, 2013)	Bairro de Salvador	2	Trace Wizard	5,0 ± 2,0	0,05 ± 0,01	8 ± 4	13 ± 13	217 ± 199	0,06 ± 0,02	2 ± 1	0,7 ± 0,3	99 ± 107	0,03 ± 0,01	22 ± 13	0,4 ± 0,3	48 ± 44	0,03 ± 0,01	14 ± 6	...	...	0,09 ± 0,03	7 ± 5	143,3 ± 93,7	0,09 ± 0,02	0,2 ± 0,3
(BOTELHO et al., 2021) ¹	Bairro de Salvador	7	Trace Wizard	6,2 ± 2,4	...	2,9 ± 1,7	9,4 ± 7,9	104 ± 91	0,09 ± 0,03	4 ± 3	Torneiras internas ² : 1,0 ± 1,4	33 ± 39	0,03 ± 0,04	43 ± 21	...	...	...	...	9,3 ± 11,9	165 ± 176	0,07 ± 0,04	2,4 ± 2,6	30 ± 23	...	2 ± 1,5
(BOTELHO et al., 2021) ³	Bairro de Salvador	7	Trace Wizard	6,2 ± 3,4	0,06 ± 0,02	2	6,3 ± 6,0	80 ± 84	0,08 ± 0,03	3	Torneiras internas ² : 1,2 ± 1,5	28 ± 25	0,04 ± 0,02	21	...	...	...	...	3,7 ± 3,0	55 ± 35	0,06 ± 0,02	0,9	...	...	...

Figura 33 - Comparação das vazões por uso de chuveiro entre as casas da pesquisa A-G e literatura.



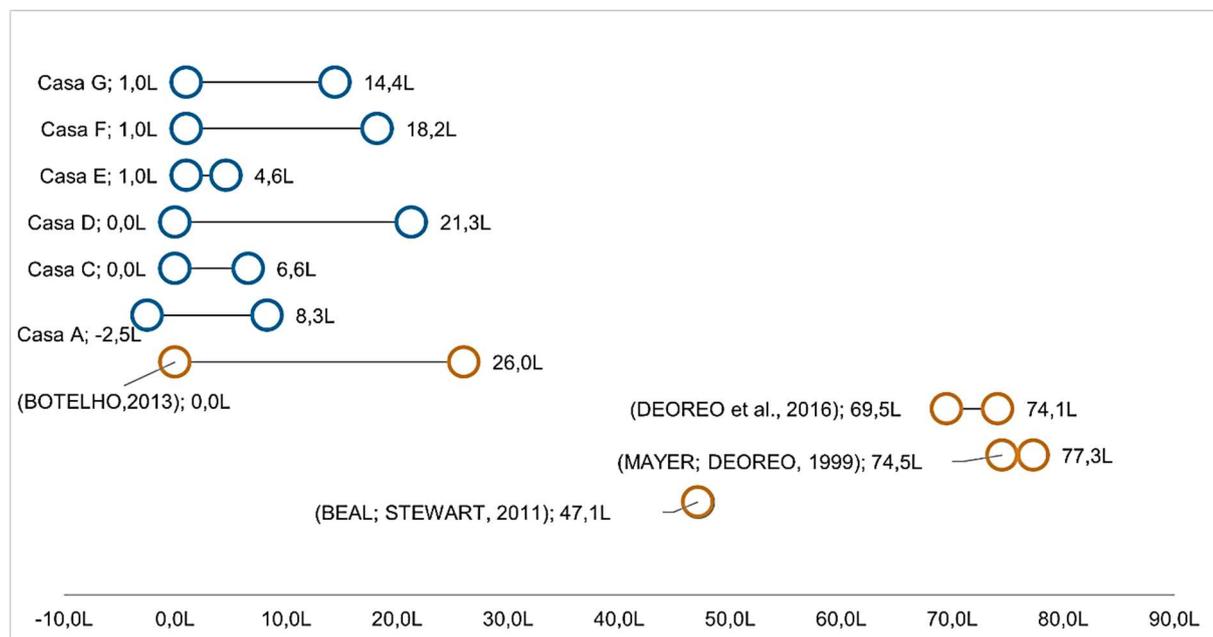
Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Figura 34 - Durações por acionamento dos chuveiros das casas da pesquisa A-G e literatura. O valor negativo na casa A ocorre porque nessa casa os dados não seguem a distribuição normal, e os valores de desvio foram muito elevados.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Figura 35 - Comparação do volume consumido por uso de chuveiro entre as casas da pesquisa A-G e literatura.



Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Para o chuveiro, os valores de vazão são de grande relevância, tanto para determinar o conforto do usuário na hora do banho como para determinar se o consumo de água será maior ou menor, sendo esse parâmetro influenciado pelas características das instalações hidráulicas da residência, o tipo de aparelho e pelo costume do indivíduo que irá regular a abertura do registro do chuveiro. Observando a Figura 33, verifica-se que existem grandes variações de vazões entre as casas pesquisadas, o que tem relação com as variedades de tipos de abertura do registro desses aparelhos, que dependem do hábito de cada morador. Analisando somente a vazão, subte-se que principalmente as casas G, F e D tendem a valores mais altos, o que se confirma ao observar também o volume (Figura 35).

A tendência a usos com durações mais curtas (Figura 34) observadas nas casas da pesquisa, em comparação com outros trabalhos da literatura, pode estar relacionado ao fato de que a maioria das residências analisadas não possuem chuveiro elétrico ainda, pode ter relação com um maior hábito de desligar o chuveiro nos intervalos de usos, ao se ensaboar ou ao utilizar o xampu, por exemplo. A casa A, que utiliza o chuveiro com finalidade de banho e finalidade de lavagem de roupas, possui a maior

amplitude de intervalos de duração, o que está relacionado com essas maiores possibilidades de uso.

Nas casas da pesquisa, cada volume consumido corresponde a um evento de abertura e fechamento do registro do chuveiro. Em um banho, por exemplo, podem existir mais de uma abertura e fechamento. Sendo assim, nesses casos, esse volume não corresponde a um banho completo, mas ao evento de acionamento. Ao observar na Figura 35 os trabalhos de Mayer e DeOreo (1999), Beal e Stewart (2011) e DeOreo et al. (2016), feitos nos EUA e Canadá e na Austrália, também utilizando o Trace Wizard[®], verificam-se volumes bem maiores por acionamento, o que certamente está refletindo a realidade climática e de renda muito diferentes, ou, mais especificamente, pode estar relacionado ao uso da água quente no chuveiro que proporciona maior conforto, ainda pode estar também relacionado com o fato que nesses países é necessário esperar a água esquentar antes de utilizar o chuveiro (devido a não ser utilizado chuveiro elétrico, mas sim instalações de água quente) ou à falta de hábito de desligar o chuveiro nos intervalos de uso. A casa D, única que possui chuveiro elétrico dentre as casas estudadas, tem a maior amplitude de intervalo de volumes de acionamento. E as casas estudadas, na área da Chapada do Rio Vermelho, em Salvador, por Botelho (2013), que possuem chuveiros elétricos, e estão situadas em áreas de baixa renda, possuem intervalos de volumes próximos aos da casa D, conforme mostra a Figura 35.

