



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JÁDDSON ÁDDSON BOÁGUA DE MELO

**AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DE ÁGUA EM  
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

MOSSORÓ-RN

2019

JÁDDSON ÁDDSON BOÁGUA DE MELO

**AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DE ÁGUA EM  
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

Monografia apresentada a Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,  
campus Mossoró, para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra.<sup>a</sup> Maria Josicleide  
Felipe Guedes

MOSSORÓ-RN

2019

©© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

MM528    Melo, Jáddson Áddson Boágua de .  
a            Avaliação e quantificação dos desperdícios de  
             água em edificações públicas / Jáddson Áddson  
             Boágua de Melo. - 2019.  
             60 f. : il.

             Orientadora: Maria Josicleide Felipe Guedes.  
             Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,  
2019.

             1. Recursos hídricos. 2. Gerenciamento. 3.  
Alternativas ao desperdício de água. I. Guedes,  
Maria Josicleide Felipe, orient. II. Título.

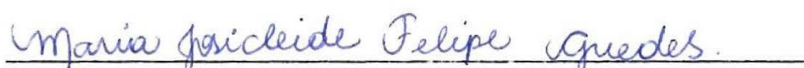
JÁDDSON ÁDDSON BOÁGUA DE MELO

**AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DE ÁGUA EM  
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

Monografia apresentada a Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,  
campus Mossoró, para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

DEFENDIDA EM: 13/08/2019

**BANCA EXAMINADORA**



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Josicleide Felipe Guedes (UFERSA)  
Presidente



Prof. Dr. Alisson Gadelha de Medeiros (UFERSA)  
Membro Examinador



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Aparecida Goularte Dombroski (UFERSA)  
Membro Examinador

Dedico aos meus pais: Juvenal Gomes de Melo  
e Maria das Graças Boágua Melo

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela paciência e sabedoria na execução desse trabalho.

A Juvenal Gomes de Melo, meu pai e maior fonte de inspiração, que dar o suor e sangue para que eu possa estudar e ter uma educação que ele nunca conseguiu ter.

A Maria das Graças Boágua Melo, minha querida mãe, pelo apoio na hora da agonia e pelo esforço para me manter estudando, pois nada vem de graça e a senhora é responsável pela maior das minhas conquistas.

A minha irmã, Ana Élide Boágua de Melo, por acreditar sempre em mim e pelo suporte.

A Maria Josicleide Felipe Guedes, minha orientadora, pelo tempo dedicado, pela atenção, e sabedoria passada ao longo desse projeto.

Aos meus avós, Raimunda Ilda Boágua e Luiz Boágua Neto, por estarem sempre comigo, me ajudando a passar por momento turbulento e me passando experiência.

A minha tia, Maria Helena de Queiroz Neta, por ser fonte de inspiração, mulher forte e guerreira e a sua filha, minha prima Paula Thais de Queiroz Moraes.

A minha namorada, Láyrime Biank de Moraes Torres, pela paciência que me deu, principalmente nas horas de desespero.

A Glênio Segundo, Francisco Danilo Monteiro Cordeiro, principais companheiros nessa empreitada.

A Giovane Guimarães, Vlagner Medeiros, Carlos Henrique, Cláudia Yanara, Cayssa Nascimento, Valécio Duarte, Gabriel Saulo, Gledson Daniel, amigos fiéis e escudeiros nessa longa empreitada, não sei o que faria sem vocês.

A Paloma Sara de Moraes Arcanjo e Manoel Genilson Vieira da Costa Júnior, amigos que, no momento de ansiedade, me ajudaram a entrar nos trilhos e manter a calma.

“Eu faço da dificuldade a minha motivação. A volta por cima, vem na continuação”.

(Alexandre Magno Abrão)

## RESUMO

A água é um elemento indispensável na sobrevivência e desenvolvimento de todos os seres vivos, fazendo-se indispensável a sua conservação para garantir a manutenção da vida através de gerações futuras. O aumento na população, aliado ao crescimento do consumo de água, tornou cada vez mais a situação dos recursos hídricos no mundo fosse cada vez mais preocupante, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Nesse sentido, é pertinente a busca da efetivação de ações que utilizem os recursos hídricos de forma mais estratégica. Analisando esse contexto, o volume de água utilizado em uma edificação pode ser separado no volume que é consumido e o que é desperdiçado. Os desperdícios de água podem acontecer, pela ocorrência de vazamento ou negligência no momento do uso. Com isso, a partir desta pesquisa, objetivou-se avaliar e quantificar os desperdícios de água nas edificações da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró – RN. Ao todo, por meio do levantamento realizado, foram constatados 384 pontos de consumo de água, dos quais 332 estavam funcionando. Estimou-se um índice de vazamentos de 28,01%. O aparelho hidrossanitário que mais contribui para o volume de água desperdiçado foram as bacias sanitárias, totalizando 159,18 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>, representando mais de 90% do desperdício nesses equipamentos. Dessa forma, a água desperdiçada em todos os aparelhos estudados alcançou valores de 200,23 m<sup>3</sup>.mês. Por meio dos resultados obtidos, algumas orientações foram apontadas: i) enfoque em políticas de manutenção preventiva; ii) substituição das válvulas com mau funcionamento das bacias sanitárias; iii) campanhas educativas dentro da instituição para alertar os usuários quanto os desperdícios de água nos bebedouros; iv) captação da água desperdiçada nos bebedouros em reservatórios para aproveitamento em outros fins.

**Palavras-chaves:** Recursos hídricos. Gerenciamento. Alternativas ao desperdício de água.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Integração entre ações estruturais e não estruturais para obtenção de máxima eficiência na diminuição de desperdícios.....                       | 21 |
| Figura 2 – Representação do teste do corante .....                                                                                                          | 25 |
| Figura 3 – Teste do pó de giz ou cinza de cigarro .....                                                                                                     | 26 |
| Figura 4 – Teste do nível da água .....                                                                                                                     | 26 |
| Figura 5 – Teste da caneta.....                                                                                                                             | 27 |
| Figura 6 – Fluxograma da pesquisa .....                                                                                                                     | 31 |
| Figura 7 – Mapa do estado do Rio Grande do Norte, com marcação no município de Mossoró .....                                                                | 32 |
| Figura 8 – Lado oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.....                                                                                      | 33 |
| Figura 9 – Lado leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.....                                                                                      | 33 |
| Figura 10 – Locais investigados neste estudo .....                                                                                                          | 34 |
| Figura 11 – Sistema dos bebedouros na universidade .....                                                                                                    | 36 |
| Figura 12 – Esquema para captação da água dos bebedouros na Central de Aulas 5 .....                                                                        | 37 |
| Figura 13 – Tipos de bebedouros analisados.....                                                                                                             | 38 |
| Figura 14 – Distribuição dos pontos de consumo de água em relação ao total.....                                                                             | 40 |
| Figura 15 – Aparelhos hidrossanitários desativados.....                                                                                                     | 42 |
| Figura 16 – Comparação entre as condições de operação dos aparelhos hidrossanitários UEPB e UFERSA.....                                                     | 43 |
| Figura 17 – Teste da caneta hidrossolúvel em bacias sanitárias.....                                                                                         | 44 |
| Figura 18 – Vazamento de filete na torneira da Central de Aulas 6.....                                                                                      | 46 |
| Figura 19 – Comparação entre a quantidade de aparelhos e de vazamentos entre a UFCG e a UFERSA.....                                                         | 47 |
| Figura 20 – Comparação entre os vazamentos das bacias sanitárias nas centrais de aulas da UFERSA em diferentes períodos de tempo .....                      | 48 |
| Figura 21 – Sistema de reutilização da água de bebedouros.....                                                                                              | 53 |
| Figura 22 – Sistema de captação e coleta de água dos bebedouros no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Caucaia ..... | 53 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Valores para a estimativa do volume desperdiçado nos vazamentos visíveis .....                     | 35 |
| Tabela 2 – Alunos ativos nos cursos de graduação da UFERSA .....                                              | 39 |
| Tabela 3 – Distribuição dos aparelhos hidrossanitários e bebedouros por tipo de aparelho e edifício.....      | 41 |
| Tabela 4 – Quantidade de pontos de utilização funcionando de acordo com por tipo de aparelho e edifício ..... | 42 |
| Tabela 5 – Quantidade de pontos hidráulicos que podem gerar desperdício por tipo de aparelho e edifício ..... | 45 |
| Tabela 6 – Volume de água desperdiçada em litros (L) pelos aparelhos sanitários .....                         | 49 |
| Tabela 7 – Composição de custo e preço total para substituição das válvulas de descargas ...                  | 51 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CA – Central de Aulas

CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

CE – Ceará

DTA – Documentos Técnicos de Apoio

ESAM – Escola Superior de Agricultura

ETE – Escola Técnica Estadual

FEC – Faculdade de Engenharia Civil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte

IES – Instituições de Ensino Superior

IFCE – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará

LIPURA – Laboratório Institucional do Programa de Uso Racional da Água

LSP – Laboratório de Sistemas Prediais

NBR – Norma Brasileira

PAAT – Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias

PC – Prédio Central

P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas

PLS – Plano de Logística Sustentável

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PURA – Programa de Uso Racional da Água

RN – Rio Grande do Norte

RU – Restaurante Universitário

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SIAPE – Sistema Integrado de Administração de Pessoal

SIGAA – Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas

SIN – Superintendência de Infraestrutura

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SP – São Paulo

SIPAC – Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

|          |                                                                          |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                   | <b>15</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>                                                   | <b>17</b> |
| 2.1      | Objetivo geral .....                                                     | 17        |
| 2.2      | Objetivos específicos.....                                               | 17        |
| <b>3</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                         | <b>18</b> |
| 3.1      | Disponibilidade hídrica mundial .....                                    | 18        |
| 3.1.1    | Disponibilidade hídrica no Brasil .....                                  | 18        |
| 3.2      | Gestão das águas em áreas urbanas .....                                  | 19        |
| 3.3      | Políticas governamentais.....                                            | 21        |
| 3.3.1    | Política Nacional dos Recursos Hídricos .....                            | 22        |
| 3.3.2    | Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) .....                         | 22        |
| 3.3.3    | Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) .....        | 23        |
| 3.3.4    | Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).....    | 24        |
| 3.4      | Identificação e correção de vazamentos em sistemas prediais.....         | 24        |
| 3.5      | Programas de conservação de água em instituições de ensino superior..... | 27        |
| 3.5.1    | Universidade de São Paulo (PURA-USP).....                                | 28        |
| 3.5.2    | Programa de Conservação de Água (Pró-Água, Unicamp) .....                | 29        |
| 3.5.3    | Universidade de Stanford.....                                            | 30        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                  | <b>31</b> |
| 4.1      | Área de estudo .....                                                     | 31        |
| 4.2      | Aquisição de dados.....                                                  | 34        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                       | <b>40</b> |
| 5.1      | Diagnóstico dos pontos de consumo de água .....                          | 40        |
| 5.2      | Identificação e quantificação dos vazamentos.....                        | 44        |
| 5.2.1    | Aparelhos hidrossanitários dos banheiros .....                           | 44        |

|       |                                         |           |
|-------|-----------------------------------------|-----------|
| 5.2.2 | Desperdício de água nos bebedouros..... | 51        |
| 5.3   | <b>Desperdício total.....</b>           | <b>54</b> |
| 6     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>        | <b>56</b> |
|       | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                 | <b>57</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que se caracteriza por ter uma deficiência na prestação dos seus serviços públicos, seja na área de transporte, saúde, educação, segurança, entre outros. E com o saneamento básico não seria diferente, uma vez que ainda há uma parte da população que não tem acesso fácil a rede de abastecimento de água, coleta de lixo, coleta de esgoto e drenagem urbana. Desse modo, essa população entra em contato com água que não está dentro dos padrões de potabilidade e qualidade estabelecidos por legislação, podendo ocasionar, dentro outros problemas, a transmissão de doenças (SILVA; SANTANA, 2014).

A água, por mais que a maioria da população não compreenda dessa maneira, é um elemento finito e é um recurso indispensável para o desenvolvimento da vida, tanto fauna como flora, primordial para o equilíbrio ecológico. Os sistemas de abastecimento, no início, eram rudimentares, mas com a revolução industrial toda a tecnologia conseguiu avançar e os sistemas de abastecimento acompanharam o ritmo. Concomitantemente com o crescimento tecnológico, veio o crescimento populacional, o que aumentou ainda mais a necessidade de consumo de água por parte do ser humano (HELLER; PÁDUA, 2010).

No planeta há quantidade suficiente de água, aproveitável para consumo, para todos os habitantes. Mesmo assim, ainda é possível encontrar zonas com altos índices de escassez. Isso ocorre, principalmente, devido à má distribuição da água, que se concentra em determinadas regiões e provoca escassez em outras. O Brasil, por exemplo, tem cerca de 13,80% da água doce do mundo em seu território. A região Norte concentra aproximadamente 68% da quantidade de água disponível, enquanto sua população representa 5% da brasileira. Ainda existem locais que frequentemente encaram a escassez, como a região semiárida do país, situada, principalmente, no Nordeste (MACHADO; PACHECO, 2010).

Aliado a escassez, aparece outro problema, o sistema público de abastecimento brasileiro está sempre com a preocupação de ofertar a água, mas não existe a cultura da fiscalização e acompanhamento como esse recurso está sendo oferecido e para que está sendo usado. Dessa forma, há fatores que contribuem para os desperdícios, por exemplo, o consumo inadequado, a utilização de tubulações e aparelhos ultrapassados, aparelhos ou tubulações com vazamento (SILVA et al., 2013).

Nesse ritmo surge a urgente necessidade da criação e/ou ampliação de uma gestão de recursos hídricos, que desenvolva e implemente estratégias quanto a demanda hídrica e uso eficiente da água, criando alternativas que possibilitem minimizar os desperdícios e o uso inadequado deste recurso natural. As principais ações adotadas atualmente para diminuir os

desperdícios são: a detecção e quantificação de vazamentos, as campanhas educativas de conscientização para o uso racional e a substituição de tecnologias convencionais por outras mais modernas (LIMA et al., 2016).

