



111 - ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL E FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Antônio José Cruz de Araújo⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró.

Êmele Rádna Rodrigues do Vale⁽²⁾

Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró.

Lívia Maria Pinheiro da Cunha⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró.

Maria Josicleide Felipe Guedes⁽⁴⁾

Professora Adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Engenharias, Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais, Curso de Engenharia Civil, campus Mossoró.

Endereço⁽¹⁾: Av. Francisco Mota, 572 - Presidente Costa e Silva – Mossoró - RN - CEP: 59625-900 - Brasil - Tel: +55 (84) 3317-8200 - e-mail: antoniojosecruz333@gmail.com.

RESUMO

Diante dos problemas concernentes à escassez hídrica, faz-se necessária a busca por alternativas de uso racional da água. Nesse sentido, com a realização desta pesquisa objetivou-se avaliar alternativas tecnológicas de uso racional da água em uma universidade, mais especificamente nas centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró-RN, visando estimar os ganhos ambientais e o investimento financeiro da adoção das medidas propostas. As alternativas tecnológicas estudadas se referem à simulação da substituição dos aparelhos hidrossanitários instalados por aparelhos poupadores de água. E, para tanto, foram realizadas visitas *in loco* a fim de obter o quantitativo e as características dos aparelhos hidrossanitários existentes (bacias sanitárias, torneiras, mictórios). Além disso, foi efetuado um levantamento *on-line* do número de alunos que frequentam cada uma das 7 centrais de aulas da universidade e estudos literários para identificar os aparelhos poupadores de água mais eficientes. A partir dos dados coletados, foi possível simular alguns cenários de gestão da demanda de água. E, alicerçando-se nos resultados obtidos, concluiu-se que os cenários que contam com a substituição dos reparos e válvulas de descarga das bacias sanitárias convencionais proporcionam os melhores resultados, com economia de água variando de 20% a 23%.

PALAVRAS-CHAVE: Economia de água, medidas tecnológicas, universidades.

1 INTRODUÇÃO

A água, indispensável à preservação da vida na Terra, encontra-se distribuída de maneira desigual no Planeta. O Brasil possui cerca de 14% das disponibilidades hídricas mundiais, estando em uma vantagem comparativa em relação aos demais países (LANNA, 2008).

Quanto à disponibilidade de água, em termos globais, o Brasil ocupa uma posição privilegiada. Esse fato traz um conforto ilusório, porque, a nível regional, os recursos hídricos estão distribuídos de maneira desigual no território, espacial e temporalmente. Nesse contexto, o Nordeste brasileiro desponta como uma região que, pela própria natureza, necessita de atenção especial referente à oferta de água, particularmente o Nordeste Setentrional, que possui 87,8% do seu território no semiárido, região em que a maioria dos rios não são perenes, e para a garantia de oferta contínua de água, são utilizados reservatórios (ANA, 2017). Além dos obstáculos relacionados à má distribuição da água, o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e tecnológico e o uso descomedido desse recurso têm ocasionado um aumento na demanda desse bem, submetendo os recursos hídricos a grandes pressões.

Assim, observando-se a relevância da conservação dos recursos hídricos para a preservação da vida na Terra e manutenção de todas as atividades econômicas existentes, faz-se indispensável a sua conservação de modo a garantir que as gerações presentes e futuras a usufrua. Dessa forma, almeja-se, principalmente dos órgãos

públicos, a efetivação de ações que busquem a utilização dos recursos hídricos de modo estratégico, por meio do gerenciamento da demanda de água, através de medidas tecnológicas, econômicas e educacionais e regulatórias ou institucionais.

O gerenciamento da demanda de água pode ser compreendido como o desenvolvimento e implementação de estratégias que influenciem a demanda de água, de modo a obter o uso eficiente e sustentável de um recurso escasso, promovendo a equidade social e preservação ambiental (SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2002).

As ações que buscam viabilizar o uso racional da água podem ser dos seguintes tipos: i) tecnológicas: medição individualizada do consumo de água, correção de vazamentos, utilização de aparelhos hidrossanitários poupadores de água, automatização da rede de distribuição de água; ii) educacionais: programas e campanhas de educação ambiental, adequação dos currículos das escolas e universidades; iii) econômicas: subsídios para aquisição de aparelhos poupadores de água, penalização financeira que induza o aumento da eficiência da concessionária de água, cobrança pelo uso da água bruta; iv) regulatórias ou institucionais: legislação que induza o uso racional da água, outorga pelo uso da água, criação de comitês de bacias hidrográficas, entre outras alternativas (SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2009; ALBUQUERQUE, 2004).

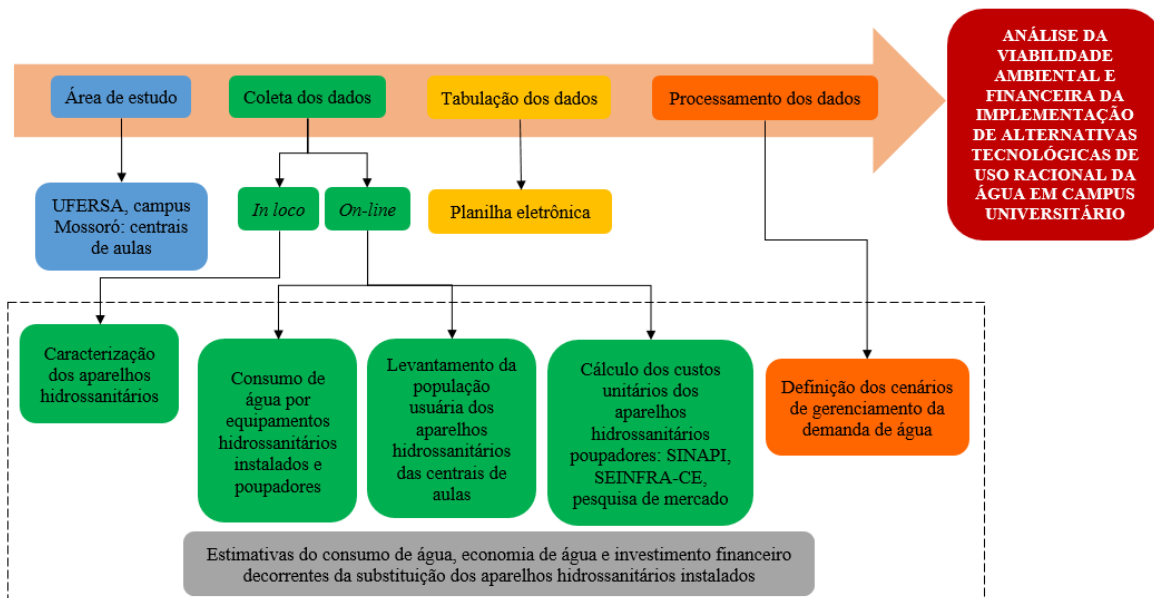
Nesse contexto, as instituições de ensino superior devem ser pioneiras na disseminação de ideias e atitudes concernentes à racionalização do uso da água, tanto pelo grande consumo intrínseco às suas atividades, quanto pela supremacia de apreço a conhecimentos e hábitos sustentáveis. Nessa perspectiva, foi selecionada uma universidade localizada no semiárido brasileiro como caso de estudo desta pesquisa, o campus central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizado no município de Mossoró-RN. E, ainda que seja de conhecimento a relevância de medidas educativas que fitem a conscientização ambiental dos consumidores, este estudo se circunscreveu à análise e proposta de ações que minimizem o consumo de água independente da vontade dos usuários, isto é, através da intervenção na estrutura física das edificações. Então, foram investigadas, sob a ótica ambiental (redução do consumo de água) e financeira (investimento necessário), a substituição dos seguintes equipamentos: i) torneiras convencionais e de fechamento automático hidromecânico por torneiras de fechamento automático por sensor, ii) mictórios com fechamento por registro de pressão e com fechamento automático por válvula hidromecânica por mictórios com fechamento automático por sensor e dos reparos e iii) válvulas de descarga de acionamento único das bacias sanitárias por modelos com duplo acionamento (*dual flush*).

2 OBJETIVO

Avaliar a viabilidade ambiental e financeira da implementação de alternativas tecnológicas de uso racional da água na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró-RN.

3 METODOLOGIA

As etapas metodológicas desta pesquisa são apresentadas na Figura 1. Inicialmente, definiu-se a área de estudo, que compreendeu os prédios das centrais de aulas da UFERSA, campus Mossoró-RN. Posteriormente, procedeu-se a etapa de coleta de dados, que ocorreu em duas fases: a primeira por meio de visitas *in loco* às centrais de aulas e a segunda de forma *on-line*. Os dados foram tabulados com o auxílio de planilhas eletrônicas. Finalmente, foram definidos cenários de gestão da demanda de água, por meio dos quais foi possível simular os ganhos ambientais e investimento financeiro necessário para implantá-los.



*SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

*SEINFRA: Secretária da Infraestrutura do Ceará.