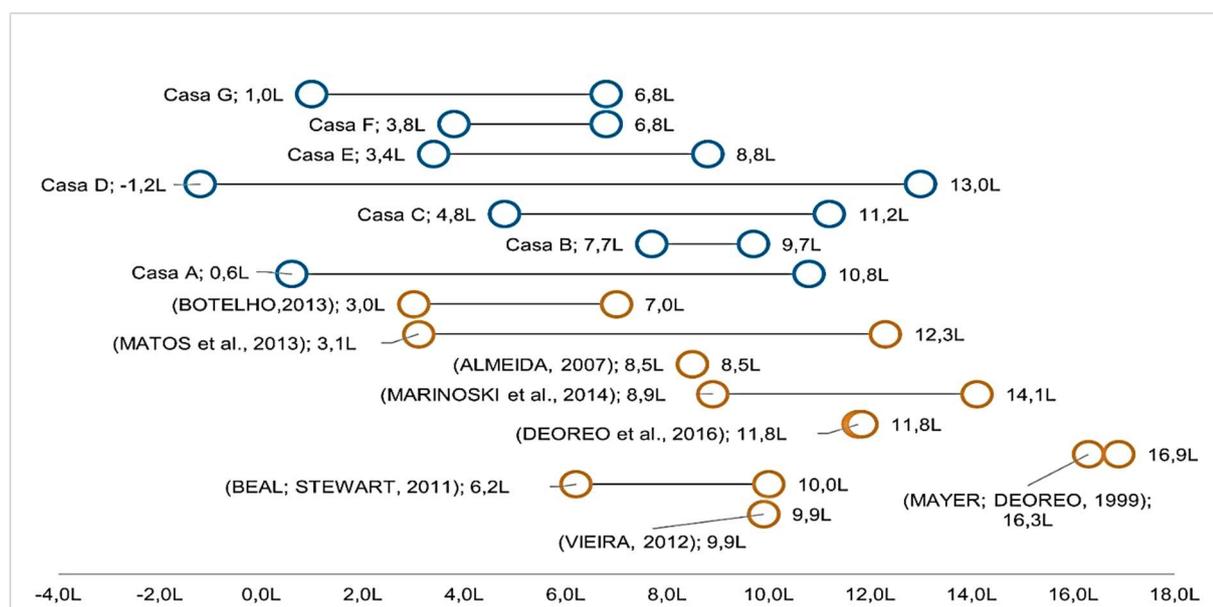
Também se observa, ao comparar os trabalhos de Mayer e DeOreo (1999) e DeOreo et al. (2016), que houve reduções nos volumes consumidos (Figura 35), bem como nas vazões de uso (Figura 33), que pode ter sido resultado da inserção de aparelhos mais eficientes nas casas. Observa-se que, com o passar do tempo, houve também uma leve redução nas durações dos banhos (Figura 34), o que poderia indicar uma tendência a um uso mais consciente, porém a redução foi muito pequena.

Para a bacia sanitária, o volume por acionamento é uma variável diretamente relacionada ao tipo de bacia sanitária e à capacidade da caixa de descarga. Além da influência própria da configuração do aparelho, o modo de acionamento do usuário, também influi tanto para um consumo menor (quando se faz uma descarga parcial, dosando a

força para puxar a cordinha ou pressionar o botão da descarga) quanto para um consumo maior (quando a descarga é acionada mais de uma vez, em intervalos maiores ou iguais ao seu tempo de enchimento). Entre as casas da pesquisa observa-se que, mesmo com todas as bacias sanitárias sendo do tipo com caixa acoplada, houve variações nos volumes que podem ser atribuídas ao seu modo de uso.

Avaliando as faixas de consumo da bacia (Figura 36), observa-se grande variabilidade tanto entre as casas da pesquisa como entre os trabalhos revisados. Entre os valores observados verifica-se que o maior consumo ocorreu nos EUA e Canadá, no trabalho de Mayer e DeOreo (1999), e chama atenção a redução desse consumo no trabalho sucessor de DeOreo et al. (2016) o que pode ter ocorrido devido a trocas nas bacias sanitárias convencionais por modelo economizador nesse intervalo entre os estudos, e, entre as casas pesquisadas, a que apresentou maior amplitude e atingiu maiores volumes foi a casa D, o que tem relação com o tipo de aparelho e o seu modo de uso.

Figura 36 - Comparação do volume consumido por uso de bacia sanitária entre as casas da pesquisa A-G e literatura.



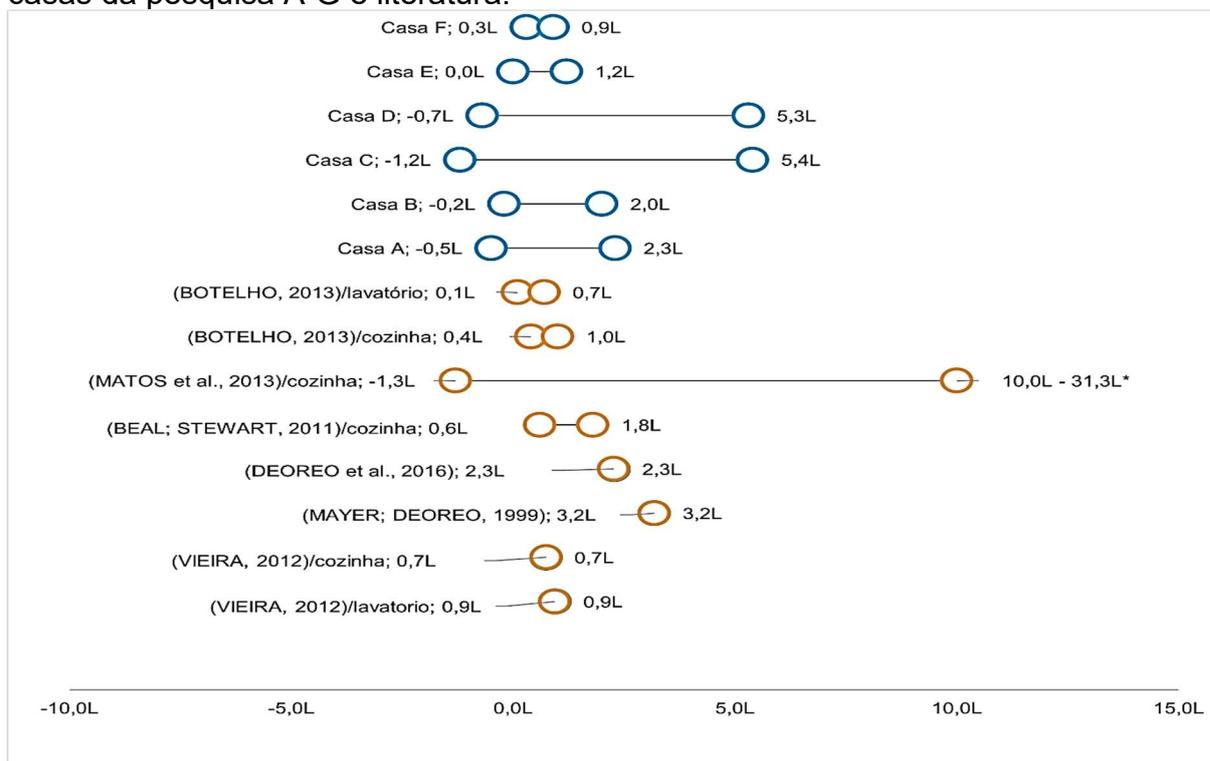
Fonte: Adaptado de Botelho *et al.* (2021).

Não foram encontrados indícios nas entrevistas de que houvesse desperdícios para esse aparelho em nenhuma das casas, porém na casa C foi registrado vazamento na

bacia sanitária durante um período da pesquisa. Para realizar comparações, seria importante que os modelos das bacias sanitárias fossem parecidos, especialmente seu processo de descarga e quantidade de água despendida no acionamento.

A Figura 37 mostra a variação de volume por acionamento das torneiras internas estudadas e a de outros estudos da literatura. O volume das torneiras internas depende das características hidráulicas das instalações da residência e da forma de uso do morador; logo, a altura do nível da água no reservatório, em função da altura do ponto de utilização da torneira ou a vazão advinda diretamente da rede pública no ponto de utilização, serão fatores de influência nos volumes de utilização em cada uso, bem como a forma de uso do morador. As torneiras internas, que correspondem à pia da cozinha e o lavatório, têm por característica usos, em sua maioria, mais curtos e consequentemente com menor volume consumido em cada utilização.

Figura 37 - Comparação do volume consumido por uso de torneiras internas entre as casas da pesquisa A-G e literatura.



Nota: * O valor de consumo do trabalho de Matos et al. (2013) foi representado pelo valor de 10L, a fim de não mascarar a comparação entre os demais valores, porém o valor real relatado no trabalho é de 31,3L, o que levaria o intervalo de dados ter cerca de três vezes o tamanho representado.

Fonte: Adaptado de Botelho et al. (2021).