Mossoró é um município do interior do Nordeste brasileiro e, assim como a maioria dos municípios no país, tem deficiências no oferecimento dos serviços de saneamento básico, incluindo problemas com abastecimento e escassez de água. As Instituições Ensino Superior (IES) devem ser referências em relação ao uso racional da água, tentando aproveitar ao máximo o recurso, principalmente no contexto do semiárido Nordestino, região com elevada escassez de água, na qual está inserida a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Dessa forma, alguns questionamentos podem ser levantados, como: quanto de água é desperdiçado por vazamentos nos aparelhos hidrossanitários na UFERSA? Quais as medidas que poderiam controlar ou diminuir os desperdícios?

O tema abordado neste trabalho tem uma grande importância social, pois a água está intimamente ligada com a saúde e qualidade de vida de uma população, além da preocupação ambiental com este recurso natural. Nesse sentido, é de suma importância estudar a situação atual da universidade em relação ao desperdício de água. Desse modo, entendendo um pouco melhor qual a situação, é possível tomar medidas de controle ou até mesmo extinção do desperdício na instituição.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar e quantificar os desperdícios de água nas edificações da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró – RN.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Fomentar diretrizes para o Plano de Logística Sustentável (PLS), quanto à gestão das águas na universidade;
- Indicar alternativas para reduzir o desperdício de água nas centrais de aulas, biblioteca e restaurante universitário;
- Despertar a importância do uso racional da água pelos gestores da UFERSA.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Disponibilidade hídrica mundial

Estimativas apontam que aproximadamente 97,5% da água do planeta Terra é salgada e não adequada para consumo direto. A água doce, por sua vez, corresponde a 2,5%, sendo a maior parte, cerca de 69%, concentrada nas geleiras, local de difícil acesso para os seres vivos; 30% são aquíferos subterrâneos e 1% está nos rios e lagos. Constata-se também que apenas 0,3% da água do planeta é considerada própria para consumo, sendo 0,01% encontrado nas superfícies e 0,29% em reservatórios subterrâneos (MACHADO; PACHECO, 2010).

No início desse século, algumas nações enfrentaram crises preocupantes em relação a falta de água, devido, principalmente, ao aumento da população, do consumo excessivo e da poluição dos recursos hídricos, além da falta de políticas que minimizem os desperdícios. A população aumentou três vezes em comparação ao século passado. O consumo de água, por sua vez, aumentou nove vezes. Nos dias atuais, mais de 1 bilhão de pessoas não têm acesso a água potável e serviços de coleta de esgoto, comprometendo a saúde humana e o meio ambiente. A situação mais crítica é no continente Africano e no Oriente Médio (BRITO; SILVA; PORTO, 2007).

Cerca de 4,3 bilhões de pessoas vivem, por cerca de 1 mês, sob severa ou moderada escassez de água. Dessas, quase 2 bilhões divididos entre China e Índia. Outro dado preocupante é que cerca de até 3 bilhões de pessoas estão em situação de escassez severa de água durante metade do ano, principalmente em países em desenvolvimento, como é o caso do Marrocos, Líbia, Somália e Jordânia. Por isso, se faz necessário a conscientização da população, já que devido aos dados apresentados, pode-se perceber que a água não é um recurso ilimitado (GONZALEZ, 2016).

Essa conscientização não é para ser realizada apenas com a população em comum, pois, como constatado em pesquisa, o consumo doméstico chega a representar apenas 4% do consumo de água total da população. A maior parte do consumo corresponde a indústrias e agronegócio, sendo 25% da água do mundo usada na produção de carne (GONZALEZ, 2016).

##### 3.1.1 Disponibilidade hídrica no Brasil

O Brasil é um país privilegiado, uma vez que cerca de 13,8% da água doce do planeta está em território brasileiro, com a disponibilidade hídrica per capita de  $1.835 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . O

principal problema do país é a má distribuição desse percentual. Cerca de 68% da água está concentrada na região Norte do país. Além disso, outros problemas são tubulações antigas e ineficientes e elevadas taxas de desperdício e vazamentos nas tubulações (MACHADO; PACHECO, 2010).

O Nordeste brasileiro é a região mais crítica devido as condições climáticas, sendo 1.333 municípios localizados na região semiárida, com média pluviométrica inferior a 800 mm anuais e risco de seca maior do que 60%. Apenas 3% da água do território nacional está concentrada no Nordeste, estando 78% localizada na bacia hidrográfica do rio São Francisco e do rio Paraíba. A principal característica do Nordeste é a irregularidade das precipitações, a baixa frequência, alta intensidade e baixa duração, o que favorece ao escoamento superficial e prejudica a recarga das bacias, sendo essa região o maior foco de políticas e medidas para gestão dos recursos hídricos (BRITO; SILVA; PORTO, 2007).

Entre o período de 2013 a 2016, aproximadamente 48 milhões de pessoas sofreram impactos negativos com a seca, 18 milhões somente em 2016. Nos anos de 2003 a 2016, por volta de 2.800 municípios decretaram estado de emergência ou estado de calamidade pública devido à seca. Destes, 78,5% eram municípios situados na região Nordeste do país. Já entre 1995 e 2014, foi constatado prejuízo, devido à seca, de 183 bilhões de reais, ou seja, 9 bilhões por ano. O excesso de água também pode ser um problema. No período entre 2013 e 2016, cerca de 7,7 milhões de brasileiros sofreram com alagamentos, enxurradas e inundações, 1,3 milhão apenas em 2016. Entre 2003 e 2016, 47,5% dos municípios brasileiros decretaram estado de emergência ou estado de calamidade pública devido as chuvas, pouco mais da metade deles, 55%, situavam-se nas regiões Sul e Sudeste (ANA, 2017).

### **3.2 Gestão das águas em áreas urbanas**

A revolução industrial alavancou o crescimento da população e, por consequência, a urbanização, o que submeteu os recursos naturais a grandes pressões, levando a uma maior necessidade de gerenciamento eficaz dos recursos hídricos. A expansão da oferta de água foi a resolução mais utilizada para resolver problemas de escassez. A contrapartida é que, devido à falta de controle e regulamentação nos sistemas de abastecimento das cidades, essa política de oferta desenfreada pode causar adversidades, por exemplo, desperdício provocado por instalações clandestinas, vazamentos na rede de distribuição, e a consequente diminuição do volume de água ofertado. Dessa forma, fez-se necessário a conscientização da população em

relação a água como um patrimônio finito e limitado (MORAIS; FADUL; CERQUEIRA, 2018).

A gestão da água pode ser avaliada em três níveis sistêmicos. O primeiro nível é o macro, abrangendo os sistemas hidrográficos, sendo responsabilidade da Agência Nacional de Água (ANA), em conjunto com órgãos estaduais, com o objetivo de garantir a disponibilidade e qualidade de água para gerações futuras. O nível meso, que contempla o abastecimento de água e a coleta de esgoto. O nível micro que tem maior foco em processos prediais e industriais (OLIVEIRA, 1999).

Desse modo, se faz necessário efetuar melhor a gestão ambiental do país como um todo, e mais importante, fazer um gerenciamento da demanda de água através de estudo, planejamento, estratégias e implantação de medidas que possam diminuir o consumo exagerado e/ou o desperdício, de modo a promover o desenvolvimento sustentável e consequente conservação ambiental e a equidade social (ANDRÉ; MACEDO; ESTENDER, 2015).

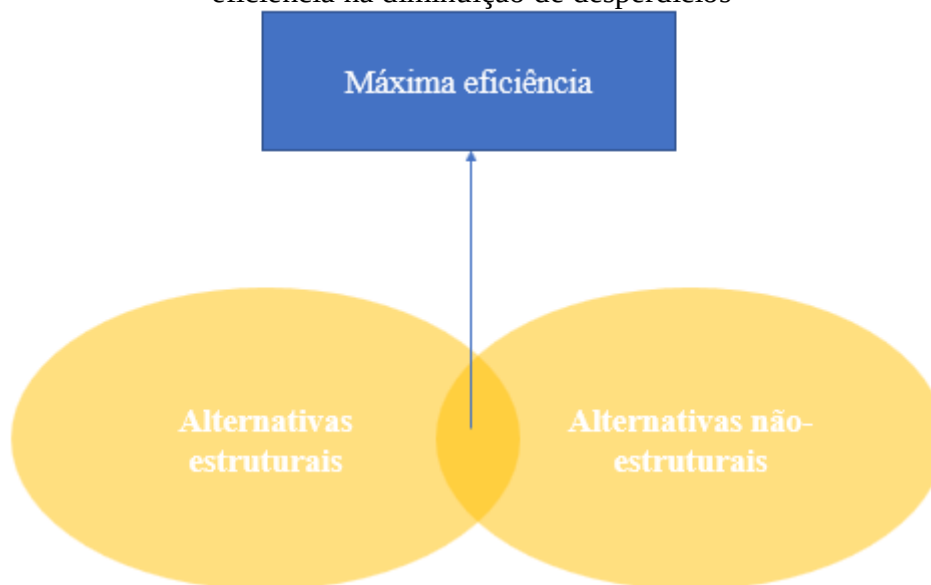
O gerenciamento da demanda de água pode ser definido como a criação e implantação de estratégias, de modo a conseguir o uso eficiente e sustentável de um recurso escasso, causando a equidade social e a preservação ambiental (SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2002).

Segundo Vieira e Ribeiro (2005), as estratégias de gerenciamento de demanda podem ser divididas em:

- **alternativas estruturais:** uso de tecnologias que promovem a redução do consumo, por exemplo, a medição individualizada em edifícios, a melhor operação em redes de distribuição de água, a adoção de aparelhos poupadores de água, identificação e correção de desperdícios;
- **alternativas não-estruturais:** incentivos econômicos, legais, educacionais, promover mudanças de comportamento no usuário, multas por excesso de consumo.

Segundo Oliveira (1999), para um sistema obter máxima eficiência na redução do consumo de água deve-se unir alternativas estruturais e não estruturais (Figura 1).

Figura 1 – Integração entre ações estruturais e não estruturais para obtenção de máxima eficiência na diminuição de desperdícios



Fonte: Oliveira (1999)

Essas ações podem promover a diminuição do desperdício e do consumo, sendo utilizadas de forma isolada ou de forma conjunta. Contudo, as ações educacionais necessitam de uma mudança brusca nos hábitos populacionais. A título de exemplo, em Guarulhos-SP, no ano 2000, campanhas maciças de multas e repressão ao excesso de consumo de água resultaram em redução de apenas 1% no consumo de água (VIEIRA; RIBEIRO, 2005). Já em 2014, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), promoveu o modelo de bonificação para quem conseguisse reduzir o consumo de água. Paralelo a isso, houve várias campanhas publicitárias em rádio, televisão, jornais, revistas, fazendo o consumo reduzir em 22% naquele ano. Por sua vez, a implantação de novas tecnologias reduz o consumo independente do usuário e não necessitam de adaptações estruturais complexas, gerando boa relação custo benefício e impacto a curto-prazo (SABESP, 2015)

### 3.3 Políticas governamentais

Visando uma melhor gestão dos recursos hídricos e da necessidade cada vez maior de entender a água como um elemento finito, o Brasil vem implementando e modificando a legislação, com o objetivo principal de reformular e atualizar o modelo de administração das reservas de água (GONÇALVES et al., 2005).

Desse modo, nos itens seguintes, são apresentados aspectos que demonstram o avanço das políticas governamentais relacionadas à água.

### 3.3.1 Política Nacional dos Recursos Hídricos

Como objetivo de melhorar a gestão dos recursos hídricos, em 8 de janeiro de 1997, foi homologada a Lei Federal N° 9.433, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos. O principal fundamento dessa política é a gestão descentralizada, integrada e participativa, proporcionando os usos múltiplos da água (BRASIL, 1997). Dessa forma, a abordagem setorial deixa de ser focada no desenvolvimento industrial e passa a ser direcionada para o desenvolvimento sustentável. Os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos segundo a Lei Federal N° 9.433 são:

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

### 3.3.2 Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um instrumento de gestão das águas atrelado a Política Nacional dos Recursos Hídricos. O PNRH é formado por um conjunto de metas, diretrizes e programas que tem por objetivo geral estabelecer políticas públicas voltadas para a oferta de água em qualidade e quantidade suficiente, gerenciando a demanda e estabelecendo desenvolvimento sustentável e inclusão social.

Esse plano deve conter em sua disposição um balanço hídrico, aspectos quantitativos e qualitativos, demandas e disponibilidade atual e futura, além da identificação de potenciais conflitos, propondo medidas para o aumento na oferta hídrica. Devido ao déficit e a irregularidade pluviométrica no semiárido brasileiro, diversas estratégias foram utilizadas ao longo dos anos em esferas municipais, estaduais e federais, em conjunto ou não com o PNRH.

A que obteve maior destaque foi Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que até junho de 2007 tinham implantado aproximadamente 200 mil cisternas em todo semiárido (BRITO; SILVA; PORTO, 2007).

### 3.3.3 Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA)

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), instituído em 1997, é um programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. O objetivo principal desse programa é o uso racional da água nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública e do saneamento ambiental. Além disso, tem por função definir e implementar ações, instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, visando a efetiva economia dos volumes de água demandados (FRANGIPANI, 2007).

As ações do PNCDA estão concentradas, em sua maior parte, nas perdas do sistema de abastecimento de água, tanto perdas reais como aparentes. A diminuição das perdas reais reduz o custo com energia, produtos químicos e outros insumos da produção de água tratada. A diminuição das perdas aparentes, por sua vez, aumenta a receita tarifária, melhorando os serviços prestados e o desempenho financeiro (FRANGIPANI, 2007).

Segundo Silva, Conejo e Gonçalves (1999), o PNCDA é composto por 22 Documentos Técnicos de Apoio (DTA's), com três principais áreas de atuação:

- planejamento, gestão e articulação institucional das ações de conservação e uso racional da água, ações centradas para o aproveitamento máximo das vazões ofertadas para uso urbano;
- conservação da água nos sistemas públicos de abastecimento, reduzindo perdas aparentes e reais;
- conservação da água em sistemas prediais, melhoria de instalações de água e esgoto.