*UFERSA: Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Figura 1: Fluxograma da pesquisa.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

No Nordeste brasileiro, as secas frequentes, associadas à carência de gestão de recursos hídricos, são elementos determinantes no surgimento de sérios problemas de abastecimento de água da população.

A universidade objeto deste estudo situa-se em Mossoró, município do interior do Rio Grande do Norte, pertencente à Mesorregião Oeste Potiguar, distante 278 km da capital do estado, Natal-RN. Mossoró possui 2.099,3 km², sendo, em termos de extensão territorial, o maior município do estado. De acordo com dados obtidos no Censo Demográfico de 2010, o município possuía nesse ano uma população de 259.815 habitantes, sendo o segundo município mais populoso do RN (IBGE, 2010). O seu clima é muito quente e semiárido, apresentando temperatura mínima, média e máxima anuais de, respectivamente: 21,0 °C, 27,4 °C e 36,0 °C (IDEMA, 2008). Mossoró está em sua totalidade inserida no Polígono das Secas, região que carece de atenção especial referente à oferta de água.

A captação de água para abastecimento humano no município de Mossoró é feita em mananciais superficial e subterrâneos. A captação superficial, responsável por 25% do volume de água produzido, é realizada na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Os mananciais subterrâneos, no total de 17 poços distribuídos em Mossoró, são responsáveis por 75% da água produzida (CAERN, 2018), sendo um deles localizado na instituição objeto deste estudo.

3.1.2 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA) E CENTRAIS DE AULAS

A UFERSA, campus Mossoró, possui atualmente 21 cursos de graduação e 25 cursos de pós-graduação (UFERSA, 2018, 2014). Em 2005, a universidade contava com 4 cursos de graduação, 4 cursos de pós-graduação e aproximadamente 1.212 estudantes (PLS, 2013). No decorrer dos 13 anos seguintes e até então, a instituição cresceu, trazendo consideráveis melhorias para a região do semiárido.

Este estudo foi realizado nas centrais de aulas da instituição, perfazendo um total de 7 edificações. Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os mapas do campus lado oeste e leste, respectivamente, com destaque às centrais de aulas. Esses locais foram escolhidos por serem frequentados por uma parcela significativa da população da universidade, resultando em um grande consumo de água.



**UFERSA Campus Mossoró -
Lado Oeste**

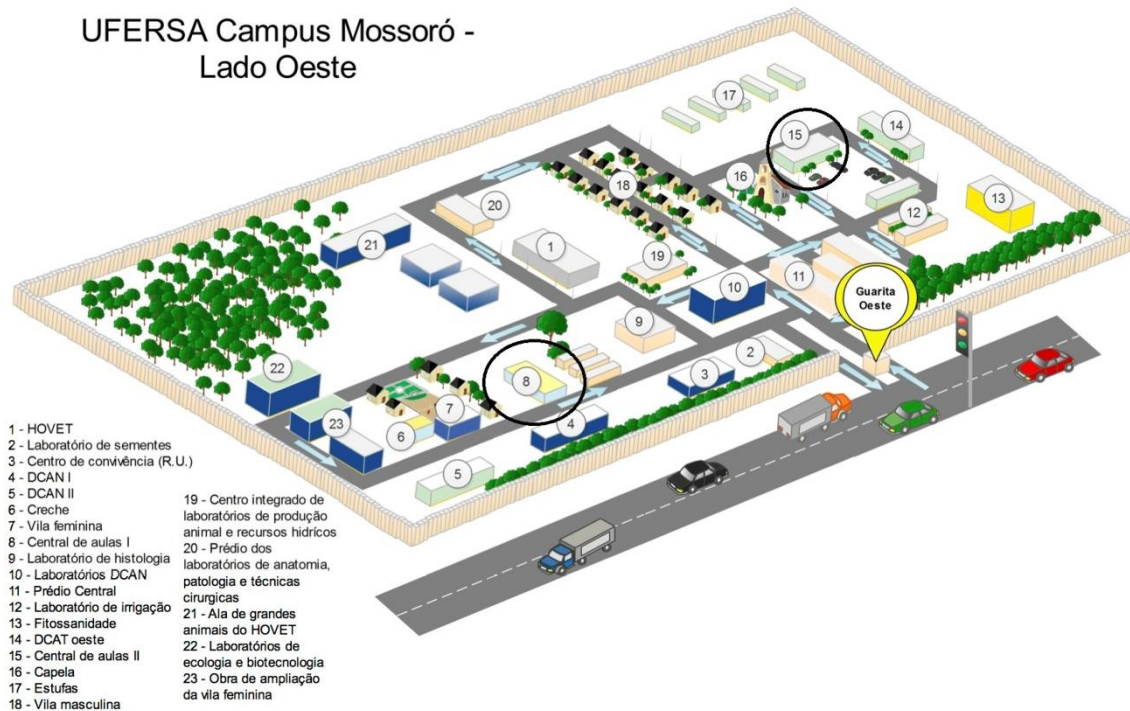


Figura 2: Mapa da UFERSA campus Mossoró – lado oeste, destacando as Centrais de Aulas 1 e 2.

**UFERSA Campus Mossoró -
Lado Leste**

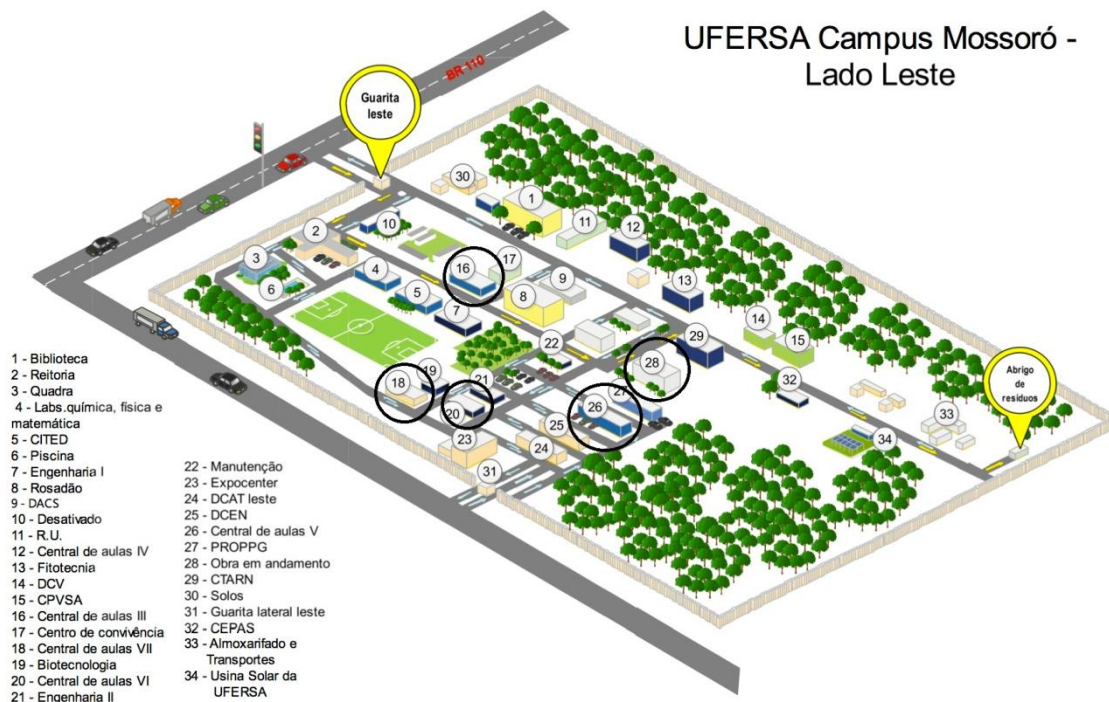


Figura 3: Mapa da UFERSA campus Mossoró – lado leste, destacando as Centrais de Aulas 3, 4, 5, 6 e 7.

Quanto à água utilizada na UFERSA, campus Mossoró, essa provém do sistema público de responsabilidade da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), cujo abastecimento tem uma relação direta com um termo de cooperação celebrado entre as duas instituições. Em razão da existência desse termo, a universidade está isenta da cobrança do consumo de água, durante os anos de 2009 até 2029 desde que assumisse a responsabilidade na contratação e no pagamento das despesas com a perfuração de um poço tubular profundo, na propriedade da universidade, com valor estimado de 1,3 milhões de reais. Todavia, vale



salientar que a isenção da cobrança do consumo de água não valida a isenção das responsabilidades ambiental e social que devem ser intrínsecas dos órgãos públicos, e mais ainda das instituições educacionais.

No que concerne ao consumo de água da universidade, as informações existentes são apenas estimativas, uma vez que a UFERSA não conta com medição total ou individualizada. Por meio do Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) da universidade, é apresentada uma estimativa de consumo para o semestre 2012.2, sendo essa de $17.306 \text{ m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$ (PLS, 2013).

3.2 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados transcorreu-se nas seguintes etapas: i) realização de visitas a todas as centrais de aulas para caracterização dos aparelhos hidrossanitários instalados; ii) pesquisas *on-line* para estimar a população usuária das centrais de aulas e dados de consumo dos aparelhos; e iii) realização de orçamento dos custos envolvidos na substituição dos aparelhos hidrossanitários instalados por aparelhos poupadores de água.