A análise da Figura 37 mostra que as casas C e D são as que apresentam maiores intervalos de variação de volumes dentre as casas da pesquisa, o que pode ter relação com o fato de que nessas casas os moradores responderam em questionário que não têm por hábito desligar a torneira nos intervalos de uso. No geral, o comportamento dos moradores demonstra que eles apresentam tanto atividades bem otimizadas (com reaproveitamento de água) quanto atividades que carecem de modificações (lavagem com torneiras abertas). Assim, avaliar somente numericamente não dá a correta dimensão da situação.

Quanto aos usos em literatura, apenas no trabalho de Matos *et al.* (2013), realizado em 52 edificações na região Norte de Portugal, houve um intervalo de consumo muito acima dos usos observados nos demais trabalhos, o que pode ter relação com o método de medição utilizado nessa pesquisa.

6.6 IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE USO RACIONAL DA ÁGUA

Segundo o trabalho de Campbell *et al.* (2004) as opções para implantação de políticas de conservação da água podem ser: preço, soluções de engenharia (equipamentos economizadores, reuso, entre outros), soluções relacionadas às pessoas (comunicação e cooperação), e regras (que visam utilizar o poder coercitivo das legislações para conseguir o objetivo de redução no consumo).

No quesito preço, pensando na situação particular das residências estudadas, uma sugestão é que o consumo de água passe a ser cobrado a cada metro cúbico, pois assim é possível que esforços para reduzir o consumo sejam recompensados com a redução da conta, o que não ocorre no contexto atual em que um volume mínimo é cobrado, independente do consumo realizado.

Uma tendência futura para os países mais desenvolvidos, tendo em vista os avanços nas tecnologias de entrega de informações para tomadores de decisão e usuários (COMINOLA *et al.*, 2019; NGUYEN *et al.*, 2020), pode ser a capacidade de distinguir entre o que é o consumo necessário, o consumo desejado e o desperdício. Assim,

uma política a ser implementada poderia ser um subsídio para o consumo o necessário, concedido para famílias de baixa renda, bem como uma taxa mais elevada para o consumo desejado e desperdícios. No caso do contexto estudado, em que essa tecnologia mais avançada ainda não é viável, poderia ser estabelecido um valor mínimo de consumo per capita de água com base em estudos na literatura, e ser estabelecido um valor mínimo que seria subsidiado, levando em consideração o número de pessoas que habitam cada residência. Esse número para residências de baixa renda, que estão cadastradas em programas sociais como o bolsa família, não seria difícil de ser acessado e seria do interesse da própria família mantê-lo atualizado.

Esse incentivo econômico poderia fazer com que os moradores sentissem a necessidade de acompanhar o seu consumo mais de perto, por exemplo, fazendo a leitura diária do seu hidrômetro, para que assim houvesse um maior controle. Essa leitura constante permitiria que os moradores adquirissem uma maior sensibilidade com relação ao uso de água de sua própria família, fomentando o consumo racional.

No quesito soluções de engenharia, em relação à utilização de equipamentos economizadores, por exemplo, embora seja uma solução que tem se mostrado eficaz para a redução do consumo (BURTON et al., 2019; KELLY, 2015) pode induzir um consumo menos cuidadoso por parte do usuário tendo em vista que o mesmo pode acreditar que o equipamento faz todo o trabalho de redução do consumo, não necessitando que o mesmo se esforce para consumir de forma ponderada. Apesar dessa tendência ao efeito rebote, o trabalho de Lee; Tansel; Balbin (2013) observou que no primeiro ano de monitoramento após a substituição por aparelhos economizadores com potencial de economia de 43,5% (bacias sanitárias, chuveiros e arejadores de torneira) em residências de baixa renda nos EUA, o consumo reduziu apenas 3,2% e no terceiro ano a redução foi de 16,1%, sugerindo que o efeito rebote reduz com o tempo, porém o potencial teórico de redução não foi atingido. Outra observação é que uma parte da redução do consumo após a implantação de aparelhos economizadores a curto prazo, se deve ao fato de que, ao substituir os aparelhos, são sanados os vazamentos (LEE; TANSEL; BALBIN, 2013). Além disso, alguns equipamentos economizadores como a descarga com duplo acionamento, possuem manutenção mais complexa e mais cara, o que pode desestimular a manutenção por parte do usuário residencial, favorecendo que vazamentos ocorram e perdurem.

Outro trabalho realizado a longo prazo, (SANTOS, 2010), que estudou o impacto de diversas intervenções nas instalações hidráulicas de um prédio público da EMBASA, inclusive a utilização de equipamentos economizadores. Nos primeiros 6 meses do estudo foi monitorado o consumo sem nenhuma intervenção, sendo esse o período de referência. Nos 3 meses seguintes foi feito o monitoramento após a correção de vazamentos e o acompanhamento do consumo por uma equipe gestora. Nos 8 meses seguintes foi feito o monitoramento após a instalação de equipamentos economizadores e o acompanhamento pelos mesmos gestores continuou. Nos últimos 10 meses de monitoramento continuou-se o acompanhamento, porém houve uma mudança na equipe gestora. Foram observadas reduções significativas com a manutenção nos aparelhos e formação da equipe gestora, após a instalação dos equipamentos economizadores houve uma redução ainda maior, porém o consumo voltou ao nível anterior depois da troca da equipe gestora, o que indica que uma equipe gestora comprometida e atuante pode influenciar mais na redução do consumo do que o uso de equipamentos economizadores.

No caso das residências de baixa renda estudadas, a própria dona de casa (tendo em vista que a maior parte da população do bairro em estudo era formado por mães solteiras) poderia ser a gestora do seu próprio consumo, e instruções poderiam ser divulgadas para realização dessa gestão, respondendo a perguntas tais como, qual a periodicidade adequada para manutenção preventiva? Como fazer a leitura do hidrômetro? Por que é importante realizar essa leitura? Quais ferramentas eu deveria ter em casa para realizar essas manutenções? Como regular vazões de torneiras, chuveiros, etc? Uma barreira social a ser transposta é de que serviços como esses não são realizados por mulheres, mas sim por homens, no entanto, incentivos podem ser feitos para transpor essa barreira. Uma política pública poderia dar a dona de casa o papel legal de “encarregada da gestão residencial da demanda” de forma a oficializar a responsabilidade.

Para consumidores que contam com rede de manutenção e possuem grande fluxo de usos dos aparelhos, tais como aeroportos ou shopping centers, a utilização de equipamentos economizadores pode significar grandes reduções no consumo de água, embora reduções significativas tenham sido encontradas por Freire (2011) apenas

com a regulagem das vazões dos aparelhos convencionais. No entanto, usuários residenciais de baixa renda, que não tem condições financeiras de contratar serviços de manutenção, nem possuem conhecimentos técnicos para realizar a manutenção ou a regulagem das vazões dos aparelhos por conta própria, o equipamento economizador assim como o convencional a longo prazo pode se tornar fonte de desperdício.

Atualmente está em desenvolvimento a ISO/DIS (*International Standards Organization / Draft International Standard*) de número 31.600 que visa criar um guia para implementação de programas padronizados internacionalmente de selos para identificação de equipamentos que usam a água de modo mais eficiente. Atualmente existem diversos selos diferentes em alguns países como Austrália, EUA, Canada, China, entre outros (BURTON et al., 2019) e a unificação desses selos pode facilitar a comercialização desses produtos em uma escala global. Essa iniciativa é interessante, pois pode ser dado incentivo para que os consumidores deem preferência a equipamentos mais eficientes e o aumento da demanda por aparelhos economizadores pode resultar em redução dos preços, o que pode vir a tornar os aparelhos convencionais obsoletos.