O PCNDA mantém parcerias e relações com entidades do setor de saneamento, organizações não governamentais, entidades de normatização, indústrias de materiais e equipamentos para saneamento, prestadores de serviços públicos, universidades e órgãos federais que desenvolvem ações voltadas à implantação de medidas que contemplem o uso racional e conservação da água (SILVA; CONEJO; GONÇALVES, 1999).

### 3.3.4 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)

No dia 17 de julho de 2000 foi homologada a Lei Federal N° 9.984, que institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o qual contempla um conjunto de órgãos responsáveis por implantar a Política Nacional de Recursos Hídricos e tem por objetivo geral descentralizar a gestão do uso da água (OLIVEIRA, 2007). Além disso, o SINGREH tem por objetivos específicos, segundo a Lei Federal N° 9.433 (BRASIL, 1997):

- coordenar a gestão integrada das águas;
- arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

### 3.4 Identificação e correção de vazamentos em sistemas prediais

Os desperdícios podem ser definidos como a água que escapa do sistema antes de ser utilizada para uma atividade-fim e são ocasionadas por vazamentos ou negligência no momento do uso do equipamento hidráulico. O sistema predial hidráulico deve ser executado de forma que funcione corretamente, pois podem causar graves patologias e desconforto ao usuário, uma das principais formas de detectar problemas no sistema são os vazamentos. Vazamento pode ser considerado a água que está disponível, mas que é consumida sem propósito específico devido a algum erro no sistema hidráulico (BARROS; SILVA; PAES, 2016).

Há dois tipos de vazamento: i) os visíveis, que afloram na superfície ou se manifestam diretamente por escorrimento e gotejamento, sendo facilmente detectados; e ii) os não visíveis, que, por sua vez, se manifestam de forma indireta, ocorrendo em locais de complicada vistoria. É interessante que se trabalhe de forma ativa nos vazamentos, fazendo a detecção desses quando ainda estiverem não visíveis. Se a atuação só ocorrer quando o vazamento estiver visível, o desperdício é muito mais acentuado e a chance de patologia nas edificações muito maior (ARNESEN et al., 2016).

Segundo Lima et al. (2016), com o aumento da população, da demanda de água e o desenvolvimento econômico, o problema da escassez e desperdício fica cada vez mais evidente. Por isso, algumas alternativas para a conservação da água são necessárias, a exemplo da identificação e correção de vazamentos em sistemas prediais.



Grande parte do consumo em prédios privados e públicos é afetado pelos vazamentos, que podem ocorrer no alimentador predial, reservatórios, nas tubulações (ramais e sub-ramais) e até nos próprios aparelhos de utilização. Devido ao custo da água, o mercado vem confeccionando aparelhos de baixo consumo. A substituição vem ocorrendo de forma gradual, com aceitação maior nos estabelecimentos privados do que nos públicos. Os edifícios públicos, devido à baixa frequência na fiscalização e manutenção, apresentam índices maiores de desperdício quando comparados com os privados (SÁNCHEZ; COHIM; KALID, 2015).

Existem maneiras simples de fazer a identificação de vazamento, por exemplo, o teste do reservatório ou da caixa d'água é um artifício utilizado para detecção de vazamentos que consiste em fechar todas as torneiras da edificação para evitar a entrada de água na caixa. Além disso, é necessário fechar os registros de saída. Depois disso, efetua-se a marcação do nível da água. Após duas horas, se o nível da água estiver mais baixo, é constatado o vazamento (SABESP, 2018).

No caso de bacias sanitárias e mictórios, há vários testes para a identificação de vazamentos não visíveis. Esses testes devem ser realizados com, no mínimo, 30 minutos após o último uso da bacia sanitária e/ou mictório, pois a água que normalmente fica retida na argola ou no tubo de alimentação pode escoar para dentro nesse intervalo de tempo, afetando os resultados do estudo, e podem acusar vazamento inexistente (FUJIMOTO; ILHA; NUNES, 2002). Ainda segundo os autores, os testes são:

- **teste do corante:** é colocado algum tipo de corante na bacia (pó de café, groselha ou permanganato de potássio) sendo feita a retira de uma amostra. Decorridos 30 minutos, outra amostra é retirada. Se houver vazamento irá existir uma diferença de cores entre as amostras (Figura 2);

Figura 2 – Representação do teste do corante



Fonte: Fujimoto, Ilha, Nunes (2002)

- **teste do pó de giz ou cinza de cigarro:** é colocado pó de giz ou cinza de cigarro no fundo da bacia sanitária. Se existir o arrastamento do material é constatado o vazamento (Figura 3);

Figura 3 – Teste do pó de giz ou cinza de cigarro



Fonte: Fujimoto, Ilha, Nunes (2002)

- **teste do papel higiênico:** consiste na colocação de uma tira de papel higiênico na parede da bacia sanitária, se ocorrer o umedecimento do papel é atestado o vazamento;
- **teste do nível da água:** é realizado a marcação do nível da água da bacia sanitária e depois é feita a retirada desta com um copo. Se após determinado período de tempo a água alcançar o nível marcado anteriormente é averiguado o vazamento (Figura 4);

Figura 4 – Teste do nível da água



Fonte: Fujimoto, Ilha, Nunes (2002)

- **teste da caneta:** após a secagem das paredes da bacia sanitária é traçada uma linha abaixo da borda (Figura 5). Em caso de vazamentos, após o intervalo de pelo menos cinco minutos, há uma interrupção desta linha. Para o caso de vazamentos visíveis, não seria possível nem completar a linha ao redor da bacia. Para o caso de vazamentos não

visíveis, Fujimoto, Ilha, Nunes (2002) atribuem um valor desperdiçado de  $60,5 \text{ L.dia}^{-1}$ . Para vazamentos visíveis, Gonçalves, Ilha, Amorim (2005) atribuem um valor desperdiçado  $144 \text{ L.dia}^{-1}$ .

Figura 5 – Teste da caneta



Fonte: Fujimoto, Ilha, Nunes (2002)

Em estudo realizado nas escolas públicas da cidade de Campinas-SP, foi desenvolvido uma pesquisa baseada em 5 etapas, a saber: i) seleção das amostras com base em indicadores históricos de consumo das escolas na cidade; ii) levantamento documental de patologias, com ênfase na detecção de vazamentos nos pontos de consumo de água e medição dos volumes desperdiçados; iii) monitoramento do consumo a cada 30 minutos durante determinado período de meses; iv) determinação do indicador de consumo; e v) determinação dos índices de vazamento e desperdício através dos dados obtidos do levantamento em campo. A partir dos dados obtidos no estudo, foi possível estimar o volume desperdiçado decorrente de vazamentos visíveis nos pontos de consumo. Nas torneiras, o volume de água desperdiçado variou de  $0,86$  a  $333 \text{ L.dia}^{-1}$ . Nas bacias sanitárias e mictórios o desperdício de água teve variação de  $0,86$  a  $144 \text{ L.dia}^{-1}$ . Por último, nos chuveiros foi constatado a desperdício de  $0,86 \text{ L.dia}^{-1}$  (GONÇALVES; ILHA; AMORIM, 2005).

### 3.5 Programas de conservação de água em instituições de ensino superior

As Instituições de Ensino Superior (IES) desenvolvem amplas atividades de ensino, pesquisa e extensão, que requerem uma ampla estrutura de blocos de salas, laboratórios, prédios administrativos. Para o funcionamento e manutenção dessas instituições é necessário um

volume expressivo de água. Desse modo, todas as IES têm como função ser exemplo quando se diz respeito às questões sociais e ambientais. Sendo assim, é fundamental a implementação de padrões comportamentais sustentáveis mais eficazes (LEHMANN et al., 2009). Diante disso, algumas universidades, no Brasil e no mundo, têm adotado programas de uso racional da água em suas edificações.

### 3.5.1 Universidade de São Paulo (PURA-USP)

O Programa de Uso Racional da Água (PURA) foi criado em 1996, liderado pela Escola Politécnica da USP, que através do Laboratório de Sistemas Prediais (LSP) e do Departamento de Engenharia de Construção Civil tem participado do desenvolvimento metodológico do programa. Segundo o PURA-USP (2019), o programa é dividido em seis macroprogramas:

- **macroprograma 1:** banco de dados de tecnologias, documentação técnica e estudos de casos;
- **macroprograma 2:** Laboratório Institucional do Programa de Uso Racional da Água (LIPURA);
- **macroprograma 3:** Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias (PAAT);
- **macroprograma 4:** caracterização da demanda e impacto das ações de economia no setor habitacional;
- **macroprograma 5:** documentação relacionada a leis, regulamentos e programas setoriais da qualidade;
- **macroprograma 6:** programas específicos de economia de água em diferentes tipos de edifícios.

Segundo PURA (2019), as etapas de implantação do programa são:

- **pré-implantação:** deve-se realizar um levantamento das edificações que mais consomem água. Assim, em função do consumo de água, da tipologia da atividade desenvolvida e da localização das unidades, define-se em quantas fases o programa deve ser implantado, as unidades contempladas em cada fase e qual o tempo de duração estimado das intervenções;
- **etapa 1:** são levantadas as características físicas e de ocupação de cada edifício, a distribuição dos ambientes, o estado das instalações, sistema predial de água fria e suas

características, equipamentos sanitários, população fixa e flutuante e usos da água em cada edificação;

- **etapa 2:** redução de perdas físicas. Etapa em que está incluída a atualização do cadastro de redes existentes, detecção e eliminação de vazamentos em redes externas e em reservatórios;
- **etapa 3:** redução de consumo nos pontos de utilização. Estão incluídas a detecção e a eliminação de vazamentos em pontos de utilização e substituição de equipamentos convencionais por modelos economizadores;
- **etapa 4:** caracterização dos hábitos e racionalização das atividades que consomem água. Nesta etapa são levantados os hábitos dos usuários nas diversas atividades desenvolvidas e também são fornecidas informações de procedimentos mais eficientes, para que sejam minimizados os desperdícios, mas sem haver perda de qualidade nos processos;
- **etapa 5:** divulgação, campanhas de conscientização e treinamentos. Esta etapa possui dois públicos-alvo: os usuários primários (pessoal da manutenção hidráulica) e os usuários finais (docentes, discentes, funcionários e visitantes).

Na cidade universitária, com a implantação do programa, foi percebido uma redução de 41% no consumo de água entre os anos de 1998 e 2013 (PURA, 2019).

### 3.5.2 Programa de Conservação de Água (Pró-Água, Unicamp)

O Pró-Água teve início em 1999, sendo desenvolvido pela FEC (Faculdade de Engenharia Civil). O programa tem como principal objetivo a implantação de ações que promovam o uso racional da água nos edifícios localizados na cidade universitária Professor Zeferino Vaz, Campinas-SP. O programa foi dividido em duas fases (NAKAGAWA, 2009).

A fase I é composta por levantamento cadastral, detecção e conserto de vazamentos, implantação de telemedição, instalação de componentes poupadores e avaliação de desempenho do próprio usuário. Na fase II, por sua vez, foi realizada a análise de tecnologias economizadoras e a implantação de um sistema de gestão dos sistemas prediais do campus (NAKAGAWA, 2009).

Desde o início do programa foi realizada a substituição de 2.347 componentes sanitários que apresentaram vazamentos ou outros tipos de problemas. As bacias sanitárias, por exemplo,

foram substituídas. Antes gastavam de 12 a 20 L por descarga, agora o uso é de 6 L por descarga, economizando 26% do consumo de água. O consumo antes do Pró-Água era de 100 mil m<sup>3</sup> mensais, que passaram a ser 80 mil m<sup>3</sup> mensais em 2001. Desde 1999 essas ações trouxeram uma redução no consumo de água, que chegou a ser de 45%. Em 2013 a universidade registrava o mesmo consumo do ano de 1999, com um crescimento de sua área construída de 20% (NAKAGAWA, 2009).

### 3.5.3 Universidade de Stanford

A conservação e reuso da água em Stanford, assim como em outras universidades da Califórnia, existe devido à baixa disponibilidade de água na região. A redução ocorre inicialmente com os gastos domésticos, com a diminuição das descargas de esgoto e com o fato de tentar diminuir ao máximo a expansão da rede de abastecimento dentro do campus (MENDES, 2006).

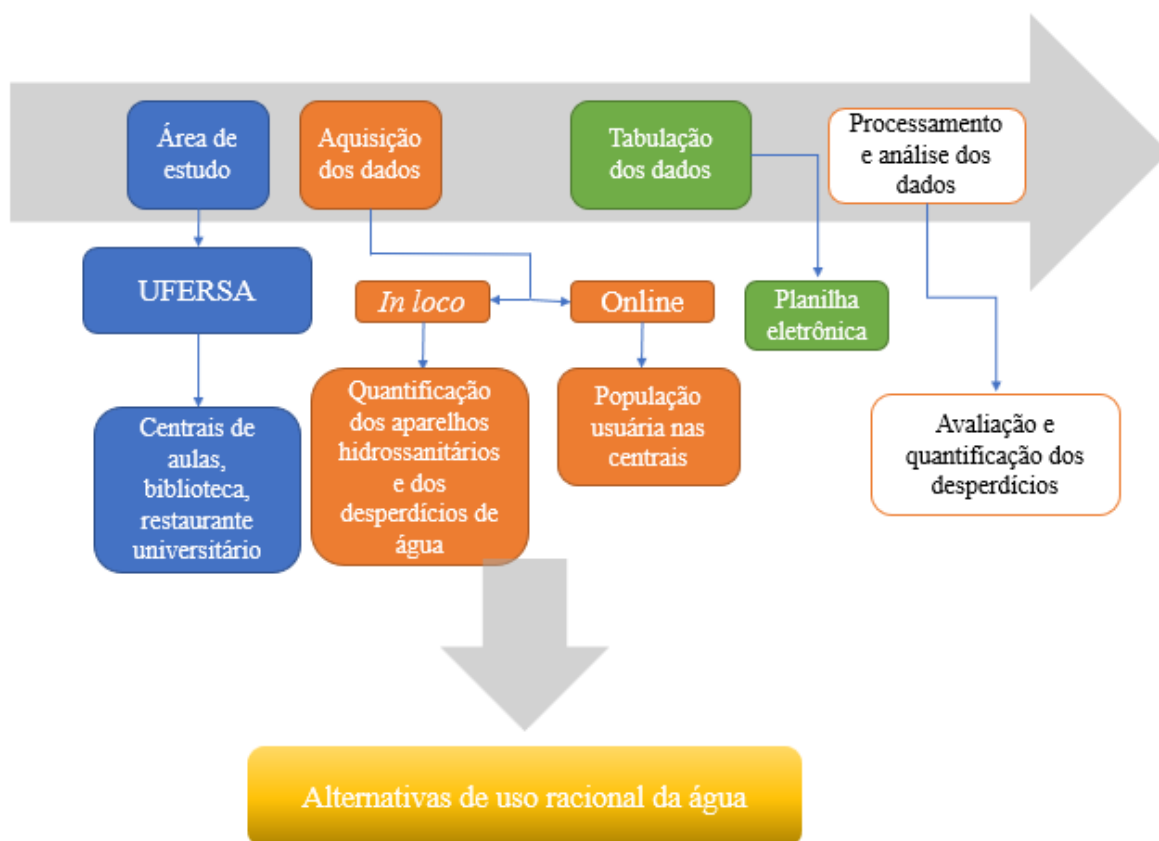
A implantação do programa de conservação de água foi catalisada pela necessidade de expansão da área construída do campus, sem alterar o gasto de água, e com o objetivo principal de promover o uso eficiente de água através de instalações e equipamentos que sejam economizadores, além de tentar reeducar a população quanto ao uso racional da água dentro da instituição. A universidade substituiu cerca de 700 bacias sanitárias com válvula de descarga, nas residências dos estudantes e nos edifícios da instituição, por novos equipamentos poupadores de água (MENDES, 2006).