3.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS APARELHOS HIDROSSANITÁRIOS A PARTIR DE VISITAS *IN LOCO*

O levantamento dos aparelhos hidrossanitários se deu por meio de visita *in loco* em todas as centrais de aulas do campus Leste e Oeste da UFERSA. Para cada central de aulas foi realizado um levantamento dos equipamentos – bacias sanitárias, chuveiros, duchas, mictórios e torneiras – com auxílio de um formulário previamente elaborado. Foram obtidos os quantitativos de cada aparelho, suas respectivas características e estado de funcionamento.

Em seguida foram realizadas pesquisas na literatura com o intuito de identificar modelos de aparelhos hidrossanitários mais eficientes, no que diz respeito à economia de água, para simular a substituição dos modelos existentes na composição dos cenários de gerenciamento de demanda da água. Os aparelhos poupadores de água selecionados foram: dispositivo *dual flush* para bacias sanitárias com caixa acoplada (popularmente conhecido como reparo), válvulas de descarga com duplo acionamento para bacias sanitárias e torneiras e mictórios com sensores.

3.2.2 CONSUMO DE ÁGUA POR EQUIPAMENTO E CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS TECNOLÓGICAS SUGERIDAS

Após a caracterização dos aparelhos hidrossanitários, foi possível identificar cada aparelho presente nas centrais de aulas, bem como suas características. De posse desses dados, foi realizada uma pesquisa na literatura e nos *sites* dos fabricantes com o intuito de obter valores médios aceitáveis para o consumo de cada tipo de aparelho.

Para posterior cálculo dos consumos totais, todas as unidades de vazão dos aparelhos devem ser transformadas para estar na unidade L.uso^{-1} . Para as bacias sanitárias, na literatura não são apresentados os valores de consumo em L.uso^{-1} , tanto para os modelos convencionais quanto para os modelos *dual flush*. Para os modelos com acionamento por válvula de descarga, o consumo foi obtido segundo a equação 1.

$$C_{vd} = c_v \times t \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

c_{vd} → consumo das bacias com válvula de descarga, em L.uso^{-1} ;

c_v → consumo da válvula, em L.s^{-1} ;

t → tempo de acionamento para cada uso, em s.uso^{-1} .

Para as torneiras, sejam convencionais, hidromecânicas ou por sensores de presença, o consumo em L.min^{-1} foi obtido por meio das curvas de vazão *versus* pressão estática de cada modelo. A pressão estática foi estimada para duas situações: prédios com apenas um pavimento e prédios com dois pavimentos, uma vez que a pressão estática depende do desnível entre o reservatório e o ponto de consumo. Assim, as vazões estimadas para as

torneiras convencional, hidromecânica e por sensor são, respectivamente: 4,0 L.min⁻¹, 3,0 L.min⁻¹ e 4,2 L.min⁻¹.

Determinada a vazão em L.min⁻¹, foi realizada uma transformação para a unidade desejada, ou seja, L.uso⁻¹. Primeiramente todas as vazões em L.min⁻¹ foram divididas por 60 s para obter a vazão em L.s⁻¹. Nos modelos convencionais foi realizada a multiplicação da vazão pelo tempo médio necessário para a lavagem completa das mãos, de 14,14 s (PERSONA; INAGAKI, 2012). Nas torneiras hidromecânicas foi multiplicado pelo tempo de cada acionamento, de 6 s (DOCOL, 2019), bem como pelo número de acionamentos recomendados para a lavagem das mãos, que são 2 ciclos. No caso dos modelos com sensores, o tempo a ser multiplicado é o efetivo, que corresponde ao tempo que as mãos estão em contato direto com a água, estimado de 8,2 s (PERSONA e INAGAKI, 2012).

Os valores de consumo dos mictórios convencionais e por sensores foram obtidos diretamente na literatura. Os valores dos consumos em L.uso⁻¹ por aparelhos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo dos consumos por aparelhos convencionais e poupadores.

| Aparelhos | Características | Consumo (L.uso ⁻¹) | |
|-----------------|---------------------|--------------------------------|------|
| Bacia sanitária | Caixa acoplada | 6,00 | |
| | Válvula de descarga | 10,20 | |
| | <i>Dual flush</i> | | 3,00 |
| | | | 6,00 |
| Mictórios | Convencional | 1,00 | |
| | Sensor | 0,60 | |
| Torneiras | Convencional | 0,94 | |
| | Hidromecânicas | 0,60 | |
| | Sensor | 0,57 | |

Os custos da substituição dos aparelhos hidrossanitários instalados nas centrais de aulas por aparelhos poupadores de água, inclusos todos os insumos, encargos sociais e BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), foram estimados mediante à elaboração de uma planilha orçamentária com base no SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), SEINFRA-CE (Secretaria de Infraestrutura do Ceará) e pesquisas de mercado na cidade de Mossoró-RN.

3.3 POPULAÇÃO USUÁRIA DAS CENTRAIS DE AULAS E TABULAÇÃO DOS DADOS

Para obtenção do número de alunos que frequenta as centrais de aulas foi realizado um levantamento com base nas informações fornecidas pelo Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas - SIGAA da universidade. Após o levantamento, esses dados foram transferidos do sistema para planilhas eletrônicas, na qual foi possível estimar a população usuária do local em estudo, ou seja, quantificar os alunos que frequentam cada uma das centrais de aulas nos diferentes turnos – manhã, tarde e noite – e dias da semana.

Com posse dos dados de consumo por aparelho e da população de estudo foi possível estimar o consumo de água para cada cenário de gestão da demanda de água simulado.

3.4 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA

Neste estudo, foi estimado o impacto na redução do consumo de água nas centrais de aulas caso houvesse a substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por poupadores. Para tanto, foram estimados os consumos de água para a situação atual, ou seja, com os aparelhos hidrossanitários existentes, bem como o consumo para a situação de substituição dos equipamentos convencionais por modelos poupadores.

Os cálculos foram realizados utilizando as equações 2 a 11, para diferentes porcentagens de utilização dos aparelhos hidrossanitários: i) baixa utilização dos equipamentos, isto é, situação na qual apenas 10% da população faria uso desses aparelhos, uma vez por turno; ii) média utilização dos equipamentos (50%); e iii) máxima utilização (100%).



É importante salientar que o consumo de água para cada central de aulas foi estimado, pois não se conhece o consumo real de água por essas edificações, uma vez que ainda não existe micromedição nos prédios da UFERSA.

3.4.1 ESTIMATIVA DOS CONSUMOS DE ÁGUA NAS CENTRAIS DE AULAS (SITUAÇÃO ATUAL – APARELHOS CONVENCIONAIS)

O consumo de água gerado pelo uso das bacias sanitárias foi calculado com base na equação 2. Nessa etapa foi considerado o número total de alunos como possíveis utilizadores da bacia. Além disso, uma porcentagem de alunos utilizadores de cada modelo presente na central de aulas foi calculada para levar em consideração o consumo gerado pelos diferentes modelos.

$$C_{tb} = P \times (p_{ca} \times n_t \times C_{ca}) + P \times (p_{vd} \times n_t \times C_{vd}) \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

C_{tb} → consumo total de água pelas bacias sanitárias nas centrais de aulas;

P → porcentagem de alunos utilizando os equipamentos hidrossanitários (10%, 50%, 100%);

p_{ca} → porcentagem de alunos utilizando a bacia sanitária com caixa acoplada;

n_t → número total de alunos;

C_{ca} → consumo de água da bacia sanitária com caixa acoplada;

p_{vd} → porcentagem de alunos utilizando a bacia sanitária com válvula de descarga;

C_{vd} → consumo de água da bacia sanitária com válvula de descarga.

A porcentagem de alunos utilizando cada tipo de bacia sanitária é calculada conforme as equações 3 e 4, para bacias de caixa acoplada e válvula de descarga, respectivamente:

$$p_{ca} = \frac{n_{ca}}{n_{tb}} \times 100 \quad \text{equação (3)}$$

$$p_{vd} = 100 - p_{ca} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

p_{ca} → porcentagem de alunos utilizando a bacia sanitária com caixa acoplada;

n_{ca} → número de bacias sanitárias com caixa acoplada de volume reduzido;

n_{tb} → número total de bacias sanitárias da central de aulas;

p_{vd} → porcentagem de alunos utilizando a bacia sanitária com válvula de descarga.

O cálculo do consumo de água nos mictórios foi realizado utilizando a equação 5. Como esse tipo de aparelho está disponível apenas nos banheiros masculinos, apenas o número de homens foi considerado para realização dos cálculos.

$$C_{mtc} = P \times n_h \times C_{mc} \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

C_{mtc} → consumo total para mictórios;

P → porcentagem de alunos utilizando os equipamentos hidrossanitários (10%, 50%, 100%);

n_h → número total de homens;

C_{mc} → consumo de água por mictório.