Quanto ao uso de fontes alternativas para abastecimento, como o uso de água de chuva ou o reuso, apesar de significar inúmeros benefícios do ponto de vista econômico e ambiental, encontra alguns entraves, principalmente nessa faixa de renda. No caso das residências estudadas, por exemplo, não existe espaço térreo nas propriedades que comportem uma cisterna para captação de água de chuva ou um reservatório para acumular a água cinza; essa teria que ficar alocada em uma área pública. O uso apenas para jardim não seria interessante, pois a área de jardim é mínima ou inexistente. Caso seja utilizada para descarga no vaso sanitário, seria necessária a instalação de mais um reservatório superior e tubulações extras para evitar a conexão cruzada de águas com qualidades distintas. Em algumas casas esse reservatório pré-existente ficava instalado dentro de um quarto no segundo andar, ocupando espaço útil dentro da residência, sendo assim, mais um reservatório significaria mais perda de espaço. Caso optem por tratar a água para torná-la potável e manter apenas o reservatório já existente, esse tratamento inspiraria cuidados especializados e manutenção periódica. Além disso, assim como para os equipamentos economizadores, a sensação de maior abundância pode gerar o efeito rebote e a falta de manutenção

poderiam ser fonte de desperdícios e até de agravos à saúde caso a água seja utilizada para usos potáveis.

Assim, antes de se pensar em soluções que requerem um maior investimento como o uso de equipamentos economizadores ou uso de fontes alternativas, é importante incentivar a prática da manutenção. Isso vale não só para os usos residenciais, mas também para todos os setores que utilizam água (inclusive para o abastecimento público que apresentam perdas na ordem de 50% na distribuição). Incentivos para os encanadores fazerem cursos de reciclagem aprendendo a dar manutenção preventiva e realizar regulagem das vazões e pressões de água nos aparelhos seria uma ideia interessante. Incentivos também poderiam ser dados para que esses profissionais no momento do atendimento, dessem noções básicas aos moradores para que eles pudessem manter a manutenção preventiva e a regulagem dos equipamentos por conta própria. Manuais de manutenção preventiva, corretiva e regulagem dos aparelhos, poderiam ser distribuídos para a população.

6.7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pensando na replicação desse trabalho em momentos futuros, foram pontuados pontos fortes da metodologia e algumas limitações que seguem abaixo listadas.

Pontos fortes:

- a) Possibilidade de relacionar informações qualitativas em escalas micro (comportamento do usuário) e macro a dados quantitativos;
- b) Possibilidade de abordar questões culturais e climáticas por meio da avaliação de hábitos;
- c) As práticas de uso da água em domicílios são universais, e as peculiaridades locais relatadas em um estudo específico podem permitir a promoção de percepções de pessoas de outras culturas na mudança de hábitos;
- d) Possibilidade de destacar possível consumo excessivo ou desperdício.

Limitações:

- a) Requer que o usuário responda a várias perguntas;
- b) Requer uma quantidade significativa de tempo para interpretar as respostas;
- c) Deve-se ter cuidado ao preparar o roteiro da entrevista e sua aplicação para evitar o viés do pesquisador;
- d) Uma infraestrutura de medição inteligente e uma equipe são necessárias para o processamento de dados e a criação do modelo.

Com a análise dos resultados, descobrimos que ainda existe uma subjetividade considerável nas análises realizadas, mas que pode ser reduzida com o fornecimento de informações-chave em futuras entrevistas, tais como:

- a) Uma identificação de todos os materiais envolvidos na prática, tanto direta quanto indiretamente (por exemplo, tipos e marcas de produtos de higiene, marcas e modelos de chuveiro);
- b) Detalhes do procedimento realizado na prática e sua frequência;
- c) Detalhes sobre os gatilhos que levam à prática (por exemplo, busca por relaxamento e excesso de suor);
- d) Detalhes sobre os horários do dia em que a prática é realizada (e se estão vinculados a outras atividades diárias, como tomar banho antes de dormir);
- e) Duração da permanência em casa para cada habitante;
- f) Atividades de cada membro da família, que podem levar ao aumento do consumo (por exemplo, exercícios e trabalho pesado);

- g) Histórico de doenças (algumas doenças implicam em maior frequência de urina, por exemplo, o que aumenta a quantidade de água usada na descarga).

Observamos também que, ao buscar a generalização de resultados de consumo para uma determinada área, deve-se ter cautela, pois houve diferenças significativas de consumo entre as casas do estudo piloto, apesar de contextos semelhantes.

Recomenda-se também que haja um maior controle da quantidade de pessoas nas residências para que o consumo *percapita* seja mais fidedigno.

Quanto à classificação dos dados foi identificado que uma boa prática nesse piloto foi a realização da semana investigativa, que consistiu em uma semana em que os aparelhos hidráulicos foram medidos individualmente, em contraponto com o sistema de monitoramento principal. Foi observado que essa duplicidade de técnicas de medição é fundamental para validar a técnica de monitoramento principal adotada, que mede o consumo em apenas um ponto, bem como validar as técnicas de classificação dos usos empregadas, seja através de modelagem matemática ou do uso de softwares.

7 CONCLUSÕES

Os dois objetivos fundamentais do desenvolvimento do sistema de suporte à gestão da demanda estudados no presente trabalho foram: (1) fornecer informações aos órgãos públicos de gestão de para capacitá-los a promover melhores iniciativas para um consumo mais racional e (2) incentivar os residentes a aumentar sua percepção acerca da importância do uso racional, que pode ser alcançado com base nas informações que lhes são fornecidas sobre o seu próprio consumo. Para atingir esses dois objetivos principais, informações confiáveis sobre o consumo são essenciais.

A exploração do piloto do sistema de suporte a estratégias de gestão da demanda, permitiu identificar pontos em que o uso da água poderia ser feito de modo mais racional nas residências estudadas, bem como permitiu identificar possibilidades de políticas públicas de fomento ao uso racional. A qualificação e quantificação desses usos racionais foram possíveis a partir do uso de sistema de medição quantitativa com características de *smart metering* e modelos teóricos para explicar o consumo qualitativamente como o modelo das práticas sociais e o modelo conceitual de racionalização do consumo.

O estudo do sistema de medição e classificação adotado no estudo da UFBA mostrou que embora a classificação utilizando o Trace Wizard® tenha sido realizada sob a supervisão de um pesquisador, que forneceu informações de entrada para os modelos, houve distorções significativas de comportamento de consumo por equipamento para residências, com grandes variações no comportamento de consumo. Essas diferenças não puderam ser superadas pelos modelos de *Random Forest* e 1NNERP, o que mostra que os resultados de classificação com o software devem ser analisados com ressalvas, sendo que podem não representar bem a realidade.

Ainda a partir do estudo piloto, foram identificadas oportunidades de aprimoramento do roteiro de entrevista aplicado como ferramenta para reduzir as subjetividades no quesito uso racional de água. Foi identificado que a inclusão de questões para acessar

com mais clareza os significados, materiais e competências vinculadas ao consumo é importante e foram feitas sugestões de novos pontos a tratar nesse instrumento.

Quanto à busca por um padrão único de consumo, foi observado que, mesmo entre residências localizadas em bairros com características arquitetônicas, socioeconômicas e climáticas semelhantes, são encontradas variações consideráveis de consumo de água por aparelho, o que inviabiliza a generalização.

As principais sugestões para o uso racional identificadas no estudo piloto giram em torno da melhoria da ergonomia da atividade, otimização de atividades dentro de casa como cozinhar maiores quantidades por vez ou não dar descarga todas as vezes que urinar, além do incentivo aos moradores para a mudança de hábitos principalmente com relação à realização de manutenção preventiva e regulação das vazões dos aparelhos hidráulicos. Porém, antes de exigir que a população tenha um comportamento mais eficiente, o Estado deve dar o exemplo, começando pela manutenção adequada de suas instalações, para reduzir os níveis alarmantes de perdas que, em Salvador, por exemplo, respondem por mais da metade do volume de água produzida.

Quanto às sugestões de políticas públicas de estímulo ao uso racional de água, observou-se que a principal medida para redução do consumo e fomento do uso racional é o incentivo à manutenção das instalações hidráulicas residenciais, inclusive de forma preventiva, uma vez que os vazamentos são fonte importante de desperdícios e a busca ativa por detectar e sanar esses vazamentos, já seria um grande avanço no gerenciamento da água em uma residência.

