



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**LIVIA FERREIRA SANTANA**

**SOLUÇÕES VIÁVEIS PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM**  
**ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE**

**BRASÍLIA/DF**

**2022**

LIVIA FERREIRA SANTANA

**SOLUÇÕES VIÁVEIS PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM  
ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora.

Área de concentração: Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade

Linha de pesquisa: Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente Construído

Orientador: Prof. Dr. Daniel Sant'Ana

BRASÍLIA/DF  
2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a)

FS232s Santana, Livia  
Soluções viáveis para a conservação de água em  
estabelecimentos assistenciais de saúde / Livia Ferreira Santana;  
orientador Daniel Richard Sant'Ana. -- Brasília, 2022.  
196 p.

Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) --  
Universidade de Brasília, 2022.

1. Conservação de água. 2. Auditoria do consumo de água.  
3. Indicadores de Consumo. Usos finais de água. 4.  
Equipamentos economizadores. Aproveitamento de água de  
chuva. Reúso de águas cinzas . 5. Estabelecimentos assistenciais  
de saúde. I. Sant'Ana, Daniel , orient. II. Título.

LIVIA FERREIRA SANTANA

**SOLUÇÕES VIÁVEIS PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM  
ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

---

Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana (FAU/UnB)  
(Orientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Chenia Rocha Figueiredo (FAU/UnB)  
(Membro interno)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Helena de Oliveira (USP)  
(Membro externo)

---

Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (UFG)  
(Membro externo)

BRASÍLIA/DF  
2022

## AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que contribuíram para a minha trajetória.

Em especial, às minhas filhas, Cecília e Sofia, e ao meu esposo Leyser, por fazerem parte da minha vida. E aos meus pais, pelo apoio;

Ao meu orientador, professor Dr. Daniel Sant’Ana, pela oportunidade, confiança e contribuição acadêmica para meu crescimento profissional;

Aos professores Dra. Lúcia Helena de Oliveira (USP), Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (UFG) e Dra. Chenia Rocha Figueiredo (FAU/UnB), por terem aceitado gentilmente o convite para participação na banca da defesa da tese e contribuírem com seus conhecimentos e experiências;

Aos amigos e colegas de trabalho da área de estudo da matemática, pelo auxílio com seus conhecimentos específicos. Ao professor Me. Éder Brito (IFG), pelas orientações que tornaram possíveis a realização das análises estatísticas e ao Prof. Me. Cassiomar Rodrigues Lopes (IFG), pela disponibilidade e colaboração para o entendimento do cenário econômico;

À equipe técnica do Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, pelo suporte para instalação/desinstalação dos equipamentos de medição do consumo de água, em especial ao Esp. Igor Rafael Mendes Guimarães Alcântara. Agradeço também aos bolsistas de Iniciação Científica;

À Secretaria de Infraestrutura do Distrito Federal – SINFRA/DF, pela liberação do acesso aos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde do Distrito Federal e suporte para levantamento dos dados nas edificações;

À Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, pelo fornecimento dos dados de consumo de água;

À Universidade de Brasília, pelo financiamento proveniente da FUB/UnB/DPG para apoio à execução de projetos de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação;

Às minhas amigas, pelas palavras de incentivo e conforto, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