Atrelado a esses fatores, a instituição vem modificando o seu sistema de irrigação, deixando de usar água potável. Além disso, a universidade tem realizado a adoção de plantas com maior resistência a escassez de água, além de misturar solos com retentores de líquidos nos locais das plantações (MENDES, 2006).

## 4 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentadas as etapas metodológicas desta pesquisa (Figura 6). Na primeira etapa, foi definida a área de estudo, que compreendeu os prédios das centrais de aula, biblioteca e restaurante universitário da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró. Na segunda etapa, foi realizado a coleta de dados, que contemplou visitas *in loco* aos edifícios citados e aquisição de dados *on-line*. Na terceira etapa, os dados foram tabulados com auxílio de planilha eletrônica. Por último, por meio dos resultados obtidos, foram propostas alternativas de uso racional da água.

Figura 6 – Fluxograma da pesquisa



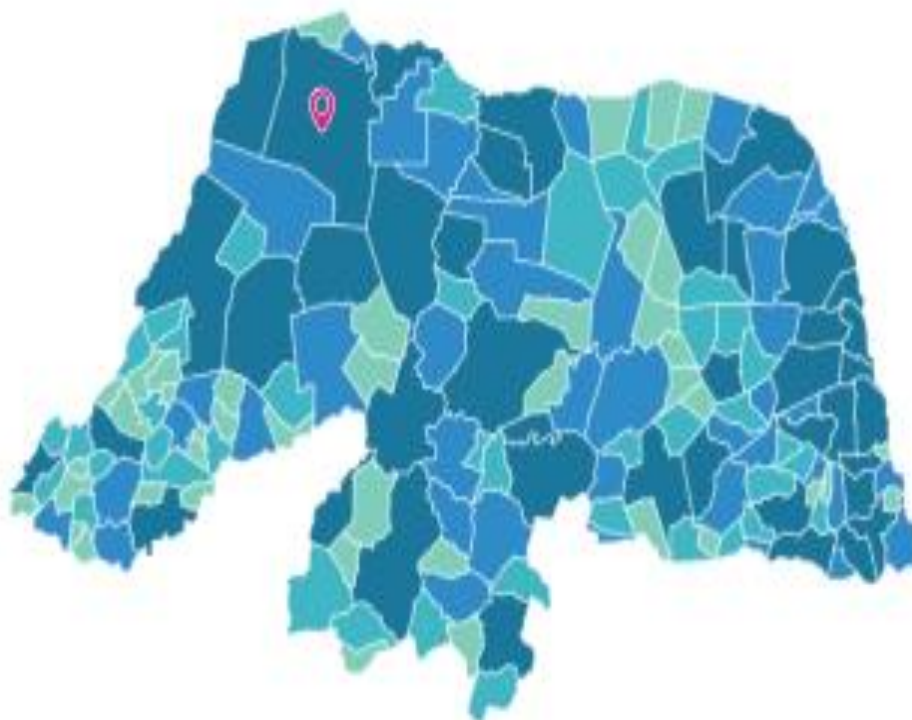
Fonte: Autoria própria (2019)

### 4.1 Área de estudo

O estado do Rio Grande do Norte (RN) está situado na região Nordeste brasileira, com área 52.811,107 km<sup>2</sup>, abrangendo 167 municípios. A população estimada é de 3.479.010 habitantes e densidade demográfica de 59,99 hab.km<sup>-2</sup> (IBGE, 2019).

Mossoró é um município presente na unidade federativa do Rio Grande do Norte, a uma distância de 278 Km de Natal, capital do estado. Em 2018 sua população é de 294.076 habitantes, com uma densidade demográfica de 123,76 hab.km<sup>2</sup>. Sua área abrange 2.099,333 km<sup>2</sup>, sendo a maior cidade do RN, em termo de extensão territorial (Figura 7) (IBGE, 2019). O clima do município é considerado muito quente e semiárido, com precipitação média anual de aproximadamente 700 mm e período chuvoso entre fevereiro e abril. As temperaturas máxima, média e mínima anuais são de 36, 27 e 21 C°, respectivamente. Em relação a hidrogeologia, o município pode ser abastecido pelos aquíferos Jandaíra, Açú, Barreiras e Aluvião. Além disso, o município tem 100% do seu território inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (IDEMA, 2008).

Figura 7 – Mapa do estado do Rio Grande do Norte, com marcação no município de Mossoró



Fonte: IBGE (2019)

O sistema atual de abastecimento de água de Mossoró é composto por mananciais superficiais e subterrâneos, sendo este último mais utilizada. Por volta de 30% do abastecimento é superficial e feito através da adutora Jerônimo Rosado, que tem tomada de água na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, situada no município de Açú, no estado do Rio Grande do Norte, a 70 Km de Mossoró. Os outros 70% vem de abastecimento subterrâneo, providas do aquífero



Açu, através de 15 poços profundos distribuídos na cidade (SOUZA; ROCHA; ARAÚJO, 2011).

O município de Mossoró é polo estudantil, contendo instituições de ensino superior, privadas e públicas, sendo a UFERSA considerada uma das principais na cidade. A instituição nasceu em 18 de abril de 1967, como Escola Superior de Agricultura (ESAM), e em 29 de julho de 2005, através da Lei Federal Nº 11.155, a ESAM foi transformada em UFERSA. Além do campus em Mossoró, há ainda campi instalados nos municípios de Pau dos Ferros, Angicos e Caraúbas (UFERSA, 2014).

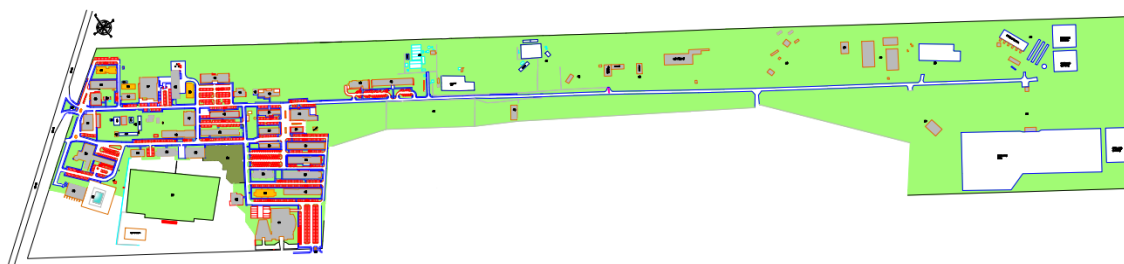
A UFERSA, campus Mossoró, possui 22 cursos de graduação (UFERSA, 2014) e 26 cursos de pós-graduação, sendo 11 *lato sensu* e 15 *stricto sensu* (UFERSA, 2019). As edificações da universidade ficam situadas na Rua Francisco Mota, no Bairro Presidente Costa e Silva, divididas em campus oeste (Figura 8) e leste (Figura 9) entre as duas ruas (UFERSA, 2019).

Figura 8 – Lado oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Fonte: UFERSA (2014)

Figura 9 – Lado leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Fonte: UFERSA (2014)

Através do Termo de Cooperação N° 02/2009 foi estabelecida uma colaboração entre a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN) e a UFRSA, estabelecendo que o abastecimento de água na universidade deve ser responsabilidade da CAERN. Além disso, o termo estabelece que a universidade deveria se comprometer com a perfuração do poço, que apresentou valor final de R\$ 1.444.000,00 reais. Outro ponto estabelecido no termo é que a CAERN tem a responsabilidade de operação e manutenção do poço. Além disso, a concessionária tem a obrigação de fornecer  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  com vazão contínua, durante um período de 20 anos a partir de 03 de agosto de 2009. Toda a vazão excedente é destinada a atender as necessidades do abastecimento público da cidade de Mossoró (LUNARDI et al., 2013).

## 4.2 Aquisição de dados

Foi realizada análise de desperdícios nos banheiros e bebedouros da UFRSA campus Mossoró. Os seguintes locais foram estudados: Prédio central (PC), Central de Aulas 1 (CA 1), Central de Aulas 2 (CA 2), Central de Aulas 3 (CA 3), Central de Aulas 4 (CA 4), Central de Aulas 5 (CA 5), Central de Aulas 6 (CA 6) e Central de Aulas 7 (CA 7), Biblioteca e Restaurante Universitário (RU) (Figura 10).

Figura 10 – Locais investigados neste estudo



Fonte: Autoria própria (2019)

A identificação dos vazamentos foi feita *in loco* nos aparelhos hidrossanitários dos banheiros das referidas edificações, sendo investigadas torneiras, mictórios, bacias sanitárias, duchas, chuveiros e bebedouros. Aparelhos como torneira, ducha e chuveiro, bacia sanitária e mictório a identificação dos vazamentos foi realizada por meio de inspeções visuais. O desperdício nos bebedouros ocorre no ato do consumo e alguns segundos após, pois as torneiras ficam gotejando. No entanto, passando-se alguns minutos sem acionamento, as torneiras cessam o gotejamento.

A quantificação do volume de água gerado por vazamentos visíveis em todos os aparelhos hidrossanitários dos banheiros (torneira, mictório, bacia sanitária, ducha e chuveiro) foi feita utilizando os valores médios presentes na Tabela 1, proposto por Gonçalves, Ilha, Amorim (2005).

Tabela 1 – Valores para a estimativa do volume desperdiçado nos vazamentos visíveis

| <b>Aparelho sanitário</b>                          | <b>Tipo de vazamento</b>                         | <b>Desperdício estimado</b> |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Torneiras (lavatório, pia, ducha uso geral)</b> | Gotejamento lento <sup>1</sup>                   | 6 a 10 L.dia <sup>-1</sup>  |
|                                                    | Gotejamento médio <sup>2</sup>                   | 10 a 20 L.dia <sup>-1</sup> |
|                                                    | Gotejamento rápido <sup>3</sup>                  | 20 a 32 L.dia <sup>-1</sup> |
|                                                    | Gotejamento muito rápido <sup>4</sup>            | > 32 L.dia <sup>-1</sup>    |
|                                                    | Filete $\phi$ 2mm                                | > 114 L.dia <sup>-1</sup>   |
|                                                    | Filete $\phi$ 4mm                                | > 333 L.dia <sup>-1</sup>   |
|                                                    | Vazamento no flexível                            | 0,86 L.dia <sup>-1</sup>    |
| <b>Mictório</b>                                    | Filetes visíveis                                 | 144 L.dia <sup>-1</sup>     |
|                                                    | Vazamento no flexível                            | 0,86 L.dia <sup>-1</sup>    |
|                                                    | Vazamento no registro                            | 0,86 L.dia <sup>-1</sup>    |
| <b>Bacia sanitária</b>                             | Filetes visíveis                                 | 144 L.dia <sup>-1</sup>     |
|                                                    | Vazamento no tubo de alimentação da louça        | 144 L.dia <sup>-1</sup>     |
|                                                    | Válvula disparada quando acionada                | 40,8 L <sup>5</sup>         |
| <b>Chuveiro</b>                                    | Vazamento no registro                            | 0,86 L.dia <sup>-1</sup>    |
|                                                    | Vazamento no tubo de alimentação junto da parede | 0,86 L.dia <sup>-1</sup>    |

<sup>1</sup>Até 40 gotas.min<sup>-1</sup>. <sup>2</sup>Entre 40 e 80 gotas.min<sup>-1</sup>. <sup>3</sup>Entre 80 e 120 gotas.min<sup>-1</sup>. <sup>4</sup>Acima de 120 gotas.min<sup>-1</sup>.

<sup>5</sup>Supondo a válvula aberta por um período de 30 s, a uma vazão de 1,6 L.s<sup>-1</sup>.

Fonte: Gonçalves et al. (2005)

Foram investigados também os vazamentos não visíveis, nas bacias sanitárias e mictórios, com a utilização do teste da caneta hidrossolúvel, conforme metodologia de Fujimoto, Nunes e Ilha (2002). O teste da caneta hidrossolúvel foi realizado com, no mínimo, 30 minutos após o último uso da bacia sanitária e/ou mictório, pois a água que normalmente fica retida na argola ou no tubo de alimentação pode escoar para dentro nesse intervalo de tempo, afetando os resultados do estudo, e podem acusar vazamento inexistente.

Após o período de tempo estipulado, foi realizado a secagem das paredes dos equipamentos hidráulicos. Logo após, foi traçada uma linha abaixo da borda do aparelho. Em caso de vazamentos não visível, após o intervalo de pelo menos cinco minutos, há interrupções desta linha. Para o caso de vazamentos visíveis, não seria possível nem completar a linha ao redor do aparelho hidrossanitário. Para o caso de vazamentos não visíveis, Fujimoto, Ilha, Nunes (2002) atribuem um valor de desperdício de  $60,5 \text{ L.dia}^{-1}$ . Para vazamentos visíveis, Gonçalves, Ilha, Amorim (2005) atribui um valor de desperdício de  $144 \text{ L.dia}^{-1}$ .