As análises do presente estudo, realizadas em pontos estratégicos da população de baixa renda, aumentam a diversidade de situações que servirão de base para futuras pesquisas. Estudos futuros, com amostras maiores, incluindo as mudanças que ocorreram após a pandemia, são boas oportunidades para promover o uso racional da água e melhores estratégias de gestão da demanda. Estudos em outras faixas de renda também são interessantes para entender padrões de usos e identificar os usos desejados e desperdícios.

REFERÊNCIAS

- ABU-BAKAR, Halidu; WILLIAMS, Leon; HALLETT, Stephen Henry. A review of household water demand management and consumption measurement. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 292, n. January, p. 125872, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.125872. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125872>. Acesso em: 08 ago. 2021.
- ABUALIGAH, Laith; DIABAT, Ali. A comprehensive *survey* of the Grasshopper optimization algorithm: results, variants, and applications. **Neural Computing and Applications**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 15533–15556, 2020. DOI: 10.1007/s00521-020-04789-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04789-8>. Acesso em: 24 abr. 2021.
- ABUALIGAH, Laith; DIABAT, Ali; MIRJALILI, Seyedali; ABD ELAZIZ, Mohamed; GANDOMI, Amir H. The Arithmetic Optimization Algorithm. **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering**, [S. l.], v. 376, p. 113609, 2021. DOI: 10.1016/j.cma.2020.113609. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113609>. Acesso em: 24 abr. 2021.
- AJZEN, Icek; COTE, Nicole Gilbert. Attitudes and The Prediction of Behavior. *In*: CRAN, W. D. (org.). **Attitudes and attitude change**. New York: Press, Psychology, 2008. p. 289–311.
- ALFAWZAN, Ziyad; GASIM, Anwar A. An empirical analysis of the welfare implications of the direct rebound effect. **Energy Efficiency**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. 1987–2010, 2019. DOI: 10.1007/s12053-019-09784-0.
- ALMEIDA, Giovana Santos. **Metodologia para caracterização de efluentes domésticos para fins de reúso**: Estudo em Feira de Santana. Bahia. 2007. Universidade Federal da Bahia, Feira de Santana, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/21708>. Acesso em: 26 out. 2013.
- BALACCO, Gabriella; TOTARO, Vincenzo; IACOBELLIS, Vito; MANNI, Alessandro; SPAGNOLETTA, Mauro; PICCINNI, Alberto Ferruccio. Influence of COVID-19 spread on water drinking demand: the case of Puglia region (southern Italy). **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 12, n. 15, 2020. DOI: 10.3390/SU12155919.
- BARRETO, Douglas; MEDEIROS, Oranda. Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, p. 137–149, 2008. Disponível em: seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5939/4713. Acesso em: 26 out. 2014.
- BEAL, Cara D.; STEWART, Rodney Anthony. **South East Queensland Residential End Use Study**: Final Report. City East, QLD. Disponível em: <http://www.urbanwateralliance.org.au/about.html>. Acesso em: 30 out. 2013.
- BEAL, Cara D.; STEWART, Rodney Anthony; HUANG, Tsu-te Andrew. **South East Queensland Residential End Use Study**: Baseline Results - Winter 2010. [s.l.: s.n.].

BERGSTRA, James; BENGIO, Yoshua. Random search for hyper-parameter optimization. **Journal of Machine Learning Research**, [S. l.], v. 13, p. 281–305, 2012.

BORJA, Patrícia Campos (Coordenador); DIAS, Marion Cunha; ALVARES, Maria Lúcia Politano. **Avaliação quali-quantitativa dos serviços de saneamento da cidade do Salvador**. Relatório Técnico. Salvador.

BOTELHO, Gabriella Laura Peixoto. **Avaliação do consumo de água em domicílios: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos**. 2013. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/14058/1/2013_Botelho_G_Avaliacao do consumo de agua em domicilios.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/14058/1/2013_Botelho_G_Avaliacao_do_consumo_de_agua_em_domicilios.pdf). Acesso em: 06 nov. 2013.

BOTELHO, Gabriella; MELLO, Mariza; KIPERSTOK, Asher; OLIVEIRA-ESQUERRE, Karla. A Framework for Archive Demand Management Strategies: A Pilot Study on Water Use in a Low-Income Brazilian Area. **Sustainability**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 406, 2021. DOI: 10.3390/su14010406. Disponível em: [file:///D:/Downloads/sustainability-14-00406 \(1\).pdf](file:///D:/Downloads/sustainability-14-00406 (1).pdf). Acesso em: 31 dez. 2021.

BRASIL. Agersa. **Resolução nº 001/2021, 2021**. p. 1–3. Disponível em: http://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/Resolucao_Agersa_Homologa_Reajuste_tarifario_2021.pdf

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 dez. 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 2 dez. 2021.

BREIMAN, Leo. **ST4_Method_Random_Forest**. [S. l.], p. 1–33, 2001. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

BURTON, A.; BENT, C.; HORNE, B.; GROSSMAN, C.; WAI CHENG, W.; Y., Orgill; PHILPOT, C.; SCHEIN, J.; XUE, B. **Review of international water efficiency product labelling**. [S. l.], n. February, p. 80, 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.15580.64647. Disponível em: https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2019/02/IWA-EUWM-Labelling-Report_Final-002.pdf. Acesso em: 14 fev. 2022.

CAMPBELL, Heather E.; JOHNSON, Ryan M.; LARSON, Elizabeth Hunt. Prices, devices, people, or rules: The relative effectiveness of policy instruments in water conservation. **Review of Policy Research**, [S. l.], v. 21, n. 5, p. 637–662, 2004. DOI: 10.1111/j.1541-1338.2004.00099.x.

CHEN, Chao; LIAW, Andy; BREIMAN, Leo. **Using Random Forest to Learn Imbalanced Data Technical report 666**. Berkeley. Disponível em: <https://statistics.berkeley.edu/sites/default/files/tech-reports/666.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2021.

COMINOLA, A.; NGUYEN, K.; GIULIANI, M.; STEWART, R. A.; MAIER, H. R.;

CASTELLETTI, A. Data mining to uncover heterogeneous water use behaviors from smart meter data. **Water Resources Research**, [S. l.], v. 55, n. 11, p. 9315–9333, 2019. DOI: 10.1029/2019WR024897.

CORRAL-VERDUGO, Victor; FRÍAS-ARMENTA, Martha; PÉREZ-URIAS, Faviola; ORDUÑA-CABRERA, Virginia; ESPINOZA-GALLEGO, Noelia. Residential water consumption, motivation for conserving water and the continuing tragedy of the commons. **Environmental Management**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 527–535, 2002. DOI: 10.1007/s00267-002-2599-5. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00267-002-2599-5>. Acesso em: 4 nov. 2013.

CROUCH, Melissa Lauren. **Stochastic evaluation of per capita domestic water requirements in view of various lifestyles**. 2020. Stellenbosch University, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/107873>. Acesso em: 25 mai. 2022.

DAVOUDI, Simin; DILLEY, Luke; CRAWFORD, Jenny. Energy consumption behaviour: rational or habitual? **disP - The Planning Review**, [S. l.], v. 50, n. 3, p. 11–19, 2014. DOI: 10.1080/02513625.2014.979039. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02513625.2014.979039>. Acesso em: 11 jan. 2021.

DEOREO, William Butler; HEANEY, James Patrick; MAYER, Peter W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal - American Water Works Association**, [S. l.], v. 88, n. 1, p. 79–90, 1996. DOI: 10.1002/j.1551-8833.1996.tb06487.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/j.1551-8833.1996.tb06487.x>. Acesso em: 05 nov. 2020.

DEOREO, William. B.; MAYER, Peter.; DZIEGIELEWSKI, Benedykt; KIEFER, Jack. **Residential End Uses of Water, Version 2: Executive Report**. Water Research Foundation. [s.l.: s.n.], 2016. Disponível em: www.waterrf.org/4309%0Ah-ttp://www.waterrf.org/Pages/Projects.aspx?PID=4309. Acesso em: 05 mar. 2022.

DIEKMANN, Andreas; PREISENDÖRFER, Peter. Green and greenback: the behavioral effects of environmental attitudes in low-cost and high-cost situations. **Rationality and Society**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 441–472, 2003. DOI: 10.1177/1043463103154002.