A conservação da água tem se tornado um componente essencial para a gestão dos recursos hídricos diante do atual cenário de incertezas quanto à disponibilidade de água. A compreensão detalhada dos usos finais de água em estabelecimentos assistenciais de saúde abre o caminho para uma maior precisão na avaliação de diferentes estratégias de conservação de água, dimensionamento de sistemas prediais, previsão da demanda urbana e, conseqüentemente, na criação de políticas públicas voltadas à conservação de água. Entretanto, é essencial conhecer os custos de implantação, benefícios ambientais e financeiros de cada estratégia para implementar programas de conservação de água. A Secretaria de Saúde tem como responsabilidade apoiar técnica e financeiramente os municípios, elaborar ações e implementar políticas públicas de gestão que podem favorecer a redução da exploração dos recursos hídricos. A partir de tais premissas, o objetivo da pesquisa foi identificar soluções viáveis em termos dos custos e dos benefícios ambientais e financeiros promovidos pela implementação de estratégias voltadas à conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde. O método delineado fez uso de diferentes técnicas de auditoria do consumo de água para gerar indicadores de consumo predial, de consumo setorizado, de usos finais de água, indicadores financeiros e um modelo de previsão de demanda urbana de água por tipo de estabelecimento de saúde. Os dados analisados estatisticamente foram essenciais para a composição de modelos representativos e para a identificação dos benefícios ambientais e financeiros, na escala da edificação e escala urbana, com o emprego de equipamentos economizadores, sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de águas cinzas. As soluções viáveis foram avaliadas por tipo de estabelecimento e determinadas diretrizes para um planejamento estratégico. Foram obtidos indicadores de consumo predial de água para unidade básica de saúde, UBS (31,74 l/p/d e 3,80 l/m<sup>2</sup>/d), unidade de pronto atendimento, UPA (33,63 l/p/d, 6,70 l/m<sup>2</sup>/d e 411,56 l/leito/d) e hospitais (79,56 l/p/d; 9,40 l/m<sup>2</sup>/d e 671,51 l/leito/d). As bacias sanitárias apresentaram os maiores consumos por uso final, resultando nos indicadores para UBS (15,9 l/p/d), UPA (14 l/p/d) e hospital (12,4 l/p/d). Resultados identificaram que o emprego de equipamentos economizadores em unidades básicas de saúde e em unidades de pronto atendimento, e sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospitais apresentaram-se como soluções viáveis para a conservação de água potável e redução da exploração dos recursos hídricos. O potencial de redução do consumo de água pode chegar a 51% nas UBS, 22% nas UPA e 24% nos hospitais. A economia de água na escala do edifício pode chegar a 281 m<sup>3</sup>/ano (UBS), 588 m<sup>3</sup>/ano (UPA) e 9.899 m<sup>3</sup>/ano (hospital). Na

escala urbana, 65.475 m<sup>3</sup>/ano, 5.480 m<sup>3</sup>/ano e 267.712 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente. A economia financeira obtida na escala do edifício pode alcançar R\$ 1.773 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) (UBS), R\$ 3.681 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) (UPA) e R\$ 62.828 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) (hospital). Na escala urbana, R\$ 413.623 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), R\$ 34.353 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) e 1.699.178 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), respectivamente. As ações para promover a conservação de água nos estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal poderão gerar benefícios ambientais de 338.667 m<sup>3</sup>/ano e benefícios financeiros no valor de R\$ 2.147.153 (R\$/ano). Com isso, as diretrizes propostas para implementação das estratégias viáveis podem ser utilizadas pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal tendo em vista o desenvolvimento sustentável e preservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Conservação de água. Auditoria do consumo de água. Indicadores de consumo. Usos finais de água. Equipamentos economizadores. Aproveitamento de água de chuva. Reúso de águas cinzas. Estabelecimentos assistenciais de saúde.

## ABSTRACT

Water conservation has become an essential component of water resource management in the current uncertain water availability scenario. A detailed understanding of water end-uses in health care facilities paves the way for greater accuracy in evaluating different water conservation strategies, sizing building systems, forecasting urban demand and, consequently, in creating public policies aimed at water conservation. However, it is essential to know the implementation costs, environmental and financial benefits of each strategy in order to implement water conservation programs. It is the responsibility of the Secretary of Health to technically and financially support the municipalities, elaborate actions, and implement public management policies that can favor the reduction of the exploitation of water resources. Based on these premises, the objective of this research was to identify feasible solutions in terms of costs and environmental and financial benefits promoted by the implementation of water conservation strategies in healthcare facilities. The method outlined made use of different water consumption auditing techniques to generate indicators of building consumption, sectoral consumption, water end-uses, financial indicators, and a forecast model of urban water demand by type of healthcare facility. The statistically analyzed data were essential for the composition of representative models and identification of environmental and financial benefits, at the building and urban scale, with the use of water-saving equipment, rainwater harvesting systems and greywater reuse systems. The feasible solutions were evaluated by type of establishment and guidelines for strategic planning were determined. We obtained indicators of building water consumption for basic health units, UBS (31.74 l/p/d and 3.80 l/m<sup>2</sup>/d), emergency care units, UPA (33.63 l/p/d, 6.70 l/m<sup>2</sup>/d and 411.56 l/bed/d) and hospitals (79.56 l/p/d; 9.40 l/m<sup>2</sup>/d and 671.51 l/bed/d). The toilet bowls presented the highest consumption by end use, resulting in indicators for UBS (15.9 l/p/d), UPA (14 l/p/d) and hospital (12.4 l/p/d). Results identified that the use of water-saving equipment in basic health units, emergency care units, and rainwater harvesting systems for hospitals presented themselves as viable solutions for the conservation of drinking water and reduction of the exploitation of water resources. The potential for water consumption reduction can reach 51% in UBS, 22% in UPA and 24% in hospitals. Water savings at the building scale can reach 281 m<sup>3</sup>/year (UBS), 588 m<sup>3</sup>/year (UPA) and 9,899 m<sup>3</sup>/year (hospital). At the urban scale, 65,475 m<sup>3</sup>/year, 5,480 m<sup>3</sup>/year, and 267,712 m<sup>3</sup>/year, respectively. The financial savings obtained at the building scale can reach R\$ 1,773 (R\$/m<sup>3</sup>/year) (UBS), R\$ 3,681 (R\$/m<sup>3</sup>/year) (UPA) and R\$ 62,828 (R\$/m<sup>3</sup>/year) (hospital). On the urban scale, R\$ 413,623 (R\$/m<sup>3</sup>/year), R\$ 34,353 (R\$/m<sup>3</sup>/year) and 1,699,178 (R\$/m<sup>3</sup>/year),