O consumo de água nas torneiras segue de forma análoga às bacias sanitárias. Foram estimadas porcentagens dos discentes utilizadores de cada modelo presente na central de aulas para levar em consideração o consumo gerado pelos diferentes modelos. Os cálculos de consumo foram realizados a partir da equação 6.

$$C_{tt} = P \times (p_{tc} \times n_t \times C_{tc}) + P \times (p_{th} \times n_t \times C_{th}) \quad \text{equação (6)}$$

Onde:

C_{tt} → consumo de água total para as torneiras da central de aulas;



$P \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando os equipamentos hidrossanitários (10%, 50%, 100%);
 $p_{tc} \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando as torneiras com acionamento convencional;
 $n_t \rightarrow$ número total de alunos;
 $c_{tc} \rightarrow$ consumo da torneira com acionamento convencional;
 $p_{th} \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando as torneiras com acionamento hidromecânico;
 $c_{th} \rightarrow$ consumo das torneiras com acionamento hidromecânico.

A porcentagem de alunos utilizando cada tipo torneira é calculada conforme as equações 7 e 8, para torneira convencional e hidromecânica, respectivamente:

$$p_{tc} = \frac{n_{tc}}{n_{tt}} \times 100 \quad \text{equação (7)}$$

$$p_{th} = 100 - p_{tc} \quad \text{equação (8)}$$

Onde:

$p_{tc} \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando as torneiras com acionamento convencional;
 $n_{tc} \rightarrow$ número de torneiras com acionamento convencional;
 $n_{tt} \rightarrow$ número total de torneiras;
 $p_{th} \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando as torneiras com acionamento hidromecânico.

3.4.2 ESTIMATIVA DOS CONSUMOS DE ÁGUA NAS CENTRAIS DE AULAS (SITUAÇÃO FUTURA – EQUIPAMENTOS POUPADORES)

Através da equação 9 foi possível determinar o consumo de água gerado pela utilização de bacias sanitárias *dual flush*. Para os cálculos foi considerado que o volume de descarga de 3 L corresponderá a 90% dos acionamentos (dejetos líquidos) e de 6 L os demais 10% (dejetos sólidos). A simulação da substituição para o modelo *dual flush* aconteceu unicamente nos banheiros femininos, uma vez que a presença dos mictórios nos banheiros masculinos torna a mudança dispensável. Diante disso, o consumo total de água nas centrais de aulas foi obtido somando o consumo nos banheiros femininos com modelo *dual flush* com o consumo dos banheiros masculinos.

$$C_{tbd} = [P \times (0,9 \times n_m \times C_{3L}) + P \times (0,1 \times n_m \times C_{6L})] + [P \times (p_{ca} \times n_h \times C_{ca}) + P \times (p_{vd} \times n_h \times C_{vd})] \quad \text{equação (9)}$$

Onde:

$C_{tbd} \rightarrow$ consumo de água total nas bacias sanitárias modelo *dual flush*;
 $P \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando os equipamentos hidrossanitários (10%, 50%, 100%);
 $n_m \rightarrow$ número de mulheres que frequentam a central de aulas;
 $C_{3L} \rightarrow$ consumo proveniente do acionamento para remoção dejetos líquidos;
 $C_{6L} \rightarrow$ consumo proveniente do acionamento para remoção de dejetos sólidos;
 $p_{ca} \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando a bacia sanitária com caixa acoplada;
 $n_h \rightarrow$ número total de homens;
 $C_{ca} \rightarrow$ consumo de água da bacia sanitária com caixa acoplada;
 $p_{vd} \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando a bacia sanitária com válvula de descarga;
 $C_{vd} \rightarrow$ consumo de água da bacia sanitária com válvula de descarga.

Por meio da equação 10 foi possível determinar o consumo dos mictórios com sensores de presença.

$$C_{mts} = P \times n_h \times C_{ms} \quad \text{equação (10)}$$

Onde:

$C_{mts} \rightarrow$ consumo total dos mictórios com sensores;
 $P \rightarrow$ porcentagem de alunos utilizando os equipamentos hidrossanitários (10%, 50%, 100%);
 $n_h \rightarrow$ número total de homens;
 $C_{ms} \rightarrow$ consumo dos mictórios com sensores.



Para o cálculo do consumo das torneiras com sensores de presença foi utilizada a equação 11. Nesse caso foi realizado para uma situação mais otimista, na qual todas as torneiras, inclusive as hidromecânicas, seriam substituídas por modelos mais modernos, dotados de sensores.

$$C_{ts} = P \times n_t \times C_{ts} \quad \text{equação (11)}$$

Onde:

C_{ts} → consumo total das torneiras com sensores;

P → porcentagem de alunos utilizando os equipamentos hidrossanitários (10%, 50%, 100%);

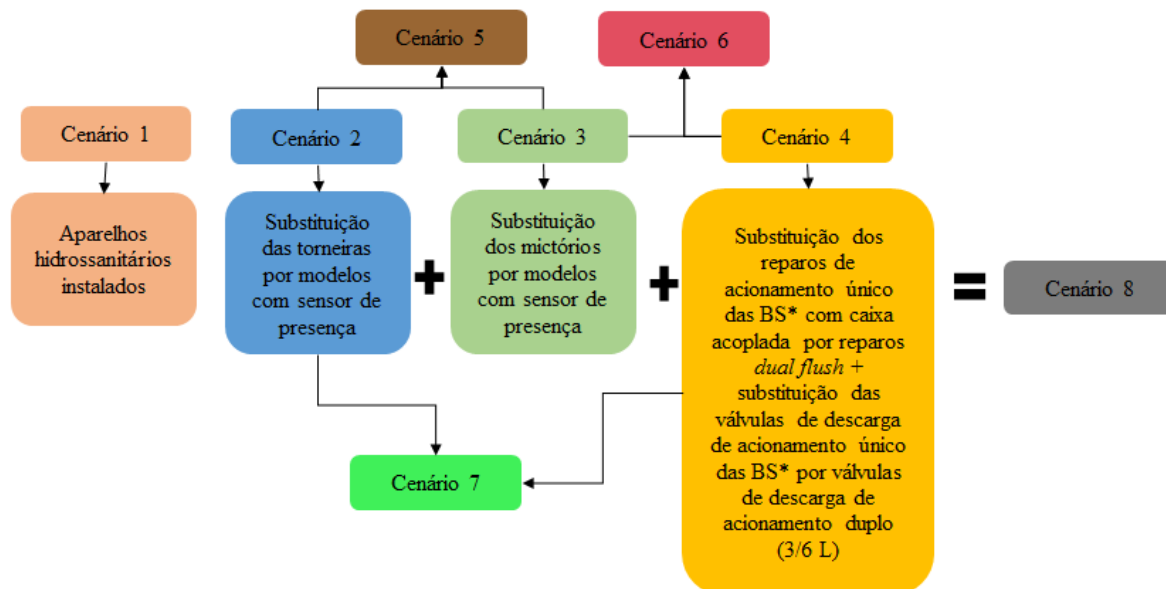
n_t → número total de alunos;

C_{ts} → consumo das torneiras com sensores.

3.5 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

Para a realização do estudo, foram elaborados cenários de gestão da demanda de água a partir da substituição parcial ou total dos aparelhos hidrossanitários existentes por modelos poupadores, mais eficientes. Diferentes arranjos foram criados, visando obter estimativas de economia de água para diferentes combinações e, a partir disso, ter um panorama do impacto dessas mudanças, isto é, os ganhos ambientais gerados.

Foram simulados 8 cenários, ilustrados na Figura 4. O cenário 1 é composto pelos aparelhos hidrossanitários já existentes e servirá como base de comparação para os demais. Os cenários 2 e 3 são, respectivamente, resultado da substituição das torneiras e dos mictórios instalados por modelos com sensores. No cenário 4 é proposta a substituição dos reparos de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada por reparos *dual flush* e substituição das válvulas de descarga com acionamento único das bacias sanitárias por válvulas de descarga de acionamento duplo e modernas (3/6 L). No cenário 5 é prevista a mudança conjunta de torneiras e mictórios, no cenário 6 a substituição de mictórios e bacias sanitárias, e no cenário 7, a troca de torneiras e bacias sanitárias. Por fim, o cenário 8 contará com a substituição de todos os equipamentos.



*BS: bacias sanitárias.

Figura 4: Cenários de gestão da demanda de água simulados.