Devido à grande demanda de uso das bacias sanitárias e mictórios da universidade durante os dias da semana, o experimento foi realizado aos finais de semana, devido ao tempo que é necessário para a execução do teste, para que não houvesse qualquer comprometimento da pesquisa.

O sistema nos bebedouros de toda a universidade funciona de maneira semelhante. Dos aparelhos sai uma mangueira que é ligada a uma tubulação. Esta, por sua vez, leva toda a água desperdiçada para fora da edificação, como é exposto na Figura 11.

Figura 11 – Sistema dos bebedouros na universidade



Fonte: Autoria própria (2019)

Para a quantificação dos desperdícios nos bebedouros foi desenvolvido um reservatório para captação da água desperdiçada. A água captada no recipiente foi medida com o auxílio de

uma régua de madeira graduada, representando os níveis dos volumes previamente calculados. O procedimento foi realizado na Central de Aulas 5, durante uma semana, nos três horários de funcionamento do campus, manhã, tarde e noite. Por meio da Figura 12, é apresentada o sistema de captação da água desperdiçada nos bebedouros. Os recipientes foram visitados uma vez por turno para averiguação da situação do procedimento. A medição foi realizada em uma ou duas vezes ao dia, dependendo da quantidade desperdiçada naquele dia.

Figura 12 – Esquema para captação da água dos bebedouros na Central de Aulas 5



Fonte: Autoria própria (2019)

Todas as edificações propostas no estudo foram inspecionadas e notou-se que a Central de Aulas 5 era a que melhor se adequava ao sistema de captação, por isso o experimento foi realizado nesse local, pois era mais fácil de conectar a mangueira do bebedouro com os recipientes de captação. Desse modo, para o cálculo dos desperdícios de água nos bebedouros foi utilizado a Equação 1.

$$D = \frac{D_b}{N_p} N_b P D_u \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

D: desperdício nos bebedouros da UFERSA [ $\text{m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$ ];

$D_b$ : desperdício do bebedor no período do experimento [ $\text{m}^3 \cdot \text{semana}^{-1} \text{bebedouro}^{-1}$ ];

$N_p$ : número de pessoas frequentando semanalmente a central de aulas [ $\text{pessoa} \cdot \text{semana}^{-1}$ ];

$N_b$ : número de bebedouros;

P: número total de pessoas com matrículas ativas na UFERSA [ $\text{pessoas} \cdot \text{dia}^{-1}$ ];

$D_u$ : dias úteis no mês [ $\text{dias} \cdot \text{mês}^{-1}$ ].

Os bebedouros analisados nesta pesquisa são de dois tipos. O maior (tipo A) e o menor (tipo B), que podem ser visualizados na Figura 13. O volume desperdiçado foi coletado separadamente e a Equação 1 foi aplicada levando em consideração o volume desperdiçado e a quantidade de cada tipo de bebedouro.

Figura 13 – Tipos de bebedouros analisados



Fonte: Autoria própria (2019)

A população que frequenta as centrais de aulas, biblioteca e restaurante universitário é, em sua maioria, estudantes de graduação. Os dados apresentados na Tabela 2 foram extraídos do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA) da UFERSA e são referentes ao número de alunos ativos no semestre 2019.1 dos cursos de graduação.

Tabela 2 – Alunos ativos nos cursos de graduação da UFERSA

| <b>Cursos</b>                          | <b>Alunos Ativos</b> |
|----------------------------------------|----------------------|
| <b>Administração</b>                   | 454                  |
| <b>Agronomia</b>                       | 460                  |
| <b>Biotecnologia</b>                   | 155                  |
| <b>Ciência da Computação</b>           | 227                  |
| <b>Ciência e Tecnologia</b>            | 1759                 |
| <b>Ciências Contábeis</b>              | 382                  |
| <b>Direito</b>                         | 448                  |
| <b>Engenharia Agrícola e Ambiental</b> | 142                  |
| <b>Engenharia Civil</b>                | 131                  |
| <b>Engenharia Elétrica</b>             | 144                  |
| <b>Engenharia Florestal</b>            | 182                  |
| <b>Engenharia Mecânica</b>             | 141                  |
| <b>Engenharia Química</b>              | 108                  |
| <b>Engenharia Elétrica</b>             | 144                  |
| <b>Engenharia Pesca</b>                | 151                  |
| <b>Engenharia Petróleo</b>             | 43                   |
| <b>Engenharia Produção</b>             | 51                   |
| <b>Educação no Campo</b>               | 254                  |
| <b>Medicina</b>                        | 148                  |
| <b>Medicina Veterinária</b>            | 311                  |
| <b>Zootecnia</b>                       | 161                  |
| <b>Total</b>                           | 5996                 |

Fonte: SIGAA (2019)

Como último ponto do trabalho, foi realizada proposta para a solução de possíveis problemas identificados no decorrer da pesquisa. Os custos para a aplicação das soluções propostas foram estimados mediante a elaboração de uma planilha orçamentária com base nos dados mais recente do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices a Construção Civil (SINAPI) e Secretaria da Infraestrutura do Ceará (SEINFRA-CE).

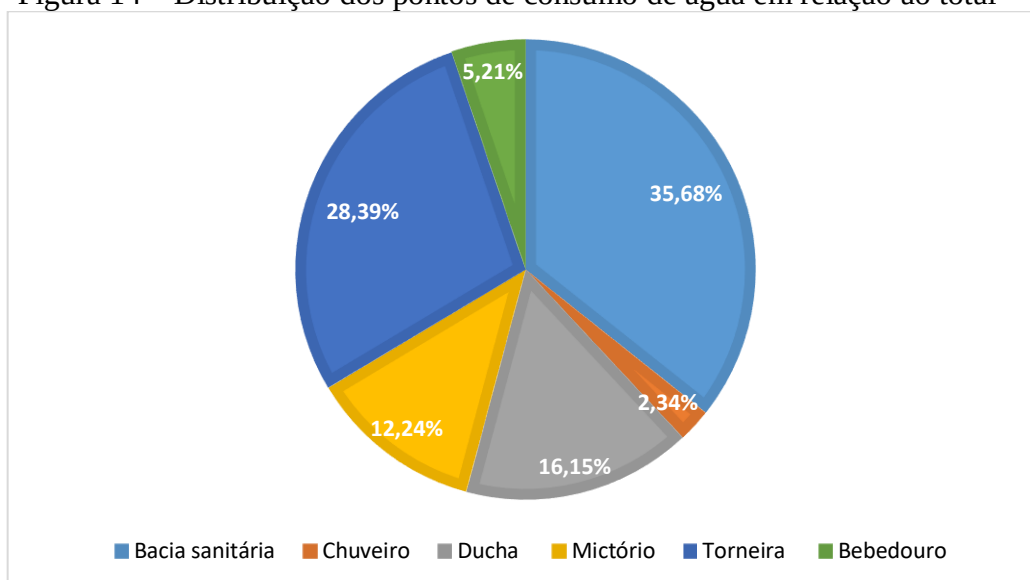


## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Diagnóstico dos pontos de consumo de água

As visitas as edificações em estudo (Centrais de Aulas, Biblioteca e Restaurante Universitário) possibilitaram o levantamento da quantidade de aparelhos consumidores de água, bem como a verificação da condição de funcionamento. Foram analisados 384 pontos hidráulicos. Por meio da Figura 14 são apresentadas as porcentagens de cada ponto de consumo de água em relação ao total, em ordem decrescente são: bacias sanitárias (35,68%), torneiras (28,39%), duchas higiênicas (16,15%), mictórios (12,24%), bebedouros (5,21%) e chuveiros (2,34%).

Figura 14 – Distribuição dos pontos de consumo de água em relação ao total



Fonte: Autoria própria (2019)

A distribuição dos aparelhos hidrossanitários e bebedouros por tipo de aparelho e edifício pode ser visualizada na Tabela 3. As Centrais de Aulas 3, 5, 6 e 7 são prédios mais recentes, construídos para atender uma demanda maior de utilização, por isso são os locais com maior número de aparelhos. Além disso, as Centrais de Aulas 6 e 7, diferentemente das outras, são compostas por dois pavimentos, cada um destes tem dois banheiros, o que contribui para o aumento no número de pontos de utilização. Outro fator importante a ser analisado, é o número de bacias sanitárias e duchas, nas Centrais de Aulas 3, 5 e 6, que é bem maior quando comparado com os outros locais estudados.



Tabela 3 – Distribuição dos aparelhos hidrossanitários e bebedouros por tipo de aparelho e edifício

| Local                         | Aparelhos hidrossanitários |           |          |       |          |          | Total | % de aparelhos por edifício |
|-------------------------------|----------------------------|-----------|----------|-------|----------|----------|-------|-----------------------------|
|                               | Bacia sanitária            | Bebedouro | Chuveiro | Ducha | Mictório | Torneira |       |                             |
| <b>PC<sup>1</sup></b>         | 8                          | 1         | -        | -     | 1        | 8        | 18    | 4,69                        |
| <b>CA 1<sup>2</sup></b>       | 6                          | 1         | -        | 4     | -        | 4        | 15    | 3,91                        |
| <b>CA 2<sup>3</sup></b>       | 7                          | 2         | -        | 3     | -        | 4        | 16    | 4,17                        |
| <b>CA 3<sup>4</sup></b>       | 20                         | 2         | 2        | 19    | 7        | 16       | 66    | 17,19                       |
| <b>CA 4<sup>5</sup></b>       | 6                          | 2         | -        | 3     | -        | 4        | 15    | 3,91                        |
| <b>CA 5<sup>6</sup></b>       | 21                         | 2         | 2        | 14    | 7        | 16       | 62    | 16,15                       |
| <b>CA 6<sup>7</sup></b>       | 24                         | 3         | 2        | 19    | 10       | 16       | 74    | 19,27                       |
| <b>CA 7<sup>8</sup></b>       | 24                         | 2         | 2        | -     | 10       | 16       | 54    | 14,06                       |
| <b>Biblioteca<sup>9</sup></b> | 12                         | 3         | -        | -     | 7        | 10       | 32    | 8,33                        |
| <b>RU<sup>10</sup></b>        | 9                          | 2         | 1        | -     | 5        | 15       | 32    | 8,33                        |
| <b>Total</b>                  | 137                        | 20        | 9        | 62    | 47       | 109      | 384   |                             |

Prédio central (PC)<sup>1</sup>, Central de Aulas 1 (CA 1)<sup>2</sup>, Central de Aulas 2 (CA 2)<sup>3</sup>, Central de Aulas 3 (CA 3)<sup>4</sup>, Central de Aulas 4 (CA 4)<sup>5</sup>, Central de Aulas 5 (CA 5)<sup>6</sup>, Central de Aulas 6 (CA 6)<sup>7</sup> e Central de Aulas 7 (CA 7)<sup>8</sup>, Biblioteca<sup>9</sup> e Restaurante Universitário (RU)<sup>10</sup>.

Fonte: Autoria própria (2019)

Dos 384 aparelhos, 332 estavam funcionando, representando uma taxa de 86,46%. Os resultados mais satisfatórios foram os das torneiras e dos bebedouros, perfazendo 98,17 e 100% de funcionamento, respectivamente. A ducha higiênica, por sua vez, apresentou o menor percentual de desempenho de serviço satisfatório, com 58,06%. Os outros aparelhos obtiveram porcentagem de funcionamento maior do que 80%. Na Tabela 4 é apresentada a quantidade de pontos de utilização funcionando de acordo com por tipo de aparelho e edifício. Quanto aos aparelhos hidrossanitários em mal estado de funcionamento, alguns exemplos estão ilustrados na Figura 15.

Analisando os dados apresentados na Tabela 4, os edifícios, a Central de Aulas 2 apresentou 100% dos aparelhos funcionando, seguida das Centrais de Aulas 7, 4 e RU, com percentual de funcionamento superior a 90%. Enquanto a Central de Aulas 3 e a Biblioteca apresentaram os menores desempenhos entre as edificações, em que apenas 71,21 e 75,00% tinham desempenho satisfatório, respectivamente.

Tabela 4 – Quantidade de pontos de utilização funcionando de acordo com por tipo de aparelho e edifício

| Local                                      | Aparelhos hidrossanitários em funcionamento |           |          |       |          |          |       | % de aparelhos funcionando por edifício |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|----------|-------|----------|----------|-------|-----------------------------------------|
|                                            | Bacia sanitária                             | Bebedouro | Chuveiro | Ducha | Mictório | Torneira | Total |                                         |
| <b>PC<sup>1</sup></b>                      | 5                                           | 1         | -        | -     | 1        | 8        | 15    | 83,33                                   |
| <b>CA 1<sup>2</sup></b>                    | 5                                           | 1         | -        | 2     | -        | 4        | 12    | 80,00                                   |
| <b>CA 2<sup>3</sup></b>                    | 7                                           | 2         | -        | 3     | -        | 4        | 16    | 100,00                                  |
| <b>CA 3<sup>4</sup></b>                    | 16                                          | 2         | 2        | 9     | 3        | 15       | 47    | 71,21                                   |
| <b>CA 4<sup>5</sup></b>                    | 6                                           | 2         | -        | 2     | -        | 4        | 14    | 93,33                                   |
| <b>CA 5<sup>6</sup></b>                    | 20                                          | 2         | 2        | 8     | 7        | 16       | 55    | 88,71                                   |
| <b>CA 6<sup>7</sup></b>                    | 23                                          | 3         | 2        | 12    | 10       | 16       | 66    | 89,19                                   |
| <b>CA 7<sup>8</sup></b>                    | 23                                          | 2         | 2        | -     | 10       | 15       | 52    | 96,30                                   |
| <b>Biblioteca<sup>9</sup></b>              | 6                                           | 3         | -        | -     | 5        | 10       | 24    | 75,00                                   |
| <b>RU<sup>10</sup></b>                     | 9                                           | 2         | -        | -     | 5        | 15       | 31    | 96,88                                   |
| <b>Total</b>                               | 120                                         | 20        | 8        | 36    | 41       | 107      | 332   | 86,46                                   |
| <b>% de aparelhos funcionando por tipo</b> | 87,59                                       | 100,00    | 88,89    | 58,06 | 87,23    | 98,17    | 86,46 |                                         |

Prédio central (PC)<sup>1</sup>, Central de Aulas 1 (CA 1)<sup>2</sup>, Central de Aulas 2 (CA 2)<sup>3</sup>, Central de Aulas 3 (CA 3)<sup>4</sup>, Central de Aulas 4 (CA 4)<sup>5</sup>, Central de Aulas 5 (CA 5)<sup>6</sup>, Central de Aulas 6 (CA 6)<sup>7</sup> e Central de Aulas 7 (CA 7)<sup>8</sup>, Biblioteca<sup>9</sup> e Restaurante Universitário (RU)<sup>10</sup>.