FONTDECABA, Sara; SÁNCHEZ-ESPIGARES, José A.; MARCO-ALMAGRO, Lluís; TORT-MARTORELL, Xavier; CABRESPINA, Francesc; ZUBELZU, Jordi. An Approach to Disaggregating Total Household Water Consumption into Major End-Uses. **Water Resources Management**, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 2155–2177, 2013. DOI: 10.1007/s11269-013-0281-8.

FREIRE, Maria Thaís Menezes. **O consumo racional de água no aeroporto internacional de Salvador, Bahia/Brasil**. 2011. Salvador: Universidade Federal da Bahia, [S. l.], 2011.

GARCIA, Ana. **Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2011.

GARCIA, Ana; OLIVEIRA-ESQUERRE, Karla; KIPERSTOK, Asher; SANTOS SILVA,

Sérgio Ricardo; SODRÉ, Jonatas. Análise exploratória do consumo de água em residências de baixa e média renda em Salvador – estudo de caso. *In*: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 2011, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: ABES, 2011.

GLEICK, Peter H. Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. **Water International**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 83–92, 1996. DOI: 10.1080/02508069608686494. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508069608686494>. Acesso em: 26 out. 2014.

GLEICK, Peter H. Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century. **Science**, [S. l.], v. 302, n. 5650, p. 1524–1528, 2003. DOI: 10.1126/science.1089967.

HARDIN, Garrett. The tragedy of the commons. **Science**, [S. l.], v. 162, n. 3859, p. 1243–1248, 1968. DOI: 10.1126/science.162.3859.1243. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.162.3859.1243>. Acesso em: 17 jan. 2021.

HARDWIG, John. Ownership, possession, and consumption: on the limits of rational consumption. **Journal of Social Philosophy**, [S. l.], v. 46, n. 3, p. 281–296, 2015. DOI: 10.1111/josp.12101. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/josp.12101>. Acesso em: 11 jan. 2021.

HASAN, Hasrul Hazman; RAZALI, Siti Fatin Mohd; RAZALI, Nor Hidayah Mohd. Does the household Save water? evidence from behavioral analysis. **Sustainability**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 641, 2021. DOI: 10.3390/su13020641. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/641>. Acesso em: 17 jan. 2021.

HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert; FRIEDMAN, Jerome. **The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction**. New York, NY: Springer New York, 2009. DOI: 10.1007/b94608. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/b94608>. Acesso em: 05 abr. 2019.

HEIKKILA, Eric J. Environmentalism with Chinese characteristics? Urban river revitalization in Foshan. **Planning Theory and Practice**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 33–55, 2011. DOI: 10.1080/14649357.2011.549747.

HEINRICH, Matthias. **Water End Use and Efficiency Project [WEEP] - Final Report**. Judgeford, 2007.

INOCENCIO, Arlene; PADILLA, Jose; JAVIER, Esmyra. **Determination of basic household water requirements (revised) Discussion Papers Series**. Philippines, 1999.

INTERNETIONAL STANDART. **(ISO) 4064-3 Measurement of water flow in fully charged closed conduits - Meters for cold potable water and hot water Part 3: Test methods and equipment**. [S. l.], v. 3, 2005.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf. Acesso em: 30 nov. 2021.

JAMES, Gareth; WITTEN, Daniela; HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert. **An Introduction to Statistical Learning**. New York, NY: Springer New York, 2013. v. 103 DOI: 10.1007/978-1-4614-7138-7. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-7138-7>. Acesso em: 05 abr. 2019.

KATZ, David. Undermining demand management with supply management: Moral hazard in Israeli water policies. **Water**, [S. l.], v. 8, n. 4, 2016. DOI: 10.3390/w8040159.

KELLY, D. A. Labelling and water conservation: A European perspective on a global challenge. **Building Services Engineering Research and Technology**, [S. l.], v. 36, n. 6, p. 643–657, 2015. DOI: 10.1177/0143624415571758

KIPERSTOK, Asher; GARCIA, Ana. Mudanças climáticas e o abastecimento de água: uma reflexão sobre o papel da gestão da demanda na Bahia (Climate change and water supply: a reflection on the role of demand management in Bahia). **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 21, n. 2, p. 465–48, 2011.

KIPERSTOK, Asher; KIPERSTOK, Alice Costa. Technology improvements or influencing user behaviour for water savings in administrative and university buildings: which one should come first? *In*: GHISI, EneDir (org.). **Frontiers in Civil Engineering**. Sharjah: Bentham Science Publishers, 2017. v. 2p. 153–202. DOI: 10.2174/97816810848311170201. Disponível em: <http://www.eurekaselect.com/153131/volume/2>. Acesso em: 04 jan. 2018.

KOWALSKI, M.; MARSHALLSAY, D. Using measured microcomponent data to model the impact of water conservation strategies on the diurnal consumption profile. **Water Science and Technology: Water Supply**, [S. l.], v. 5, n. 3–4, p. 145–150, 2005. DOI: 10.2166/ws.2005.0094.

KOWALSKI, Mark; MARSHALLSAY, Dene. **A system for improved assessment of domestic water use components**. Blagrove, 2003.

KUHN, Max. **The caret Package**. 2019. Disponível em: <https://topepo.github.io/caret/>. Acesso em: 20 dez. 2019.

KUHN, Max; JOHNSON, Kjell. **Applied Predictive Modeling**. New York, NY: Springer New York, 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-6849-3. Disponível em: http://www.amazon.com/Applied-Predictive-Modeling-Max-Kuhn/dp/1461468485/ref=pd_bxgy_b_img_z. Acesso em: 07 jun. 2019.

LAKHANI, Nina. Revealed : millions of Americans can't afford water as bills rise 80% in a decade. **The Guardian**, [S. l.], p. 1–12, 2020.

LARSON, Eric; FROEHLICH, Jon; CAMPBELL, Tim; HAGGERTY, Conor; ATLAS, Les; FOGARTY, James; PATEL, Shwetak N. Disaggregated water sensing from a single, pressure-based sensor: An extended analysis of HydroSense using staged experiments. **Pervasive and Mobile Computing**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 82–102, 2012. DOI: 10.1016/j.pmcj.2010.08.008. Disponível em:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574119210000842>. Acesso em: 30 out. 2013.

LEE, Mengshan; TANSEL, Berrin; BALBIN, Maribel. Urban Sustainability Incentives for Residential Water Conservation: Adoption of Multiple High Efficiency Appliances. **Water Resources Management**, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 2531–2540, 2013. DOI: 10.1007/s11269-013-0301-8.

LI, Yaru; ZHANG, Yulai. Hyper parameter estimation method with particle swarm optimization. **arXiv**, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2011.11944.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.

LIU, Ariane; GIURCO, Damien; MUKHEIBIR, Pierre. Urban water conservation through customised water and end-use information. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 112, p. 3164–3175, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.10.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.002>. Acesso em: 21 fev. 2019.

LIU, Wenling; OOSTERVEER, Peter; SPAARGAREN, Gert. Promoting sustainable consumption in China: a conceptual framework and research review. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 134, p. 13–21, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.10.124. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615015966>. Acesso em: 20 dez. 2021.

LÜDTKE, Deike U.; LUETKEMEIER, Robert; SCHNEEMANN, Michael; LIEHR, Stefan. Increase in daily household water demand during the first wave of the COVID-19 pandemic in germany. **Water**, [S. l.], v. 13, n. 3, 2021. DOI: 10.3390/w13030260.

MAGALHÃES, Géssica; GARCIA, Ana; FERREIRA, Luciano; KIPERSTOK, Asher; OLIVEIRA-ESQUERRE, Karla. Análise exploratória do consumo de água em residências de baixa e média renda em Salvador, Bahia. *In*: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador p. 1–7.

MARINHO, Maerbal; GONÇALVES, Maria Do Socorro; KIPERSTOK, Asher. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 62, p. 98–106, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.06.053. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652613004538>. Acesso em: 20 jan. 2014.