Tendo sido realizadas todas as estimativas de consumo, levando em consideração os cenários expostos na Figura 4, foram realizadas estimativas de economia de água e levantamento dos custos para implantá-los.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS APARELHOS HIDROSSANITÁRIOS

Os quantitativos dos modelos de aparelhos hidrossanitários existentes nas centrais de aulas podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Quantitativo dos aparelhos hidrossanitários por central de aulas.

| Aparelhos hidrossanitários | C.A1 | C.A2 | C.A3 | C.A4 | C.A5 | C.A6 | C.A7 | Total |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada | 8 | 6 | 21 | 6 | - | 20 | 24 | 85 |
| Bacia sanitária com válvula de descarga | - | - | - | - | 21 | 4 | - | 25 |
| Mictórios | - | - | 8 | - | 8 | 10 | 10 | 36 |
| Torneiras convencionais | 3 | 4 | 4 | 3 | - | - | 3 | 17 |
| Torneiras hidromecânicas | 3 | - | 12 | 01 | 16 | 16 | 16 | 64 |

*C.A1 – Central de Aulas 1, C.A2 – Central de Aulas 2, C.A3 – Central de Aulas 3, C.A4 – Central de Aulas 4, C.A5 – Central de Aulas 5, C.A6 – Central de Aulas 6, C.A7 – Central de Aulas 7.

Por meio da análise dos dados dispostos na Tabela 2, nas centrais de aulas há um total de 110 bacias sanitárias, sendo 25 dessas modelos não econômicos, com válvula de descarga (33%). Ressalta-se que, apesar das 85 restantes serem modelos de bacias de caixa acoplada (consumo de 6 L de água por acionamento) (77%), o que confere uma economia significativa em relação ao modelo de válvula de descarga (consumo de aproximadamente 10,41 L), o consumo de água nesses aparelhos pode ser reduzido ainda mais, com a instalação de dispositivos *dual flush* (consumo de 3 L de água para arraste de dejetos líquidos e de 6 L para dejetos sólidos).

É válido destacar que as bacias sanitárias com caixa acoplada, mesmo consumindo 4,3 L de água a menos que os modelos com válvula de descarga (41%), ainda são grandes fontes de desperdício, quando levado em consideração que a maior parte dos acionamentos são destinados a remoção de dejetos líquidos, onde são necessários apenas 3 L para o correto funcionamento.

Nas torneiras pode-se observar o maior esforço na adoção de dispositivos poupadores, com a presença de arejadores e com 83% dos modelos tendo acionamento hidromecânico. Mesmo assim, ainda é possível perceber a existência de modelos convencionais em todas as centrais de aulas do lado oeste – Centrais de Aulas 1 e 2. No lado leste, torneiras desse modelo podem ser identificadas em conjunto com o modelo hidromecânico.

Os mictórios com válvula hidromecânica também apresentam um bom desempenho no que se refere a economia de água, mas não são a solução mais moderna disponível no mercado, existindo modelos com sensores de presença e ainda modelos a vácuo que não utilizam água. Além disso, a ausência de mictórios nas Centrais de Aulas 1, 2 e 4 acarretam numa maior utilização das bacias sanitárias, induzindo a um maior consumo de água.

No que diz respeito ao estado de conservação dos aparelhos hidrossanitários, a grande maioria apresenta um funcionamento satisfatório (com base em uma análise visual). Dentre as bacias sanitárias, apenas 1 aparelho apresentou vazamento e 3 estavam quebradas, totalizando 3,6% de bacias em condição não satisfatória. Em relação às torneiras, 6 aparelhos apresentavam vazamentos (7,41%) e, entre os mictórios, 2 aparelhos estavam quebrados (5,6%).

Comparativamente, em estudo realizado na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), para o campus I, constatou-se que 14% das bacias sanitárias funcionavam em condição insatisfatórias, 4% das torneiras apresentavam algum defeito relacionado a vazamento ou estavam quebradas, e todas as descargas dos mictórios apresentavam funcionamento satisfatório (ARAÚJO, 2018). Ressalta-se que no estudo realizado na

UEPB, foram consideradas todas as edificações. Já neste estudo, esta avaliação se deteve aos banheiros das centrais de aulas da UFERSA.

4.2 LEVANTAMENTO DOS USUÁRIOS DAS EDIFICAÇÕES AVALIADAS

Na Figura 5 pode-se observar o número total de alunos que frequentam cada uma das centrais de aulas, bem como esse número dividido por gênero. Em média 4.831 alunos frequentam diariamente as centrais de aulas. Este valor representa cerca de 65% dos 7.400 alunos que frequentam a universidade (PLS, 2013).

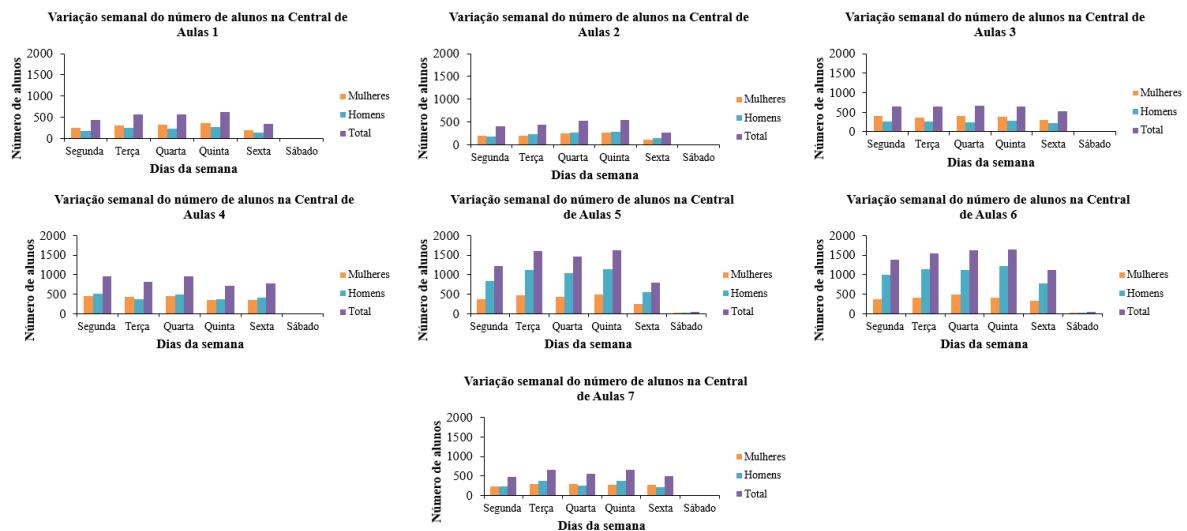


Figura 5: Quantitativos de alunos nas centrais de aulas da UFERSA.

Por meio da Figura 5, ainda pode-se observar que as Centrais de Aulas 5 e 6 são as que concentram a maior parte dos alunos, 23 e 25%, respectivamente. Esse dado é importante porque são nessas centrais de aulas que provavelmente os aparelhos hidrossanitários serão mais utilizados e, conseqüentemente, haverá o maior consumo de água. Em contrapartida, a implantação de dispositivos poupadores nessas centrais pode resultar em uma maior economia de água. Sendo assim, essas centrais de aulas podem ser prioritárias para se iniciar a implantação de aparelhos poupadores de água.

4.3 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA

Para a realização das simulações, foram criados diversos cenários a partir da substituição parcial ou total dos aparelhos hidrossanitários existentes por modelos poupadores, mais eficientes. Diferentes arranjos foram criados, visando obter estimativas de economia de água para diferentes combinações e, a partir disso, ter um panorama do impacto dessas mudanças, isto é, os ganhos ambientais gerados.

4.3.1 CENÁRIO 1

A análise do cenário 1, que contempla os aparelhos hidrossanitários existentes, foi realizada com base nos valores de consumos obtidos para a situação simulada de máxima utilização dos equipamentos, isto é, situação na qual 100% da população faria uso desses aparelhos (Figura 6). É importante salientar que embora os volumes de água consumidos para cada central de aulas variem em função dessas situações simuladas, a proporção se mantém a mesma.

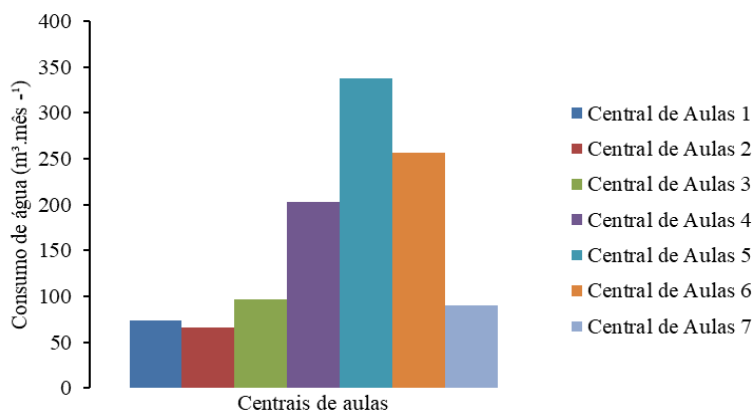


Figura 6: Estimativas de consumo de água nas Centrais de Aulas 1 a 7 para o cenário 1, considerando uma máxima utilização desses aparelhos (cada usuário do sistema utilizando os equipamentos uma vez ao dia).

Sendo assim, analisando os dados presentes na Figura 6, é possível observar que as Centrais de Aulas 5 e 6 são as responsáveis pelo maior consumo de água, correspondendo a aproximadamente 338 e 257 m³.mês⁻¹, o que perfaz um percentual de 30 e 23%, respectivamente, isto é, mais de 50% do consumo de água das centrais de aulas, independente da situação simulada (baixa, média ou máxima utilização dos aparelhos hidrossanitários).