Fonte: Autoria própria (2019)

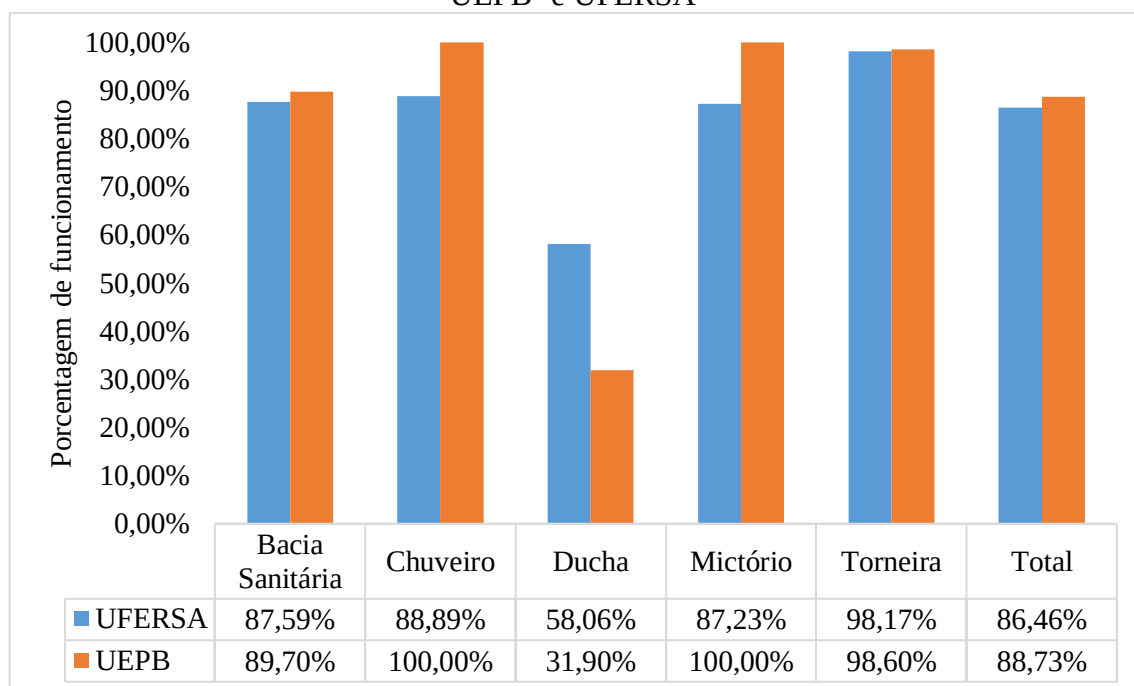
Figura 15 – Aparelhos hidrossanitários desativados



Fonte: Autoria própria (2019)

Analogamente, um estudo sobre as condições de operação dos aparelhos hidrossanitários da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) foi realizado por Araújo (2018). Foram analisados 1.125 pontos hidráulicos instalados na instituição. Dos pontos analisados, 746 eram semelhantes ao estudo realizado na UFERSA. Na Figura 16 é feita uma comparação entre as condições de funcionamento dos aparelhos hidrossanitários da UEPB e UFERSA.

Figura 16 – Comparação entre as condições de operação dos aparelhos hidrossanitários UEPB<sup>1</sup> e UFERSA<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Universidade Estadual da Paraíba e <sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido.  
Fonte: Autoria própria (2019); adaptado de Araújo (2018).

Analisando cada aparelho individualmente foi possível perceber que a instituição do estado da Paraíba tem desempenho parecido, mas ainda superior, quando comparado com a UFERSA. A única exceção foi a ducha higiênica que teve percentual de funcionamento de 31,90% na UEPB em contraste a 58,06% obtido neste trabalho. É destaque positivo, na universidade paraibana, a condição de operação satisfatória de chuveiros e mictórios com 100% em ambos os casos, em detrimento a 88,89 e 87,23% na instituição potiguar, respectivamente. Fazendo também uma análise do conjunto, foi constatado que a taxa de funcionamento dos aparelhos na UEPB é de 88,73%, percentual semelhante, mas ainda assim superior ao apresentado pela UFERSA (86,46%).

## 5.2 Identificação e quantificação dos vazamentos

### 5.2.1 Aparelhos hidrossanitários dos banheiros

A maioria dos pontos de consumo de água estudados (94,79%) estão presentes nos banheiros dos edifícios, com exceção dos bebedouros. Não foram identificados vazamentos nos chuveiros e nas duchas da instituição. O maior número de vazamentos por aparelho foi detectado nas bacias sanitárias (Figura 17), totalizando 67 vazamentos, entre visíveis e não visíveis, representando 72,04% de todos os vazamentos. Nos mictórios só foi detectado vazamento visível. Nas torneiras, foi identificado um gotejamento lento, um médio e um rápido, além de um vazamento por filete de  $\phi$  2 mm. Por meio da Tabela 5, é apresentada a quantidade de pontos hidráulicos que podem gerar desperdício de água por tipo de aparelho e edifício

Figura 17 – Teste da caneta hidrossolúvel em bacias sanitárias



Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 5 – Quantidade de pontos hidráulicos que podem gerar desperdício por tipo de aparelho e edifício

| Local                          | Pontos hidráulicos que geram desperdícios |                  |           |        |                  |                   |                   |                    |              | Total | % de vaz. por edifício |
|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------|-----------|--------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------|-------|------------------------|
|                                | Bacia sanitária                           |                  | Bebedouro |        | Mictório         | Torneira          |                   |                    |              |       |                        |
|                                | Vaz. Visível                              | Vaz. não visível | Tipo A    | Tipo B | Filetes visíveis | Gotejamento lento | Gotejamento médio | Gotejamento rápido | Filete φ 2mm |       |                        |
| PC <sup>1</sup>                | 1                                         | 2                | 1         | -      | -                | 1                 | -                 | -                  | -            | 5     | 5,38                   |
| CA 1 <sup>2</sup>              | 3                                         | -                | -         | 1      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 4     | 4,30                   |
| CA 2 <sup>3</sup>              | 1                                         | 3                | 1         | 1      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 6     | 6,45                   |
| CA 3 <sup>4</sup>              | 1                                         | 7                | 1         | 1      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 10    | 10,75                  |
| CA 4 <sup>5</sup>              | 1                                         | 3                | 1         | 1      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 6     | 6,45                   |
| CA 5 <sup>6</sup>              | 2                                         | 13               | 1         | 1      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 17    | 18,28                  |
| CA 6 <sup>7</sup>              | 4                                         | 8                | 3         | -      | -                | -                 | 1                 | 1                  | 1            | 18    | 19,35                  |
| CA 7 <sup>8</sup>              | 0                                         | 9                | 1         | 1      | 2                | -                 | -                 | -                  | -            | 13    | 13,98                  |
| Biblioteca <sup>9</sup>        | 2                                         | 3                | 1         | 2      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 8     | 8,60                   |
| RU <sup>10</sup>               | 0                                         | 4                | 1         | 1      | -                | -                 | -                 | -                  | -            | 6     | 6,45                   |
| Total                          | 15                                        | 52               | 11        | 9      | 2                | 1                 | 1                 | 1                  | 1            | 93    | 100,0                  |
| % de vaz. por tipo de aparelho | 72,04                                     |                  | 21,51     |        | 2,15             | 4,30              |                   |                    |              | -     |                        |

Prédio central (PC)<sup>1</sup>, Central de Aulas 1 (CA 1)<sup>2</sup>, Central de Aulas 2 (CA 2)<sup>3</sup>, Central de Aulas 3 (CA 3)<sup>4</sup>, Central de Aulas 4 (CA 4)<sup>5</sup>, Central de Aulas 5 (CA 5)<sup>6</sup>, Central de Aulas 6 (CA 6)<sup>7</sup> e Central de Aulas 7 (CA 7)<sup>8</sup>, Biblioteca<sup>9</sup> e Restaurante Universitário (RU)<sup>10</sup>.

Fonte: Autoria própria (2019)

Em relação aos edifícios, as Centrais de Aulas 3, 5, 6 e 7 obtiveram o maior número de vazamento do estudo. Esses prédios são aqueles com um número elevado de pontos de utilização, desse modo, quanto mais aparelhos maiores também serão as probabilidades de vazamentos no local (Figura 18).

Figura 18 – Vazamento de filete na torneira da Central de Aulas 6



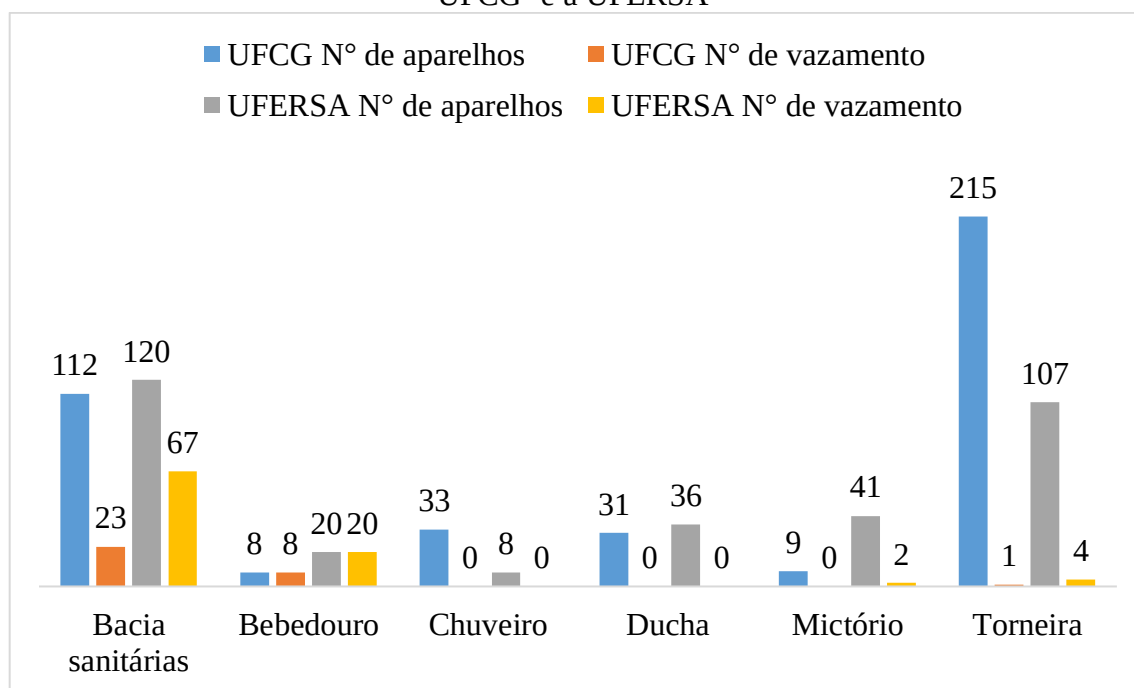
Fonte: Autoria própria (2019)

Dos 332 aparelhos estudados, 93 apresentaram vazamentos, ou seja, 28,01% do total dos equipamentos. Nunes, Wanderley e Silva (2017) analisaram vazamentos em pontos hidráulicos de 180 prédios nas escolas estaduais de Pernambuco. O maior índice de vazamento apresentado na pesquisa foi de 21,43%, que ainda é menor do que 28,01%, referente ao valor obtido na UFERSA. Os autores atribuíram esse elevado índice de vazamentos a falta de manutenção preventiva vinculada com a cultura brasileira de optar, majoritariamente, por manutenções corretivas. Esse fato fica ainda mais evidente quando, uma das escolas estudadas com menor índice de vazamento (cerca de 2%), foi a única edificação cadastrada que apresentou hábitos de manutenções preventivas.

Da mesma forma, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal, foi realizado, por Silva et. al (2013), uma pesquisa sobre desperdício de água em aparelhos hidrossanitários e bebedouros, levando-se em consideração uma população de 1.418

peessoas frequentando o campus por dia. Foram analisados nesse estudo 408 pontos de consumo de água. Na Figura 19 é apresentada uma comparação entre a quantidade de aparelhos e vazamentos entre a UFCG e a UFERSA. Em ambos os trabalhos as bacias sanitárias foram as que apontaram maior número de vazamentos, além disso, dispositivos como chuveiro, duchas, torneiras e mictórios não ofertaram elevados índices de desperdício.