MARINOSKI, Ana; VIEIRA, Abel; SILVA, Arthur; GHISI, Enedir. Water end-uses in low-income houses in southern Brazil. **Water**, [S. l.], v. 6, n. 7, p. 1985–1999, 2014. DOI: 10.3390/w6071985. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2073-4441/6/7/1985/>. Acesso em: 11 ago. 2014.

MASERA, Marcelo; BOMPARD, Ettore F.; PROFUMO, Francesco; HADJSAID, Nouredine. Smart (Electricity) Grids for Smart Cities: Assessing Roles and Societal Impacts. **Proceedings of the IEEE**, [S. l.], v. 106, n. 4, p. 613–625, 2018. DOI: 10.1109/JPROC.2018.2812212.

MASLOW, A. H. A theory of human motivation. **Psychological Review**, [S. l.], v. 50, p. 370–396, 1943.

MATOS, Cristina; TEIXEIRA, Carlos A.; DUARTE, A. A. L. S.; BENTES, I. Domestic water uses : characterization of daily cycles in the north region of Portugal. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 460, p. 444–450, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.018>. Acesso em: 20 jan. 2014.

MAYER, Peter W.; DEOREO, William B. **Residential End Uses of Water**. 1. ed. Denver, CO: AWWA Research Foundation, 1999.

MCDONALD, Robert I.; DOUGLAS, Ian; REVENGA, Carmen; HALE, Rebecca; GRIMM, Nancy; GRÖNWALL, Jenny; FEKETE, Balazs. Global urban growth and the geography of water availability, quality, and delivery. **Ambio**, [S. l.], v. 40, n. 5, p. 437–446, 2011. DOI: 10.1007/s13280-011-0152-6.

MELLO, Mariza; OLIVEIRA-ESQUERRE, Karla; BOTELHO, Gabriella. Comparative Study of Similarity Measures Used to Classify Residential Water Flow Pattern of Low-Income Households in Salvador - Brazil. *In*: **Computer Aided Chemical Engineering**. [s.l.] : Elsevier B.V., 2018. v. 44p. 1405–1410. DOI: 10.1016/B978-0-444-64241-7.50229-9.

MELLO, Mariza Souza. **Identificação dos perfis de consumo intradomiciliar por equipamento hidráulico**. 2018. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/27884/1/Dissertação_MarizaMello.pdf. Acesso em: 29 mar. 2019

MORRISON, Jane; FRIEDLER, Eran. A critical review of methods used to obtain flow patterns and volumes of individual domestic water using appliances. **Urban Water Journal**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 328–343, 2014. DOI: 10.1080/1573062X.2014.900090.

MYLAN, Josephine. Understanding the diffusion of Sustainable Product-Service Systems: Insights from the sociology of consumption and practice theory. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 97, p. 13–20, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.01.065. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.065>. Acesso em: 05 fev. 2021.

NGUYEN, K. A.; STEWART, R. A.; ZHANG, H. An intelligent pattern recognition model to automate the categorisation of residential water end-use events. **Environmental Modelling & Software**, [S. l.], v. 47, p. 108–127, 2013. DOI: 10.1016/j.envsoft.2013.05.002. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815213001084>. Acesso em: 20 jan. 2014.

NGUYEN, K. A.; STEWART, Rodney A.; ZHANG, Hong; SAHIN, Oz. An adaptive model for the autonomous monitoring and management of water end use. **Smart Water**, [S. l.], v. 3, n. 1, 2018. DOI: 10.1186/s40713-018-0012-7.

NGUYEN, K. A.; STEWART, Rodney Anthony; ZHANG, Hong. An autonomous and intelligent expert system for residential water end-use classification. **Expert Systems with Applications**, [S. l.], v. 41, n. 2, p. 342–356, 2014. DOI:

10.1016/j.eswa.2013.07.049. Disponível em:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417413005368>. Acesso em: 20 jan. 2014.

NGUYEN, K. A.; ZHANG, H.; STEWART, R. A. Application of dynamic time warping algorithm in prototype selection for the disaggregation of domestic water flow data into end use events. 34th IAHR Congress 2011 - Balance and Uncertainty: Water in a Changing World, Incorporating the 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and the 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering, **Annals [S. l.]**, n. November 2017, p. 2137–2144, 2011.

NGUYEN, K. A.; ZHANG, Hong; STEWART, Rodney Anthony. Development of an intelligent model to categorise residential water end use events. **Journal of Hydro-Environment Research**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 182–201, 2013. DOI: 10.1016/j.jher.2013.02.004.

NGUYEN, Khoi; STEWART, Rodney; ZHANG, Hong; GIURCO, Damien; BLUMENSTEIN, Michael; RAHIM, Shamsur. Next generation machine learning for urban water management. **Water e-Journal**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1–7, 2020. DOI: 10.21139/wej.2020.003. Disponível em:
<https://watersource.awa.asn.au/technology/innovation/next-generation-machine-learning-for-urban-water-management/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

OECD. Water Governance in Cities. In: OECD Studies on Water Paris: OECD, 2016. DOI: 10.1787/9789264251090-en. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/governance/water-governance-in-cities_9789264251090-en. Acesso em: 14 dez. 2021.

OLIVEIRA-ESQUERRE, Karla; MELLO, Mariza; BOTELHO, Gabriella; DENG, Zikang; KOUSHANFAR, Farinaz; KIPERSTOK, Asher. Water end-use consumption in low-income households: evaluation of the impact of preprocessing on the construction of a classification model. **Expert Systems with Applications**, [S. l.], v. 185, p. 115623, 2021. DOI: 10.1016/j.eswa.2021.115623. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417421010174>. Acesso em: 19 jul. 2021.

OTTO, Siegmur; NEAMAN, Alexander; RICHARDS, Bárbara; MARIÓ, Andrés. Explaining the Ambiguous Relations Between Income, Environmental Knowledge, and Environmentally Significant Behavior. **Society and Natural Resources**, [S. l.], v. 29, n. 5, p. 628–632, 2016. DOI: 10.1080/08941920.2015.1037410. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1080/08941920.2015.1037410>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PASTOR-JABALOYES, L.; ARREGUI, F. J.; COBACHO, R. Water end use disaggregation based on soft computing techniques. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2018. DOI: 10.3390/w10010046.

PEREZ, Letícia Palazzi; RODRIGUES-FILHO, Saulo; MARENGO, José Antônio; SANTOS, Diogo Victor; MIKOSZ, Lucas. Climate change and disasters: analysis of the Brazilian regional inequality. **Sustainability in Debate**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 260–296, 2020. DOI: 10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33813. Disponível em:
<https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/33813>. Acesso em: 30 nov.

2021.

PMAMC (PLANO DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA EM SALVADOR). **Plano de Ação Climática de Salvador 2020-2049**. Salvador.

Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2021/01/salvador-plano-de-acao-climatica.pdf>.

Acesso em: 22 fev. 2022.

RAHIM, Md Shamsur; NGUYEN, K. A.; STEWART, Rodney Anthony; GIURCO, Damien; BLUMENSTEIN, Michael. Machine learning and data analytic techniques in digitalwater metering: A review. **Water**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2020. DOI: 10.3390/w12010294.

RATHNAYAKA, Kumudu; MALANO, Hector; MAHEEPALA, Shiroma; GEORGE, Biju; NAWARATHNA, Bandara; ARORA, Meenakshi; ROBERTS, Peter. Seasonal demand dynamics of residential water end-uses. **Water** (Switzerland), [S. l.], v. 7, n. 1, p. 202–216, 2015. DOI: 10.3390/w7010202.

SAKOE, Hiroaki; CHIBA, Seibi. Dynamic Programming Algorithm Optimization for Spoken Word Recognition. **IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 43–49, 1978. DOI: 10.1109/TASSP.1978.1163055.

SANTOS, Aguinaldo Dos; DAROS, Carolina. **O Hábito de Lavar Roupas: uma agenda de inovação voltada para a atividade de “lavar roupa” no âmbito da Habitação de Interesse Social no Paraná**. Curitiba: Núcleo de design e sustentabilidade da UFPR, 2014.