O elevado consumo de água nessas centrais de aulas está diretamente relacionado ao maior número de alunos que frequentam diariamente esses prédios, bem como das características dos aparelhos hidrossanitários presentes. Na Central de Aulas 5, que apresenta o segundo maior fluxo de alunos, todas as bacias sanitárias apresentam válvula de descarga que consomem, como mencionado, cerca de 41% a mais de água quando comparado com o modelo convencional de caixa acoplada, fazendo com o que o consumo de água nessa central seja maior que da Central de Aulas 6, com maior fluxo de alunos.

Para esta situação de máxima utilização dos aparelhos hidrossanitários (100%), estima-se que o consumo de água total para o cenário 1 (Figura 6), englobando todas as centrais de aulas, é de aproximadamente 1.123 m³.mês⁻¹, perfazendo aproximadamente 6,5% de todo o volume consumido mensalmente pela universidade (17.306 m³.mês⁻¹) para atividades como: irrigação, consumo animal, laboratórios de ensino e pesquisa e consumo humano (PLS, 2013). Desse volume total consumido pelas centrais de aulas (cenário 1), cerca de 87,2% é decorrente da utilização das bacias sanitárias (979 m³.mês⁻¹), 5,1% dos mictórios (57 m³.mês⁻¹) e 7,7% das torneiras (87 m³.mês⁻¹).

4.3.2 CENÁRIO 2

Por meio da Figura 7 é possível observar o volume estimado de água consumida para as torneiras existentes e para o modelo com sensores de presença, que é de 87 e 70 m³.mês⁻¹, respectivamente. A partir dessas informações é possível perceber que as torneiras com sensores de presença proporcionam uma economia de água de aproximadamente 20% quando comparadas às hidromecânicas. Essa porcentagem de redução de consumo de água está bem próxima da identificada em estudo realizado na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, que resultou em uma economia de 25% com a mudança das torneiras hidromecânicas por modelos com sensores (SOARES, 2012). A comparação é válida uma vez que, nas centrais de aulas da UFERSA, o número de torneiras hidromecânicas representa um valor significativo do total, além de estarem instaladas nas centrais com maior fluxo de alunos, ocasionando maior impacto no consumo de água.

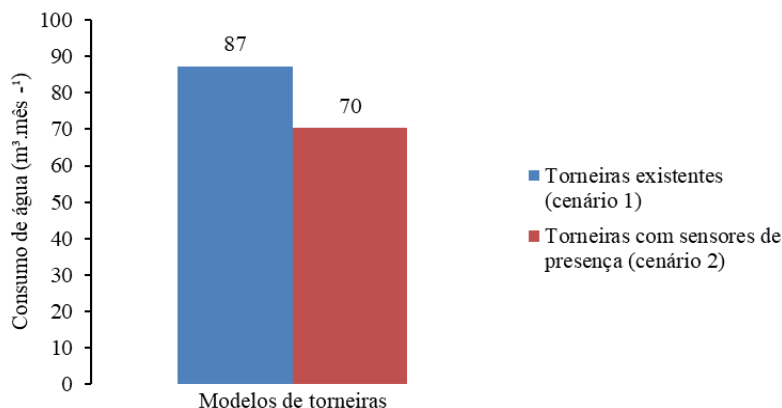


Figura 7: Comparativo do consumo de água das torneiras convencionais com as torneiras com sensores nas centrais de aulas da UFERSA (situação de máxima utilização dos aparelhos).

Na Figura 8 pode-se observar uma comparação entre os consumos de água total no cenário 1 e 2, que consiste na substituição das torneiras existentes por modelos com sensores de presença, para as diferentes situações simuladas: i) baixa (10%); ii) média (50%); e iii) máxima utilização dos equipamentos hidrossanitários (100%).

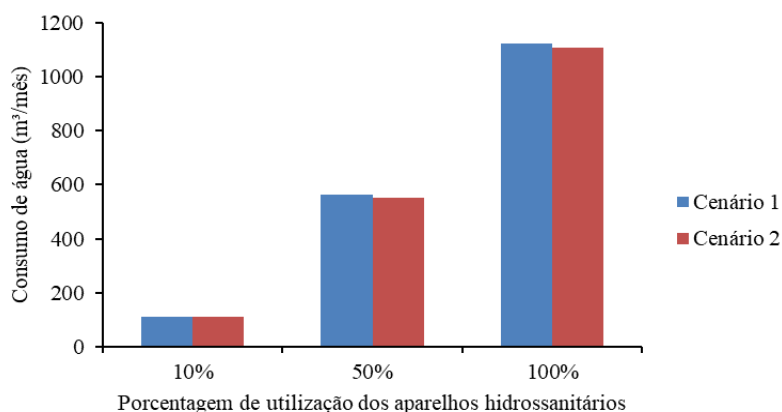


Figura 8: Consumo total de água nas centrais de aulas da UFERSA para os cenários 1 e 2.

A partir dos dados apresentados na Figura 8, pode-se constatar que a mudança das torneiras existentes por modelos mais modernos, dotados de sensores, não se constituiu em uma redução significativa nos consumos totais de água nas centrais de aulas. Essa baixa redução pode ser justificada, pois embora haja uma redução significativa de água, em torno de 20% (Figura 8), gerada pela substituição das torneiras presentes por modelos com sensores, ao considerar o consumo total das centrais de aulas – consumo gerado pelos mictórios, bacias sanitárias e torneiras – esse valor torna-se reduzido.

As torneiras com acionamento hidromecânico já são uma boa alternativa de aparelhos poupadores. Sendo assim, a substituição dos modelos convencionais existentes por modelos hidromecânicos pode ser uma alternativa mais interessante quando levado em conta o custo benefício.

4.3.3 CENÁRIO 3

Os resultados das estimativas de consumo para o cenário 3, no qual é simulado o consumo de água das centrais de aulas com a substituição dos mictórios, podem ser observados na Figura 9. Nesse caso, foi possível observar uma redução de apenas 2% no consumo de água quando comparado ao cenário 1, mesmo com os mictórios dotados de sensores, economizando cerca de 40% de água por acionamento quando comparado ao modelo existente.

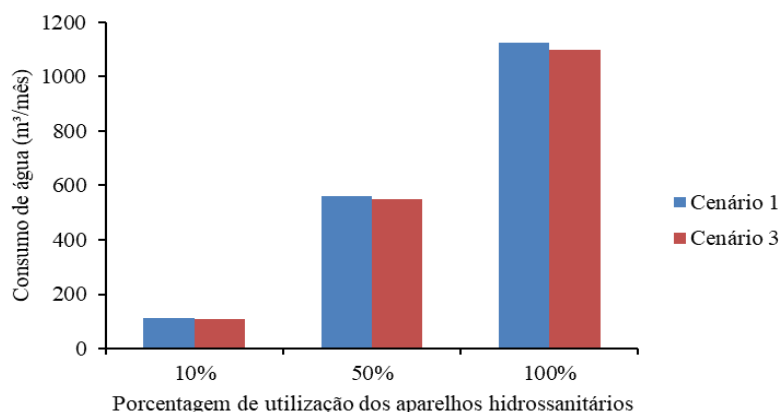


Figura 9: Estimativa de consumo de água total nas Centrais de Aulas 1 a 7, para o cenário 3, considerando uma baixa (10%), média (50%) e máxima (100%) utilização dos aparelhos hidrossanitários pelos usuários.

Esse resultado é consequência da inexistência de mictórios nas Centrais de Aulas 1, 2 e 4, o que implica diretamente nos dados de consumo, uma vez que não há qualquer tipo de economia de água nessas centrais. A instalação de mictórios nessas centrais de aulas já poderia causar uma redução no consumo de água, podendo ser uma medida a curto prazo.

4.3.4 CENÁRIO 4

O cenário 4 contempla a substituição das válvulas de descarga de acionamento único das bacias sanitárias por válvula de descarga de acionamento duplo, ou a mudança do dispositivo de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada por um dispositivo de acionamento duplo (*dual flush*), conhecido como reparo.

As bacias sanitárias são os aparelhos hidrossanitários que mais consomem água, e quando considerado que a maior parte dos seus acionamentos são destinados a remoção de dejetos líquidos – no qual 3 L de água é suficiente para o correto funcionamento – esses dispositivos se tornam uma grande fonte de desperdício de água. Logo é esperado que a substituição resulte em grandes reduções no consumo e no desperdício de água. Na Figura 10 estão dispostos os dados das estimativas de consumo de água para este cenário.