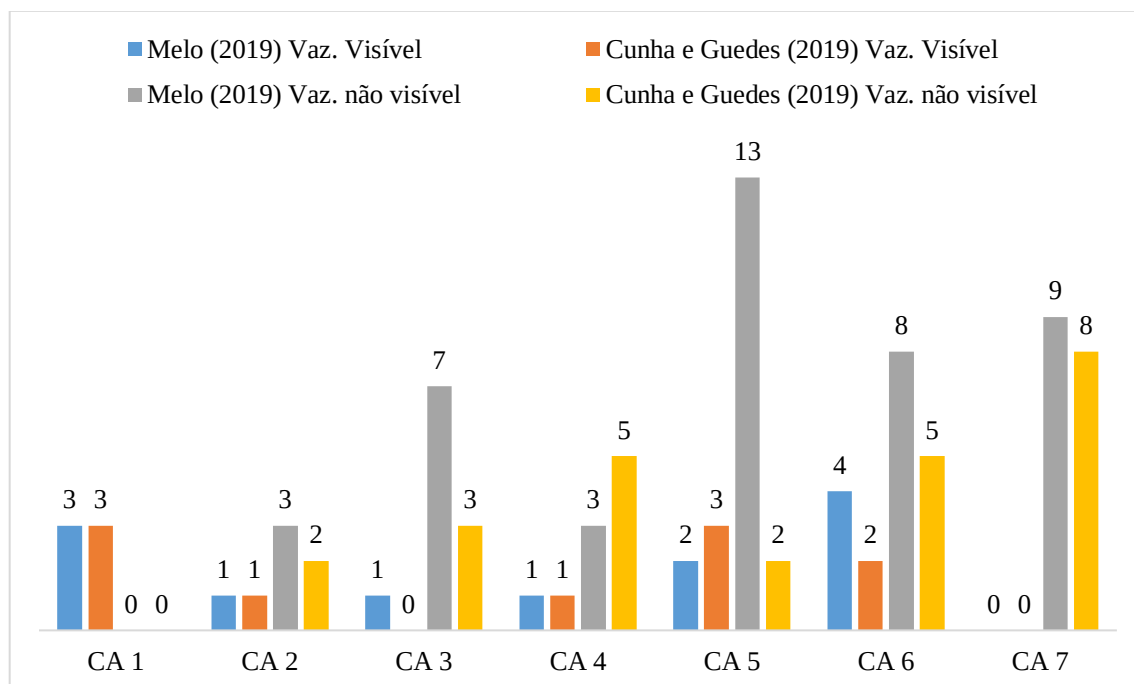
Figura 19 – Comparação entre a quantidade de aparelhos e de vazamentos entre a UFCG<sup>1</sup> e a UFERSA<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande e <sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido.  
Fonte: Autoria própria (2019)

A exemplo disso, em pesquisa realizada na UFERSA, campus Mossoró, por Cunha e Guedes (2019), foi estudado o desperdício nas bacias sanitárias das centrais de aulas da universidade, no primeiro trimestre do referido ano. Das 108 bacias sanitárias identificadas, 36 apresentavam vazamento (10 filetes visíveis, 25 não visíveis, 1 vazamento no tubo de alimentação), representando um percentual de 33,33% em relação ao total. Na Figura 20 é ilustrada a comparação entre os vazamentos nas bacias sanitárias nas centrais de aulas da UFERSA em diferentes períodos de tempo, 1º e 3º trimestre de 2019.

Figura 20 – Comparação entre os vazamentos das bacias sanitárias nas centrais de aulas da UFERSA em diferentes períodos de tempo



Fonte: Autoria própria (2019)

Do mesmo modo, quando comparado com a pesquisa feita neste trabalho, é possível perceber que as perdas aumentaram de um período para outro, principalmente as não visíveis. Na análise atual, das 100 bacias sanitárias funcionando nas centrais de aulas, 55 apresentaram vazamento (12 visíveis e 43 não visíveis). Com esses números é constatado que houve um aumento significativo nos números de vazamentos, de 36 para 55. A Central de Aulas 5 foi a que obteve o maior aumento, principalmente nos vazamentos não visíveis.

Desse modo, o total de água desperdiçada por dia, semana e mês, na universidade, pelos aparelhos hidrossanitários dos banheiros é descrito na Tabela 6. As bacias sanitárias foram os aparelhos que mais contribuíram para o volume de água perdido em vazamentos, chegando a desperdiçar  $159,18 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ , representando mais de 90% do volume desperdiçado. Logo após, encontra-se os mictórios e as torneiras, com  $8,64$  e  $4,89 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ , respectivamente. Em relação as edificações, aquelas com o maior número de vazamentos corresponderam também ao maior volume desperdiçado, caso das Centrais de Aulas 3, 5, 6 e 7.



Tabela 6 – Volume de água desperdiçada em litros (L) pelos aparelhos sanitários

| Local                                           | Desperdício de água (L) |         |         |          |        |       |          |        |       |                 |         |         |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------|---------|----------|--------|-------|----------|--------|-------|-----------------|---------|---------|
|                                                 | Bacia sanitária         |         |         | Mictório |        |       | Torneira |        |       | Total por bloco |         |         |
|                                                 | Dia                     | Semana  | Mês     | Dia      | Semana | Mês   | Dia      | Semana | Mês   | Dia             | Semana  | Mês     |
| PC <sup>1</sup>                                 | 265                     | 1.855   | 7.950   | -        | -      | -     | 8        | 56     | 240   | 273             | 1.911   | 8.190   |
| CA 1 <sup>2</sup>                               | 432                     | 3.024   | 12.960  | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 432             | 3.024   | 12.960  |
| CA 2 <sup>3</sup>                               | 325,5                   | 2.278,5 | 9.765   | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 325,5           | 2.278,5 | 9.765   |
| CA 3 <sup>4</sup>                               | 567,5                   | 3.972,5 | 17.025  | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 567,5           | 3.972,5 | 17.025  |
| CA 4 <sup>5</sup>                               | 325,5                   | 2.278,5 | 9.765   | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 325,5           | 2.278,5 | 9.765   |
| CA 5 <sup>6</sup>                               | 1.074,5                 | 7.521,5 | 32.235  | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 1.074,5         | 7.521,5 | 32.235  |
| CA 6 <sup>7</sup>                               | 1.060                   | 7.420   | 31.800  | -        | -      | -     | 155      | 1.085  | 4.650 | 1.215           | 8.505   | 36.450  |
| CA 7 <sup>8</sup>                               | 544,5                   | 3.811,5 | 16.335  | 288      | 2.016  | 8.640 | -        | -      | -     | 832,5           | 5.827,5 | 24.975  |
| Biblioteca <sup>9</sup>                         | 469,5                   | 3.286,5 | 14.085  | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 469,5           | 3.286,5 | 14.085  |
| RU <sup>10</sup>                                | 242                     | 1.694   | 7.260   | -        | -      | -     | -        | -      | -     | 242             | 1.694   | 7.260   |
| <b>Total</b>                                    | 5.306                   | 37.142  | 159.180 | 288      | 2.016  | 8.640 | 163      | 1.141  | 4.890 | 5.757           | 40.299  | 172.710 |
| <b>% vol. Desperdiçado por tipo de aparelho</b> | 92,17                   |         |         | 5,00     |        |       | 2,83     |        |       | -               |         |         |

Prédio central (PC)<sup>1</sup>, Central de Aulas 1 (CA 1)<sup>2</sup>, Central de Aulas 2 (CA 2)<sup>3</sup>, Central de Aulas 3 (CA 3)<sup>4</sup>, Central de Aulas 4 (CA 4)<sup>5</sup>, Central de Aulas 5 (CA 5)<sup>6</sup>, Central de Aulas 6 (CA 6)<sup>7</sup> e Central de Aulas 7 (CA 7)<sup>8</sup>, Biblioteca<sup>9</sup> e Restaurante Universitário (RU)<sup>10</sup>.

Fonte: Autoria própria (2019)

Em experimento realizado por Silva et al. (2013) na UFCG, após analisar 400 pontos hidráulicos nos banheiros, foi constatado um volume de água desperdiçada nos aparelhos hidrossanitários de  $100 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ . O estudo realizado na UFERSA teve um número de pontos hidráulicos estudados de 384, mas, em contrapartida, foi constatado um volume de  $172,71 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ . Ou seja, mesmo com um menor número de pontos estudados, a UFERSA teve um maior volume de água desperdiçada quando comparado com a UFCG.

Seguindo o mesmo raciocínio, em pesquisa realizada por Cunha e Guedes (2019) na UFERSA, o volume de água desperdiçada nas bacias sanitárias nas centrais de aulas foi de  $92,89 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ . Em contrapartida, neste trabalho, quando é considerado apenas as bacias sanitárias das centrais de aulas, o desperdício foi de  $129,88 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ , devido, principalmente, ao aumento no número de vazamentos não visíveis. Com esses dados, é possível perceber uma ineficiência em relação a execução de manutenção nos prédios da universidade. Desse modo, se alguma intervenção não for realizada, o desempenho do campus com relação ao desperdício de água tenderá a piorar com o passar do tempo.

Vários fatores podem contribuir para o aumento nos índices de vazamento de uma instituição, por exemplo, falta de consciência no momento da utilização (educação ambiental), aparelhos antigos e com pouco qualidade, além da falta de manutenção preventiva e corretiva. A correção de vazamentos na UFERSA deve ser requisitada através da plataforma SIPAC (Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos), a requisição deve ser feita por aqueles que têm acesso à plataforma (detentores do SIAPE – Sistema Integrado de Administração de Pessoal). Então, a correção do problema será feita o mais rápido possível através de uma empresa terceirizada. Essa burocracia instituída no poder público acaba dificultando a correção dos problemas.

Segundo a Superintendência de Infraestrutura (SIN), a UFERSA possui cinco funcionários responsáveis pelas manutenções e conserto nas instalações hidráulicas de todos os campi (Mossoró, Pau dos Ferros, Caraúbas e Angicos). Foi registrado também que o volume de solicitações é tanta que a mão de obra não consegue executar todos os serviços e acaba ficando sobrecarregada. Dessa forma, com a grande quantidade de serviço, as manutenções preventivas ficam em segundo plano. O ideal seria a criação de uma equipe especializada em fazer, periodicamente, dentro de determinado tempo estabelecido, o levantamento da quantidade, tipo e local dos vazamentos nos banheiros e, em seguida, conseguir recursos para solucionar o problema, transformando as medidas paliativas em soluções constantes.

Os maiores vazamentos no caso da UFERSA - campus Mossoró são as bacias sanitárias e são causados por defeitos na válvula de descarga dos aparelhos. A solução mais coerente seria

a substituição dessas válvulas com mal funcionamento. O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) divulga por mês e estado, as composições de preço e custo para serviços na construção civil. Na Tabela 5 é apresentada a composição de preços e o custo total para o mês de abril do ano de 2019 (último mês disponível no site), incluindo a mão de obra, para a substituição de todas as 67 válvulas de descarga defeituosa identificadas neste trabalho.

Tabela 7 – Composição de custo e preço total para substituição das válvulas de descargas

| <b>Código</b>     | <b>Material</b>                                                          | <b>Unidade</b> | <b>Índice</b> | <b>Custo unitário</b> | <b>Custo total</b> |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| <b>3148</b>       | Fita veda rosca em rolos de 18 mm x 50 m (l x c)                         | UN             | 0,019         | 8,22                  | 0,15               |
| <b>10228</b>      | Válvula de descarga metálica, base 1 1/2 " e acabamento metálico cromado | UN             | 1             | 178,92                | 178,92             |
| <b>88248</b>      | Auxiliar de encanador ou bombeiro hidráulico com encargos complementares | H              | 0,789         | 11,69                 | 9,22               |
| <b>88267</b>      | Encanador ou bombeiro hidráulico com encargos complementares             | H              | 0,789         | 15,07                 | 11,89              |
| <b>Composição</b> |                                                                          |                |               |                       | R\$ 200,18         |
| <b>Total</b>      |                                                                          |                |               |                       | R\$ 13.412,06      |

Fonte: Autoria própria (2019)

Analogamente, segundo a Secretaria da Infraestrutura do Ceará (SEINFRA), a composição de custo total, incluindo mão de obra, para instalação de novas torneiras, com fechamento automático, seria de R\$ 152,08. Portanto para substituição das 4 torneiras que constatarem defeito haveria um custo de R\$ 608,32. Vale salientar que essa medida proposta é considerada paliativa já que, se não houver uma manutenção periódica, o problema pode acabar reaparecendo nos banheiros da instituição.

## 5.2.2 Desperdício de água nos bebedouros

Dos 20 bebedouros estudados na UFERSA, todos estavam em condições normais de funcionamento, sendo 11 do tipo A e 9 do tipo B. Sempre que existe consumo de água, devido modo como operam, todos os bebedouros geram desperdício. Após o experimento foi obtido um volume de água desperdiçada de 88,55 L.semana<sup>-1</sup>.bebedouro<sup>-1</sup> no tipo A, e de 34,70 L.semana<sup>-1</sup>.bebedouro<sup>-1</sup> no tipo B. Outro dado obtido via SIGAA é que 6.166 alunos.semana<sup>-1</sup>

estão matriculados e tem aula na Central de Aulas 5 toda semana. Nos bebedouros, diferentes dos aparelhos dos banheiros, só há desperdício quando há consumo. A maior parte do consumo ocorre em dias úteis, por isso foi considerado 22 dias úteis em um mês.

Como exposto na seção 4.2 (Tabela 2), 5.996 alunos têm matrículas ativas na UFERSA. E supondo que todos os alunos vão frequentar a universidade todos os dias, sendo esse cenário considerado o mais desfavorável, e aplicando os parâmetros citados na Equação 1, foi constatado que o desperdício nos bebedouros será: 20,84 e 6,68 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>, para os bebedouros tipo A e B, respectivamente.

Como o desperdício nos bebedouros é dado pela forma como a água é consumida nos equipamentos, é necessária uma mudança na cultura nos alunos da instituição. A principal modificação seria implementar o hábito de que cada estudante leve seu copo ou garrafa individual para evitar o desperdício no aparelho. Para que essa mudança seja atingida, é necessária a implementação de ações educativas como palestras, seminários, vídeos, *folders*, visitas nas salas de aulas, enfatizando a quantidade de água que pode ser desperdiçada nos aparelhos e a importância de evitar o desperdício.

Tal campanha é imperativa, principalmente, no Nordeste, região com elevados índices de déficit hídrico. Outra medida que pode ser adotada são os recipientes de captação, semelhantes aos utilizados no trabalho, com adaptações necessárias, para o acúmulo de água. Toda a água acumulada nesses recipientes pode ser utilizada para usos diversos, como limpeza da própria edificação.

Alguns exemplos de reaproveitamento de água de bebedouros podem ser encontrados em algumas instituições públicas. Na Escola Técnica Estadual (ETE) Professor Francisco Jonas Feitosa Costa, localizada na cidade de Arcoverde, estado do Pernambuco, o sistema dos bebedouros é semelhante ao utilizado na UFERSA. Com um projeto de extensão, os alunos da escola conseguiram adaptar o sistema através do prolongamento das canalizações. Desse modo, a água que era desperdiçada nos bebedouros passou a desaguar em uma plantação de hortaliças presente na instituição (Figura 21).