respectively. Actions to promote water conservation in health care facilities in the Federal District will generate environmental benefits of 338,667 m<sup>3</sup>/year and financial benefits of R\$ 2,147,153 (R\$/year). Thus, the guidelines proposed for the implementation of viable strategies can be used by the Federal District's Health Secretariat with a view to sustainable development and preservation of water resources.

**Keywords:** Water conservation. Water consumption audit. Consumption indicators. Water end uses. Saving equipment. Rainwater use. Greywater reuse. Health care facilities.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Técnicas de auditoria utilizadas pelos estudos analisados .....	30
Figura 2 – Fluxograma dos sistemas prediais de água não potável.....	52
Figura 3 – Sistema de aproveitamento de água de chuva integrado à edificação .....	54
Figura 4 – Sistema de reúso de águas cinzas integrado à edificação .....	55
Figura 5 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	67
Figura 6 – Regiões administrativas selecionadas .....	70
Figura 7 – Medidor de vazamento de água Deca .....	72
Figura 8 – Equipamento de medição composto por medidor de fluxo (a) e módulo data logger (b) .....	73
Figura 9 – Medidores de fluxo instalados em torneiras, chuveiros, mictórios e filtros de água, conectados a módulos data logger .....	74
Figura 10 – Instalação de mini contador (a) junto à válvula de descarga (b).....	75
Figura 11 – Instalação de hidrômetro na tubulação que distribui água para a lavanderia.....	76
Figura 12 – Precipitação acumulada DF.....	86
Figura 13 – Histórico INCC 2000 – 2021 .....	91
Figura 14 – Histórico SELIC 2000 – 2021 .....	92
Figura 15 – Histórico TLP 2018 – 2021.....	92
Figura 16 – Planta de setorização da UBS .....	96
Figura 17 – População diária: UBS .....	96
Figura 18 – Evolução do consumo de água dos anos de 2015 e 2016 (m <sup>3</sup> /mês): UBS.....	97
Figura 19 – Consumo mensal médio: UBS .....	97
Figura 20 – Consumo diário médio: UBS .....	97
Figura 21 – Consumo setorizado: UBS .....	99
Figura 22 – Usos finais de água: UBS.....	99
Figura 23 – Planta de setorização da UPA .....	99
Figura 24 – População diária: UPA.....	100
Figura 25 – Evolução do consumo de água dos anos de 2015 e 2016 (m <sup>3</sup> /mês): UPA.....	100
Figura 26 – Consumo mensal médio: UPA .....	100
Figura 27 – Consumo diário médio: UPA .....	100
Figura 28 – Consumo setorizado: UPA .....	102
Figura 29 – Usos finais de água: UPA .....	102
Figura 30 – Planta de setorização do HAB .....	103