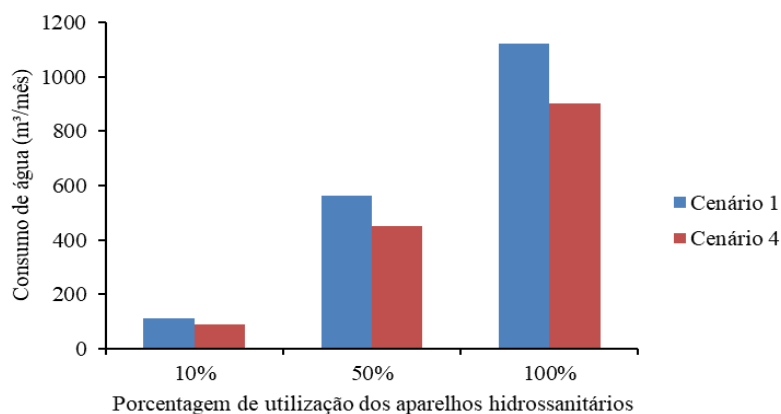


Figura 10: Estimativa de consumo de água nas Centrais de Aulas 1 a 7, para o cenário 4 considerando uma baixa utilização (10%), média (50%) e máxima (100%) utilização dos aparelhos hidrossanitários.

Com a simulação do cenário 4, houve uma redução do consumo de água de 112 para 90 $\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$, para uma situação de baixa utilização dos equipamentos (10%); de 562 para 451 $\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$, para uma média utilização (50%); e 1.123 para 903 $\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$, para uma máxima utilização dos aparelhos hidrossanitários (100%). Nesse cenário, com a substituição das bacias sanitárias existentes pelo modelo com acionamento duplo, houve uma

redução de cerca de 20% do consumo, valor bastante aproximado do obtido em estudo similar, realizado na UFCG. No estudo em questão, com a substituição dos aparelhos existentes por modelos com acionamento duplo, foi obtida uma economia de 23,19% (SOARES, 2012).

Outro estudo realizado na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), no Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), foi obtida uma economia de 30,99% no consumo de água. Para o estudo foram substituídas 16 válvulas de descarga por modelos economizadores (válvula de descarga de acionamento duplo, de 3 e 6 L, sendo o consumo monitorado diariamente com auxílio de hidrômetros (ALEXANDRE; KALBUSH; HENNING, 2017).

4.3.5 CENÁRIOS 5, 6 E 7

Nos cenários 5, 6 e 7 são realizadas combinações entre os cenários 2, 3 e 4, de forma a diversificar as possibilidades e, conseqüentemente, abranger mais resultados, mostrando um maior número de alternativas e seus impactos para redução no consumo de água nas centrais de aulas. Por meio desse processo é possível observar as melhores combinações, caso seja planejada a substituição de mais de um tipo de aparelho hidrossanitário.

Na Figura 11 pode-se observar os consumos totais de água para os cenários 5, 6 e 7 comparativamente ao cenário 1, englobando todas as centrais de aulas. É possível perceber que os cenários 6 e 7, caracterizados respectivamente pela substituição dos mictórios e bacias sanitárias e torneiras e bacias sanitárias, são os que apresentam os melhores resultados de economias de água. No entanto, como pode ser observado na Figura 12, a redução no consumo de água nos cenários 6 e 7 quando comprado ao cenário 4 são de apenas 3 e 2%, respectivamente.

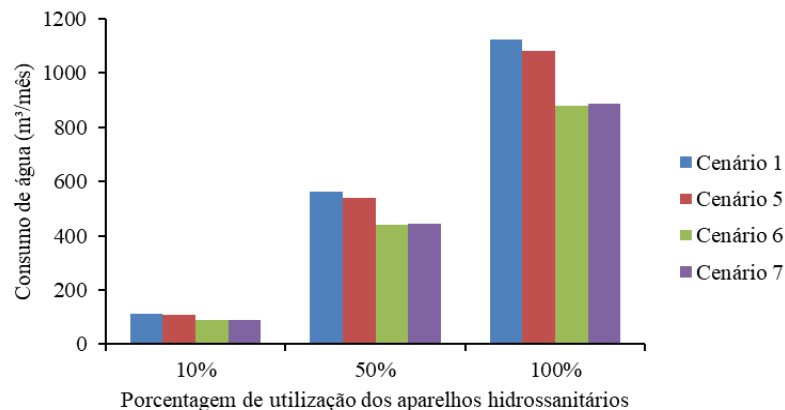


Figura 11: Consumo total de água nas centrais de aulas da UFERSA para os cenários 1, 5, 6 e 7.

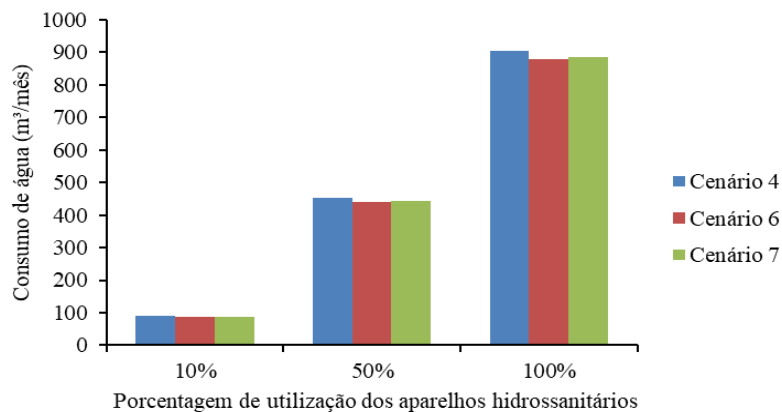


Figura 12: Consumo total de água nas centrais de aulas da UFERSA para os cenários 4, 6 e 7.

4.3.6 CENÁRIO 8

O último cenário simulado representa a situação ideal, no qual todos os aparelhos hidrossanitários existentes seriam substituídos por modelos mais modernos (Figura 13), sendo apresentado também um comparativo com o cenário 1 (situação atual) e o 4 (substituição das bacias sanitárias).

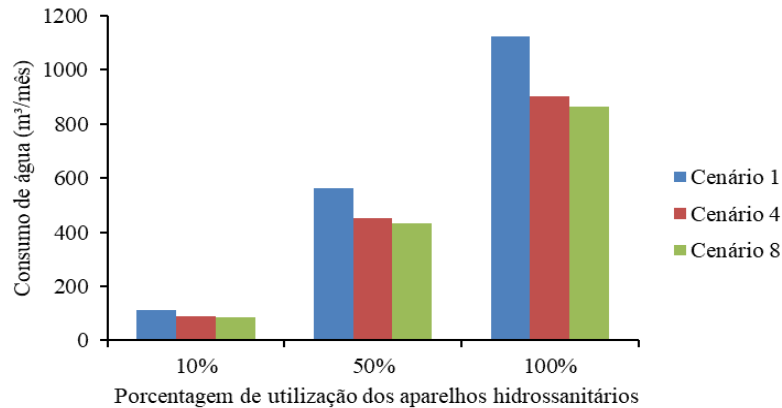


Figura 13: Consumo total de água nas centrais de aulas da UFERSA para os cenários 1, 4 e 8.

Conforme observado na Figura 13, o cenário 8 apresenta os melhores resultados de economia de água, cerca de 23%, quando comparado a situação atual (cenário 1). Vale destacar que esse é um valor bastante aproximado dos 20% atingidos com a execução do programa Pró-Água da UNICAMP, no qual foi realizado um levantamento cadastral, detecção e conserto de vazamentos, implantação de telemedição, instalação de componentes economizadores, além da implantação de sistema de gestão dos sistemas prediais no campus (GONÇALVES, 2006).

Quando comparado ao cenário 1, a redução no consumo de água obtidos no cenário 8 é bastante significativa. Nesse cenário seriam necessários apenas 4 meses para se economizar o equivalente ao consumido em um mês do cenário 1. Entretanto, quando comparado ao cenário 4, o ganho é de apenas 4%, isto é, seriam necessários aproximadamente 15 meses para se equivaler ao consumido no cenário 4.

Por fim, na Tabela 3 é apresentado um resumo dos valores de consumo de água, em $m^3.mês^{-1}$, para cada um dos cenários simulados, englobando todas as centrais de aulas, nas diferentes situações simuladas: i) baixa (10%); ii) média (50%); e iii) máxima (100%) utilização dos equipamentos hidrossanitários.

Tabela 3: Volume de água consumido, em $m^3.mês^{-1}$, para todos os cenários e situações simuladas: baixa (10%), média (50%) e máxima (100%) utilização dos aparelhos hidrossanitários

| Percentual de utilização dos aparelhos | Consumo total de água nas centrais de aulas [$m^3.mês^{-1}$] | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| | C.1 | C.2 | C.3 | C.4 | C.5 | C.6 | C.7 | C.8 |
| 10% | 112 | 111 | 110 | 90 | 108 | 88 | 89 | 86 |
| 50% | 562 | 553 | 550 | 451 | 541 | 440 | 443 | 431 |
| 100% | 1.123 | 1.106 | 1.100 | 903 | 1.083 | 880 | 886 | 863 |

*C.1 – Cenário 1, C.2 – Cenário 2, C.3 – Cenário 3, C.4 – Cenário 4, C.5 – Cenário 5, C.6 – Cenário 6, C.7 – Cenário 7.