Figura 21 – Sistema de reutilização da água de bebedouros



Fonte: ETE Arcoverde (2019)

Outro exemplo de reuso de água dos bebedouros, publicado pela Tribuna do Ceará (2019), foi encontrado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Caucaia. Os alunos criaram um recipiente de captação e armazenamento de água (Figura 22). Durante o estudo verificou-se que era desperdiçado 1.010 L de água por mês, num campus com 400 alunos. A água não consumida é utilizada para irrigação, construção civil e lavagem de ambientes.

Figura 22 – Sistema de captação e coleta de água dos bebedouros no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Caucaia



Fonte: Tribuna do Ceará (2016)

### 5.3 Desperdício total

O total de água desperdiçada dar-se-á pela soma do desperdício nos bebedouros com o total de água desperdiçada por mês nos aparelhos hidrossanitários, gerando um desperdício de  $200,23 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ .

Em uma escola de tempo integral na cidade de Goiânia foi realizado uma pesquisa sobre desperdício de água em pontos de utilização, mais especificamente nas bacias sanitárias e lavatórios. A população da escola é de 430 pessoas por dia entre alunos e funcionários. Foram analisados 32 pontos, sendo essas 20 torneiras, 4 bebedouros e 8 bacias sanitárias, dos quais 12 apresentavam algum tipo de vazamento visível. Não foi realizado inspeção para vazamento não visível no estudo. No final foi quantificado um desperdício de  $43,3 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ , valor bem inferior ao obtido na UFERSA. Entretanto, deve-se levar em consideração que o número de aparelhos estudados na escola era bem menor quando comparados com a UFERSA, o que interfere diretamente no volume de água desperdiçada (GUIMARÃES; ARAÚJO, 2016).

Como já exposto no item 4.1, a UFERSA – campus Mossoró, tem um convênio com a CAERN e por isso não paga pela água que é usada na instituição. Caso esse convênio não existisse e que a universidade deveria pagar por toda a água consumida, pode-se estimar o custo da água desperdiçada. Segundo a faixa de preço da CAERN, as instituições públicas pagam R\$ 128,59 em até  $20 \text{ m}^3$  consumido por mês, cada  $\text{m}^3$  excedente é multiplicado por um valor de R\$ 11,06. Desse modo, somente com o volume de água desperdiçado a UFERSA gastaria por mês R\$ 2.121,93, aproximadamente R\$ 25.463,20 por ano. Diante desse cenário, a universidade deve adotar medidas de uso racional da água.

Mais uma análise que pode ser feita é sobre o consumo de água dentro da própria UFERSA. O restaurante universitário serve, em média, 1.600 refeições por dia, com esse dado pode-se calcular o consumo de água diário do estabelecimento. Segundo a NBR 7229/1993, cada refeição necessita de 25 L de água para ser produzida. Portanto  $40.000 \text{ L}$  são usados por dia no restaurante. Desse modo, a cada 137 horas (5,70 dias, aproximadamente) a água desperdiçada daria para fornecer 1.600 refeições no restaurante universitário.

A biblioteca da UFERSA campus Mossoró tem  $3.486 \text{ m}^2$ , para limpeza de  $1 \text{ m}^2$  de piso são necessários 2 L de água, segundo estimativa de Tomaz (2009). Sendo assim, são necessários  $210 \text{ m}^3$  por mês para lavar a biblioteca, ou seja, o volume de água desperdiçado no campus daria para lavar a biblioteca, aproximadamente, 28 dias em um mês.

A piscina da UFERSA é semiolímpica, com dimensões de  $500 \text{ m}^2$ . A taxa de evaporação de água, em média, em uma piscina é de  $5,75 \text{ L} (\text{dia}.\text{m}^2)^{-1}$ , de acordo com estimativa de Tomaz

(2009). Portanto o volume de água evaporado pela piscina da universidade por mês é  $86.25 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ , ou seja, o volume de água desperdiçada daria para abastecer a piscina por, aproximadamente, 2,3 meses ou 70 dias.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. De modo geral, os aparelhos hidrossanitários das edificações apresentaram bom estado de funcionamento, mesmo assim, 13,54% dos aparelhos apresentaram algum defeito no desempenho. O índice de vazamento dos aparelhos estudados foi de 28,01%. Isso significa que dos 332 aparelhos funcionando 93 apresentavam algum tipo de vazamento. Sendo assim, foi constatado a necessidade urgente de manutenção corretiva nos prédios estudados.

2. Dentre os aparelhos estudados a maior parte dos vazamentos foi registrada nas bacias sanitárias e bebedouros, com 67 e 20 vazamentos, respectivamente. Desse modo, foi possível contabilizar um desperdício mensal de 200,23 m<sup>3</sup>. Outro fator importante, constatado a partir da comparação com outros estudos na universidade, foi que aumentaram tanto o número de vazamento quanto o volume de água desperdiçada.

3. Tendo em vista a situação, para as bacias sanitárias foi sugerido, como solução pontual, a troca da válvula de descarga, que apresentou custo de R\$ 13.412,06. Para as torneiras foi proposta a troca do equipamento, que teria custo de R\$ 608,32. Vale ressaltar que esses problemas são recorrentes e podem voltar a surgir nos aparelhos hidrossanitários. Sendo assim, aplicar somente soluções pontuais pode não ser o ideal. Seria mais viável a criação de uma equipe ou departamento que estivesse constantemente fazendo o levantamento da quantidade, tipo e local dos vazamentos e a partir disso poder tomar providencias cabíveis de acordo com as diretrizes da instituição.

4. Para os bebedouros, sugere-se implementar uma mudança cultural no consumo de água nos equipamentos, alertando os usuários através de campanhas educativas, a importância do uso racional da água na instituição. Além disso, foi proposto recipientes de captação para acúmulo de água dos bebedouros, com base em exemplos encontrados em outras instituições de ensino.

5. A metodologia utilizada nesse trabalho pode ser empregada em outros edifícios da UFRSA, demais campi e instituições de ensino superior. Este estudo poderá subsidiar ações do Plano de Gestão de Logística Sustentável da UFRSA.



## REFERÊNCIAS

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

ANDRÉ, D. S.; MACEDO, D.; ESTENDER, A. C. Conservação e Uso Racional da Água: novos hábitos para evitar a escassez dos recursos hídricos e para a continuidade do bem finito. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 12., 2015, Resende. **Anais...** Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2015. p. 1-13.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acesso em: 14 maio 2019.

ARAÚJO, R. T. **Diretrizes para elaboração de plano de uso racional da água em instituições de ensino superior**. 2018. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – UFCG. Campina Grande, 2018.

ARNESEN, A. S.; PADOVESE, L. R.; MIKI, M. K.; CARVALHO, M. A. S. Sistema digital de pesquisa de vazamentos de água: desenvolvimento de plataforma, gravações e análises de sinais. **Revista DAE**, Pinheiros, v. 64, n. 201, p.33-44, abr. 2016.

BARROS, F. A.; SILVA, D. V. C. S.; PAES, R. P. Instalações prediais hidráulicas e sanitárias em escolas públicas: patologias e satisfação dos usuários. **Recc - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Cuiabá, v. 11, n. 02, p.39-50, dez. 2016.

BRASIL. Lei 9433, 8 de janeiro de 1997. DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 de jan. de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 21 maio. 2019.

BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S.; PORTO, E. R. Disponibilidade de água e gestão dos recursos hídricos. In: Luiza Teixeira de Lima Brito; Magna Soelma Beserra de Moura; Gislene Feitosa Brito Gama. (Org.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. 1ed. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007, v. 1, p. 15-32.

CUNHA, L. M. P.; GUEDES, M. J. F. **Proposição de alternativas ao desperdício de água em bacias sanitárias das centrais de aulas da UFERSA, Mossoró-RN**. 2018. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, UFERSA. Mossoró, 2018.

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROFESSOR FRANCISCO JONAS FEITOSA COSTA. **Horta de Fitoterápicos**. 2017. Disponível em: <<https://etearcoverde.webnode.com/hortadefitoterapicos/>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

FRANGIPANI, M. **Guias práticos**: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água. Brasília: SNSA, 2007. 81 p.

FUJIMOTO, R. K.; NUNES, S. S.; ILHA, M. S. O. Análise dos testes de detecção de vazamentos em bacias sanitárias. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 9., 2002, São Paulo. **Anais...** Foz do Iguaçu: Faculdade de Foz do Iguaçu, 2002. p. 1-10.

GONÇALVES, O. M.; ILHA, M.; AMORIM, S. V. Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.35-48, set. 2005.

GONZALEZ, A. **Novo estudo mostra que escassez de água no planeta está pior do que se imaginava**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/blog/nova-etica-social/post/novo-estudo-mostra-que-escassez-de-agua-no-planeta-esta-pior-do-que-se-imaginava.html>>. Acesso em: 14 maio 2019.

GUIMARÃES, F. B.; ARAÚJO, S. S. **Diagnóstico do uso da água em uma escola de tempo integral e considerações sobre o uso racional**. 2016. 67 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UFG. Goiânia, 2016.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 459 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil/Rio Grande do Norte/Mossoró**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>>. Acesso em: 14 maio 2019.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município: Mossoró**. Mossoró: 2008. 24 p.

LEHMANN, M.; CHRISTENSEN, P.; THRANE, M.; JORGENSEN, T. H. University engagement and regional sustainability initiatives: some Danish experiences. **Journal of Cleaner Production**, 17, p. 1067-1074. 2009.

LIMA, B. C.; YAMAGUCHI, J. K.; KUSSABA, L. L.; FERREIRA, A. T. Sistema de medição individualizada de água: estudo de caso de edifício comercial em São Paulo. **Recc - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, São Paulo, v. 11, n. 3, p.56-66, jun. 2016.

LUNARDI, D. G.; VARELLA, F. K. de O. M.; DOMBROSKI, S. A. G.; LUNARDI, V. de O.; CARNEIRO, B. T. S.; ALMEIDA, N. R. A. de. **Plano de gestão de logística sustentável da UFERSA**. Mossoró, 2013. Disponível em: <[http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/284/arquivos/PLSdefinitivo\\_UFERSA2013.pdf](http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/284/arquivos/PLSdefinitivo_UFERSA2013.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da bacia hidrográfica amazônica. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, n. 1, p.71-79, dez. 2010.

MENDES, C. F. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação no anel viário do campus do vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, UFRS. Rio Grande do Sul, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 21 maio 2019.

MORAIS, J. L. M.; FADUL, É.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do nordeste do

brasil. **Read- Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 24, n. 1, p.238-264, abr. 2018.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo em prédios universitários: o caso da UFBA**. 2009. Dissertação de Mestrado (Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Curso Engenharia Civil. UFBA. Salvador, 2009.

NUNES, L. G. C. F.; WANDERLEY, T. R. B.; SILVA, S. R. Indicadores de consumo de água, vazamentos e perdas: estudo de caso das escolas públicas de Recife. **Anap**, São Paulo, v. 10, n. 20, p.1-11, jun. 2017.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implementação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. Tese (Doutor em Engenharia). USP. São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, C. M. Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e as alternativas para o formato jurídico das agências de águas no brasil. **Revista de Direito Ambiental**, Coimbra, v. 46, n. 1, p.41-62, jun. 2007.

PURA. **Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.pura.usp.br/pura-usp/>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

SÁNCHEZ, A. S.; COHIM, E. H. B.; KALID, R. A. Sistema inteligente para monitoramento do consumo de água e detecção de vazamentos em prédios. In: Congresso Internacional Gestão da Água e Monitoramento Ambiental, 2., 2015, Bahia. **Anais...** Aracajú: Universidade Tiradentes, 2015. p. 1-12.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual orientador para a redução do consumo de água**. São Paulo: 1, 2018. 16 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Sustentabilidade – 2014**. São Paulo. 2015. Disponível on-line: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios\\_sustentabilidade/sabesp\\_2014\\_RS\\_portugues.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios_sustentabilidade/sabesp_2014_RS_portugues.pdf)>. Acesso em: 14 de julho de 2019.

SAVENIJE, H.; VAN DER ZAAG, P. Water as an Economic Good and Demand Management – Paradigms with Pitfalls. **Water Internacional**, 27 (1), p. 98-104. 2002.

SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA. **Tabela de Custos**. Disponível em: <<https://www.seinfra.ce.gov.br/>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVIDADES ACADÊMICAS. 2019. Disponível em: <[sigaa.ufersa.edu.br/sigaa](http://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa)>. Acesso em: 21 de maio de 2019.

SILVA, M. A.; SANTANA, C. G. Reuso de água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Revista do Ceds**, São Luís, v. 1, n. 1, p.1-14, dez. 2014.

SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; GONÇALVES, O. M. DTA A1: Apresentação do Programa. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA**. Brasília. 1999.

SILVA, K. B.; OLIVEIRA, R. B.; ISMAEL, L. L.; ARRUDA, V. C. M. Desperdício de água nas instalações prediais do Campus Universitário da UFCG em Pombal-PB: medidas para

conservação, aproveitamento e reuso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-rn, v. 8, n. 3, p.221-228, set. 2013.

O SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Downloads**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

SOUZA, I. M.; ROCHA, V. A. G. M.; ARAÚJO, J. K. Descrição do sistema de abastecimento de água de Mossoró. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 19., Mossoró. **Anais...** Maceió: Faculdade da Cidade de Maceió, 2011. p. 1-13.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água não potável**. Navegar Editora: São Paulo, 2009.

TRIBUNA DO CEARÁ. **Estudantes criam sistema de reutilização de água de bebedouros em escolas**: Iniciativa de baixo custo pode ser aplicada em qualquer escola. Disponível em: <<https://tribunadoceara.com.br/noticias/educacao/estudantes-criam-sistema-de-reutilizacao-de-agua-de-bebedouros-em-escolas/>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. **Apresentação**. 2014. Disponível em: <<https://reitoria.ufersa.edu.br/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. **Cursos de Graduação**. 2014. Disponível em: <<https://ufersa.edu.br/cursosgraduacao/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. Análise de Conflitos: Apoio à Decisão no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água. **Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Campina Grande, v. 10, n. 3, p.23-35, jul. 2005.