Figura 31 – População diária: HAB .....	103
Figura 32 – Evolução do consumo de água dos anos de 2013 a 2018 (m <sup>3</sup> /mês): HAB .....	104
Figura 33 – Consumo mensal médio: HAB .....	104
Figura 34 – Consumo diário médio: HAB .....	104
Figura 35 – Consumo setorizado: HAB .....	106
Figura 36 – Usos finais de água: HAB .....	106
Figura 37 – Área construída (m <sup>2</sup> ): UBS (a), UPA (b) e Hospital (c).....	107
Figura 38 – População: UBS (a), UPA (b) e Hospital (c) .....	108
Figura 39 – Leitos: UPA (a) e Hospital (b) .....	108
Figura 40 – Produção ambulatorial: UBS (a), UPA (b) e Hospital (c).....	109
Figura 41 – Consumo predial médio de água (m <sup>3</sup> /mês) .....	109
Figura 42 – Indicador de consumo per capita (l/p/d): UBS (a), UPA (b) e Hospital (c).....	110
Figura 43 – Indicador de consumo por leito (l/leito/d): UPA (a) e Hospital (b).....	110
Figura 44 – Indicador de consumo por área (l/m <sup>2</sup> /d): UBS (a), UPA (b) e Hospital (c) .....	111
Figura 45 – Consumo diário de água da UBS (l/d) .....	113
Figura 46 – Consumo diário de água da UPA (l/d) .....	113
Figura 47 – Consumo diário de água do hospital (l/d) .....	113
Figura 48 – Economia de água potável com o emprego de equipamentos economizadores: UBS (a), UPA (b), hospital (c) e equipamentos agrupados por tipologia (d) .....	119
Figura 49 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando equipamentos economizadores de água em UPA (a), UBS (b) e hospital (c).....	120
Figura 50 – Economia anual de água por volume de cisterna – UBS: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b) .....	122
Figura 51 – Economia anual de água por volume de cisterna – UPA: descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo) (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b) .....	122
Figura 52 – Economia anual de água por volume de cisterna – Hospital: lavagem de pisos (a), descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo) (b), máquina de lavar roupas (c) e lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas (d) .....	122
Figura 53 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas AAC em UBS: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b) .....	124
Figura 54 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas AAC em UPA: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b) .....	125

Figura 55 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas AAC em hospital: lavagem de pisos (a), descarga sanitária (b), máquina de lavar roupas (c) e lavagem de pisos & máquina de lavar roupas (d).....	125
Figura 56 – Economia de água potável pelo reúso de águas cinzas para UBS, UPA e hospital .....	126
Figura 57 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistema RAC em UBS (a), UPA (b) e Hospitais (c).....	127
Figura 58 – Custo-benefício com o emprego de equipamentos economizadores de água: UBS (a), UPA (b), hospital (c) e equipamentos agrupados (d).....	129
Figura 59 – Custo-benefício com uso de sistemas de AAC para UBS: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b) .....	131
Figura 60 – Custo-benefício com uso de sistemas de AAC para UPA: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b) .....	132
Figura 61 – Custo-benefício com uso de sistemas de AAC para hospitais: lavagem de pisos (a), descarga sanitária (b), máquina de lavar roupas (c) e lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas (d) .....	133
Figura 62 – Custo-benefício com uso de sistemas RAC para: UBS (a), UPA (b) e hospital (c) .....	135
Figura 63 – Custo incremental médio <i>versus</i> taxa de juros: UBS (a), UPA (b) e hospital (c) .....	139
Figura 64 – Potencial de redução da demanda m <sup>3</sup> /ano (a), economia de água potável m <sup>3</sup> /ano (b), custo incremental médio R\$/m <sup>3</sup> /ano (c) e benefícios financeiros R\$/ano (d): UBS .....	140
Figura 65 – Potencial de redução da demanda m <sup>3</sup> /ano (a), economia de água potável m <sup>3</sup> /ano (b), custo incremental médio R\$/m <sup>3</sup> /ano (c) e benefícios financeiros R\$/ano (d): UPA .....	140
Figura 66 – Potencial de redução da demanda m <sup>3</sup> /ano (a), economia de água potável m <sup>3</sup> /ano (b), custo incremental médio R\$/m <sup>3</sup> /ano (c) e benefícios financeiros R\$/ano (d): hospital .....	141
Figura 67 – Economia de água (R\$/ano).....	142
Figura 68 – Potencial economizado (%).....	142
Figura 69 – Benefícios financeiros <i>versus</i> taxa de juros (a.a.): UBS (a), UPA (b), hospital (c) e cenários agrupados (d).....	143
Figura 70 – Diagrama de caixa e bigodes dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UBS .....	169
Figura 71 – Histograma dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UBS.....	170

Figura 72 – Diagrama de caixa e bigodes dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UPA.....	172
Figura 73 – Histograma dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UPA.....	173
Figura 74 – Diagrama de caixa e bigodes dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: Hospital .....	175
Figura 75 – Histograma dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: Hospital .....	175
Figura 76 – Histogramas dos EAS .....	177
Figura 77 – Gráfico de dispersão simples .....	179
Figura 78 – Gráfico de dispersão dos resíduos.....	182
Figura 79 – Histograma dos resíduos padronizados.....	183
Figura 80 – Gráfico P-P normal de regressão dos resíduos padronizados .....	183