SANTOS, Elisabete; PINHO, José Antonio Gomes De; MORAES, Luiz Roberto Santos; FISCHER, Tânia. **O caminho das águas em Salvador: bacias hidrográficas, bairros e fontes**. Salvador: CIAGS/UFBA; SEMA, 2010. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Livros/caminhodasaguas.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2014.

SANTOS, Luiz Carlos Alcântara. **Gestão da água em edificações públicas: a experiência no prédio da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. - EMBASA**. 2010. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/18602/1/GESTÃO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SHOVE, Elizabeth; PANTZAR, Mika; WATSON, Matt. **The Dynamics of Social Practice everyday life and how it changes**. London: SAGE, 2012.

SILVA, Samara Fernanda; BRITTO, Vicky; AZEVEDO, Camila; KIPERSTOK, Asher. Rational consumption of water in administrative public buildings: The experience of the Bahia administrative center, Brazil. **Water**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 2552–2574, 2014. DOI: 10.3390/w6092552.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO.

Diagnóstico dos serviços de água e esgoto. 2019. Disponível em:

<http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 2 dez. 2021. Acesso em: 16 dez. 2021.

SÖRQVIST, Patrik; LANGEORG, Linda. Why people harm the environment

although they try to treat it well: an evolutionary-cognitive perspective on climate compensation. **Frontiers in Psychology**, [S. l.], v. 10, 2019. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00348. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2019.00348/full>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SOUZA, Cezarina Maria Nobre; COSTA, André Monteiro; MORAES, Luiz Roberto Santos; FREITAS, Carlos Machado De. **Saneamento**: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.7476/9788575415238.

STANCU, Catalin M.; GRØNHØJ, Alice; LÄHTEENMÄKI, Liisa. Meanings and motives for consumers' sustainable actions in the food and clothing domains. **Sustainability** (Switzerland), [S. l.], v. 12, n. 24, p. 1–25, 2020. DOI: 10.3390/su122410400.

STEG, Linda. Values, norms, and intrinsic motivation to act proenvironmentally. **Annual Review of Environment and Resources**, [S. l.], v. 41, p. 277–292, 2016. DOI: 10.1146/annurev-environ-110615-085947.

STEWART, Rodney Anthony; WILLIS, Rachelle M.; PANUWATWANICH, Kriengsak; SAHIN, Oz. Showering behavioural response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study. **Behaviour & Information Technology**, [S. l.], v. 32, n. 7, p. 1–17, 2011. DOI: 10.1080/0144929X.2011.577195. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0144929X.2011.577195>. Acesso em: 21 out. 2013.

UN. **Water for Life Decade**. 2014. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml. Acesso em: 29 nov. 2020.

VAIRAVAMOORTHY, Kala; GORANTIWAR, Sunil D.; PATHIRANA, Assela. Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, [S. l.], v. 33, n. 5, p. 330–339, 2008. DOI: 10.1016/j.pce.2008.02.008. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474706508000223>. Acesso em: 26 out. 2013.

VAIRAVAMOORTHY, Kalanithy; MANSOOR, M. A. Mohamed. Demand management in developing countries. In: BUTTLER, D.; MEMON, F. A. (org.). **Water Demand Management**. London and Seattle: IWA publishing, 2006. p. 180–214.

VAŠAK, Mario; BANJAC, Goran; NOVAK, Hrvoje. Water use disaggregation based on classification of feature vectors extracted from smart meter data. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 119, n. 1, p. 1381–1390, 2015. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.08.992.

VIEIRA, Abel Silva. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina**. 2012. Universidade de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/100475>. Acesso

em: 20 dez. 2013.

WATKINS, Leah; AITKEN, Robert; MATHER, Damien. Conscientious consumers : a relationship between moral foundations, political orientation and sustainable consumption. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 134, p. 137–146, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.06.009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.009>. Acesso em: 06 abr. 2020.

WATSON, Matt. How theories of practice can inform transition to a decarbonised transport system. **Journal of Transport Geography**, [S. l.], v. 24, p. 488–496, 2012. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2012.04.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.002>. Acesso em: 06 fev. 2021.

WILLIS, Rachelle M.; STEWART, Rodney Anthony; PANUWATWANICH, Kriengsak; CAPATI, G.; GIURCO, Damien P. Gold Coast domestic water end use study. **Water-Australian ...**, Gold Coast, v. 36, n. September, p. 79–85, 2009. Disponível em: www.manuelectronics.com.au/.../willisetal2009goldc...? Acesso em: 30 dez. 2014.

WILLIS, Rachelle M.; STEWART, Rodney Anthony; PANUWATWANICH, Kriengsak; JONES, Sarah; KYRIAKIDES, Andreas. Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households. **Resources, Conservation & Recycling**, [S. l.], v. 54, n. 12, p. 1117–1127, 2010. DOI: 10.1016/j.resconrec.2010.03.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.03.004>. Acesso em: 20 out. 2019.

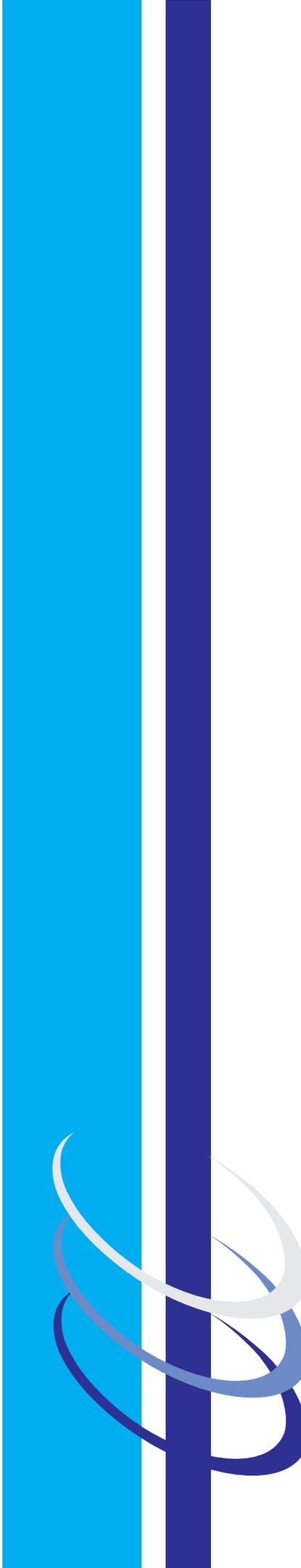
WONDERS, M.; GHASSEMLOOY, Z.; ALAMGIR HOSSAIN, M. Training with synthesised data for disaggregated event classification at the water meter. **Expert Systems with Applications**, [S. l.], v. 43, p. 15–22, 2016. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.08.033. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417415005898>. Acesso em: 07 jun. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. How much water is needed in emergencies. **Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies.**, [S. l.], v. 9, n. July, p. 1–4, 2013. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/tn9_how_much_water_en.pdf. Acesso em: 25 mar. 2021.

WU, Jia; CHEN, Xiu Yun; ZHANG, Hao; XIONG, Li Dong; LEI, Hang; DENG, Si Hao. Hyperparameter optimization for machine learning models based on Bayesian optimization. **Journal of Electronic Science and Technology**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 26–40, 2019. DOI: 10.11989/JEST.1674-862X.80904120. Disponível em: <https://doi.org/10.11989/JEST.1674-862X.80904120>. Acesso em: 24 abr. 2021.

8 Apêndice A – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

- Identificação de todos os materiais envolvidos na prática, tanto direta quanto indiretamente (por exemplo, tipos e marcas de produtos de higiene, marcas e modelos de chuveiro);
- Detalhes do procedimento realizado (descrição pormenorizada) em cada atividade de uso de água e sua frequência; ex: Acumula roupa suja? Faz separação das roupas? Reutiliza a água que lavou a roupa? Você deixa a torneira aberta durante todo o processo? Como você toma banho e lava o cabelo? Você demora quantos minutos para tomar banho?
- Detalhes sobre o conforto ao usar os aparelhos; ex: Você gosta do jeito da água do seu chuveiro? Ela é forte?
- Detalhes sobre os gatilhos que levam à prática; ex: Como decide que uma roupa está suja? Como decide o momento de fazer a limpeza da residência?



UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>