A partir dos dados da Tabela 3, foi elaborada a Figura 14, mostrando as porcentagens referentes à economia de água dos cenários 2 a 7 quando comparados com ao cenário 1 (no qual é simulado o consumo dos aparelhos existentes, e por isso tomado como referência de comparação). Por meio da Figura 14 pode-se observar que os cenários que em sua simulação supõe a substituição dos reparos e válvulas das bacias sanitárias por modelos *dual flush* são os que proporcionam uma maior economia de água, como é o caso dos cenários 4, 6, 7 e 8.

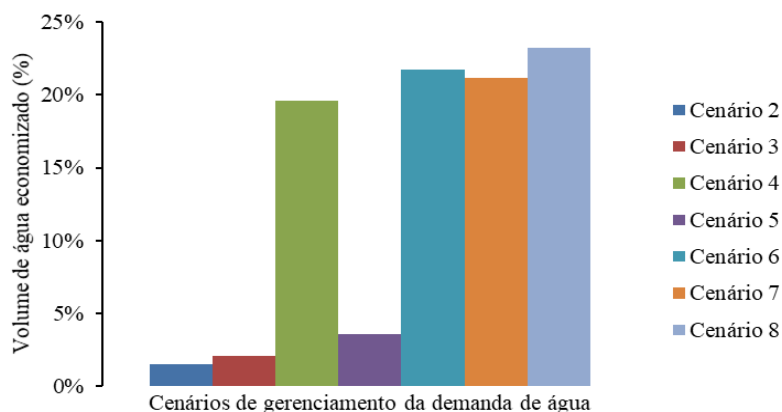


Figura 14: Economia de água para os diferentes cenários de gerenciamento da demanda de água quando comparados ao cenário 1 (situação atual).

O cenário 8 apresenta os melhores resultados, com aproximadamente 23% de economia de água (Figura 14), uma vez que esse é o cenário mais otimista, contemplando a substituição de bacias sanitárias, mictórios e torneiras por modelos mais eficientes. Entre os cenários que contam com a mudança de um único aparelho hidrossanitário, o cenário 4, com a simulação da mudança das bacias sanitárias, apresenta o melhor resultado, com cerca de 20% de economia. Caso seja desejada a mudança de dois aparelhos de uma única vez, o cenário 7 traz as maiores economias, entorno de 21% obtidos com a substituição das bacias sanitárias e das torneiras.

4.4 CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DAS AÇÕES TECNOLÓGICAS

Todas as ações tecnológicas de gerenciamento da demanda de água propostas nesta pesquisa foram orçadas, conforme a planilha orçamentária apresentada na Tabela 4. A planilha orçamentária foi baseada em composições de custos unitários, englobando os custos dos aparelhos hidrossanitários, mão de obra com encargos sociais e BDI de 12,70%, o mesmo valor considerado pela empresa contratada pela UFERSA para realização de serviços hidráulicos e elétricos.

Tabela 4: Custos para implantação das ações tecnológicas de gerenciamento da demanda de água nas centrais de aulas da UFERSA.

| Item | Descrição dos serviços | Unidade | Quantidade | Preço | |
|--------------------------|--|---------|------------|----------------|-------------------|
| | | | | Unitário (R\$) | Total (R\$) |
| 1.1 | Torneira embutida de parede com sensor, apropriada para ambientes públicos | und | 81,00 | 1.402,16 | 113.574,96 |
| 1.2 | Válvula para mictórios com acionamento por sensor | und | 36,00 | 1.480,79 | 53.308,44 |
| 1.3 | Reparo completo de acionamento duplo para caixa acoplada | und | 65,00 | 147,21 | 9.568,93 |
| 1.4 | Válvula de descarga com acionamento duplo | und | 16,00 | 285,86 | 4.573,74 |
| TOTAL GERAL (R\$) | | | | | 181.026,08 |

É válido frisar que a consideração da substituição dos reparos e válvulas de descarga das bacias sanitárias só se deu nos banheiros femininos, uma vez que a presença de mictórios nos banheiros masculinos torna desnecessária a realização dessa substituição nesses banheiros.

O investimento necessário para a adoção de todas as alternativas tecnológicas de uso racional da água propostas é de R\$ 181.026,08 (caso da adoção do cenário 8) e geraria uma economia de 23% no consumo de água. É válido destacar que o valor elevado do investimento se dá principalmente pela substituição das torneiras existentes por modelos com sensores de presença, se somarmos a esse maior custo a baixa redução no consumo de água proveniente dessa substituição, a utilização desse modelo de torneira torna-se uma solução



pouco atrativa. Todavia, a exclusiva adoção de reparos e válvulas de descarga de acionamento duplo para as bacias sanitárias (cenário 4) é a opção mais atrativa ambientalmente (economia de 20%) e financeiramente, com investimento necessário de R\$ 14.142,67 (soma dos itens 1.3 e 1.4, expostos na Tabela 4), concomitantemente.

A análise ambiental e financeira é importante, porque em qualquer que seja a forma de gestão a ser desenvolvida por instituições públicas ou privadas é imprescindível o estudo das diversas alternativas que resultarão em diferentes opções de investimento e impactos ambientais.

5 CONCLUSÃO

A estimativa de consumo de água para as centrais de aulas da UFERSA, bem como a simulação de cenários de gerenciamento da demanda de água, com a substituição parcial ou total dos aparelhos hidrossanitários existentes, possibilitou estimar os ganhos ambientais provenientes da substituição dos dispositivos existentes por modelos poupadores mais eficientes. A adoção dessas alternativas tecnológicas torna-se ainda mais interessante mediante o fato de que, independente da vontade do usuário, haverá uma redução no consumo de água.

Ressalta-se que as estimativas realizadas neste estudo foram embasadas nos ganhos ambientais e investimento financeiro necessário, permitindo, desta maneira, a criação de estratégias para a implantação de alternativas tecnológicas de gerenciamento da demanda de água na universidade, uma vez que foi possível identificar os locais onde a demanda de água é maior (Centrais de Aulas 5 e 6). Essa informação é importante, pois esses podem ser locais pioneiros quando da implantação dos aparelhos poupadores, uma vez que, possivelmente, trarão uma maior economia de água. Além disso, é possível determinar quais aparelhos devem ter prioridade na ocorrência de substituição. Nesse caso, um enfoque deve ser dado à substituição dos dispositivos de acionamento único das bacias sanitárias por aqueles de acionamento duplo, já que são os aparelhos que mais consomem água. A utilização de dispositivos poupadores resulta em um percentual de economia de água (20%) e requerem o menor investimento dentre os cenários simulados (R\$ 14.142, 67).

É válido salientar que independente da UFERSA ser isenta de cobrança da tarifa de água, a mesma não está isenta de sua responsabilidade ambiental. Outro ponto que merece atenção é a ausência de micromedição nos prédios da universidade, o que dificulta o controle do que está sendo consumido e, conseqüentemente, mascara as possíveis perdas e desperdícios de água sendo, portanto, de fundamental importância a sua instalação.

Campanhas de conscientização também podem ser planejadas para se obter um maior aproveitamento, uma vez que a máxima economia de água é conseguida quando as ações econômicas, tecnológicas e educacionais e regulatórias ou institucionais acontecem em conjunto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, T. M. A. Seleção multicriterial de alternativas para o gerenciamento da demanda de água na escala de bairro. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – UFCG. Campina Grande, 2004.
2. ALEXANDRE, A. C.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 5, p. 1005-1015, set/out 2017. 2017.
3. ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.
4. ARAÚJO, R. T. de. 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.
5. CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. Dados operacionais. Documento não publicado. 2018.



6. DOCOL. Torneira para Lavatório de Mesa Zenit - DocolTronic. Disponível em: <https://www.docol.com.br/uploads/product/df218f29c3afa2138a463bcfb97093680d1e60f.pdf>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019.
7. GONÇALVES, R. F. Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 2006.
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
9. IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Perfil do seu município. 2008. Disponível em: www.idema.rn.gov.br. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
10. LANNA, A. E. A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. *Estudos Avançados* 22 (63), p. 113-130. 2008.
11. PERSONA, G.; INAGAKI, G. Y. M. Consumo de água nas torneiras dos banheiros da FEEC. São Paulo: Unicamp, 2012.
12. PLS – Plano de Gestão de Logística Sustentável da UFERSA. Mossoró. 2013.
13. 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.
14. SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. *Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries*. *Water and Environmental Journal*, n. 23. p. 210-218. 2009.
15. SOARES, A. L. F. Gerenciamento da demanda de água em ambientes de uso público: o caso da Universidade Federal de Campina Grande. 2012. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – UFCG. Campina Grande, 2012.
16. UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Cursos de graduação. 2014. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosgraduacao/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
17. UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Gerenciamento de resíduos na UFERSA. 2017. Disponível em: <https://reitoria.ufersa.edu.br/comissoes/pls/gerenciamento-de-residuos-quimicos-laboratoriais/>. Acesso em: 17 de janeiro de 2019.
18. UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Cursos de pós-graduação. 2018. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosposgraduacao/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.