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Técnicas de auditoria do consumo de água .....	31
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens .....	32
Tabela 3 – Caracterização do consumo de água em estabelecimentos de saúde.....	34
Tabela 4 – Características operacionais, de ocupação e consumo .....	39
Tabela 5 – Indicadores de consumo de água .....	40
Tabela 6 – Análises estatísticas para prever a demanda de água.....	43
Tabela 7 – Modelos de previsão de demanda de água .....	46
Tabela 8 – Equipamentos economizadores de água .....	50
Tabela 9 – Vazão mínima, tempo do ciclo de funcionamento e volume máximo de água por ciclo .....	51
Tabela 10 – Máquina de lavar roupas com alta eficiência .....	51
Tabela 11 – Carga de roupa de acordo com o tipo de hospital.....	52
Tabela 12 – Potencial de redução do consumo de água com o emprego de equipamentos economizadores .....	57
Tabela 13 – Potencial de redução do consumo de água pelo uso de sistemas de aproveitamento de água de chuva.....	58
Tabela 14 – Potencial de redução do consumo de água pelo uso de sistemas de reúso de águas cinzas .....	60
Tabela 15 – Análise financeira do uso de sistemas alternativos de água .....	62
Tabela 16 – Vazões mínimas recomendadas .....	86
Tabela 17 – Cenários de demanda de água não potável: AAC .....	87
Tabela 18 – Cenários de volume das cisternas (m <sup>3</sup> ) .....	88
Tabela 19 – Cenários de demanda de água não potável: RAC.....	88
Tabela 20 – Tarifa mensal para o período de 01/06/2021 a 31/05/2022 .....	90
Tabela 21 – Estimativa de vida útil para equipamentos economizadores .....	91
Tabela 22 – Estimativa de vida útil para componentes hidráulicos .....	91
Tabela 23 – Variação das taxas de juros.....	92
Tabela 24 – Indicadores de usos finais de água: UBS.....	98
Tabela 25 – Indicadores de usos finais de água: UPA .....	101
Tabela 26 – Indicadores de usos finais de água: HAB .....	105
Tabela 27 – Médias estatísticas dos estabelecimentos assistenciais de saúde.....	107
Tabela 28 – Modelos representativos: UBS, UPA e Hospital.....	111
Tabela 29 – Médias quantitativas dos modelos representativos.....	112

Tabela 30 – Indicadores por uso final de água corrigidos: UBS .....	112
Tabela 31 – Indicadores por uso final de água corrigidos: UPA.....	112
Tabela 32 – Indicadores por uso final de água corrigidos: Hospital .....	112
Tabela 33 – Indicadores de consumo predial: UBS, UPA e Hospital .....	115
Tabela 34 – Indicadores de consumo por uso final: UBS, UPA e Hospital .....	115
Tabela 35 – Demanda de água por Região Administrativa do Distrito Federal.....	117
Tabela 36 – Potencial de redução de água potável: equipamentos economizadores .....	120
Tabela 37 – Potencial de redução de água potável: AAC .....	124
Tabela 38 – Potencial de redução de água potável: RAC .....	126
Tabela 39 – Cenário atual dos custos-benefícios por tipologia: equipamentos economizadores .....	130
Tabela 40 – Cenário atual dos custos-benefícios por tipologia: AAC .....	134
Tabela 41 – Cenário atual dos custos-benefícios por tipologia: RAC.....	136
Tabela 42 – Benefícios ambientais e financeiros por tipologia.....	137
Tabela 43 – Economia de água pela redução da demanda e valor economizado (m <sup>3</sup> e R\$) ..	141
Tabela 44 – Simulação da economia financeira para cenários variados .....	144
Tabela 45 – Soluções viáveis para conservação de água em estabelecimentos de saúde no Distrito Federal .....	147
Tabela 46 – Composição dos custos iniciais: equipamentos economizadores .....	166
Tabela 47 – Composição dos custos iniciais: AAC e RAC.....	167
Tabela 48 – Análise estatística descritiva: UBS .....	171
Tabela 49 – Testes de normalidade: UBS .....	171
Tabela 50 – Análise estatística descritiva: UPA.....	173
Tabela 51 – Testes de normalidade: UPA .....	174
Tabela 52 – Análise estatística descritiva: Hospital .....	176
Tabela 53 – Testes de normalidade: Hospital.....	176
Tabela 54 – Teste de homogeneidade de variância: UBS, UPA e Hospital .....	177
Tabela 55 – Testes de normalidade dos EAS .....	179
Tabela 56 – Correlações bivariadas.....	180
Tabela 57 – Resumo do modelo .....	180
Tabela 58 – ANOVA.....	181
Tabela 59 – Coeficientes .....	181
Tabela 60 – Benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores: UBS .....	185
Tabela 61 – Benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores: UPA.....	185

Tabela 62 – Benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores: Hospital	185
Tabela 63 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UBS: descarga sanitária.....	185
Tabela 64 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UBS: lavagem de pisos & descarga sanitária .....	186
Tabela 65 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UPA: descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo) .....	186
Tabela 66 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UPA: lavagem de pisos & descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo) .....	187
Tabela 67 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: lavagem de pisos.....	187
Tabela 68 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo).....	187
Tabela 69 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: máquina de lavar roupas .....	188
Tabela 70 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: lav. de pisos, descarga sanitária (bacia san., mictório e expurgo) & máq. de lavar roupas ...	188
Tabela 71 – Benefícios gerados por sistemas de reúso de águas cinzas: UBS.....	189
Tabela 72 – Benefícios gerados por sistemas de reúso de águas cinzas: UPA .....	189
Tabela 73 – Benefícios gerados por sistemas de reúso de águas cinzas: Hospital.....	189
Tabela 74 – Economia de água gerada utilizando equipamentos economizadores: UBS .....	189
Tabela 75 – Economia de água gerada utilizando equipamentos economizadores: UPA.....	190
Tabela 76 – Economia de água gerada utilizando equipamentos economizadores: Hospitais .....	190
Tabela 77 – Economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva: UBS .....	191
Tabela 78 – Economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva: UPA .....	192
Tabela 79 – Economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva: Hospitais .....	193
Tabela 80 – Economia de água gerada utilizando sistemas de reúso de águas cinzas: UBS .	195
Tabela 81 – Economia de água gerada utilizando sistemas de reúso de águas cinzas: UPA .	196
Tabela 82 – Economia de água gerada utilizando sistemas de reúso de águas cinzas: hospitais .....	196



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AAC – Aproveitamento de água de chuva

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CERTI – Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras

CIM – Custo incremental médio ou *Average incremental cost*

DF – Distrito Federal

FIV – Fator de inflação de variância

HAB – Hospital de Apoio de Brasília

IC – Indicador de consumo de água

INMET – Instituto Nacional de Meteorologias

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LCCA – Análise de custo do ciclo de vida ou *Life-Cycle cost analysis*

PIB – Produto interno bruto

RA – Regiões Administrativas

RAC – Reúso de águas cinzas

RDC – Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária

SANEAGO – Companhia Saneamento de Goiás S/A

SES/DF – Secretaria de Saúde do Distrito Federal

SINFRA/DF – Secretaria de Infraestrutura de Saúde do Distrito Federal

TIR – Taxa interna de retorno

UBS – Unidade básica de saúde

UPA – Unidade de pronto atendimento

URD – Unidades de Referência Distrital

VPL – Valor presente líquido

ZRESID – resíduos padronizados ou erros

ZPRED – valores previstos padronizados da variável dependente com base no modelo

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
1.1.	JUSTIFICATIVA.....	23
1.2.	OBJETIVOS.....	24
1.2.1.	Objetivo geral.....	24
1.2.2.	Objetivos específicos.....	24
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	25
<b>2.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA.....</b>	<b>27</b>
2.1.	AUDITORIA DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES .....	27
2.1.1.	Técnicas de auditoria do consumo de água em edificações .....	28
2.1.1.1.	Análise documental .....	28
2.1.1.2.	Medições gerais .....	28
2.1.1.3.	Medições setorizadas.....	28
2.1.1.4.	Medições específicas .....	29
2.1.1.5.	Diários de registro .....	29
2.1.1.6.	Observações.....	29
2.1.1.7.	Entrevistas .....	30
2.1.1.8.	Questionários.....	30
2.1.2.	Vantagens e desvantagens das técnicas de auditoria do consumo de água.....	30
2.2.	USOS FINAIS DO CONSUMO DE ÁGUA .....	34
2.3.	PREVISÃO DA DEMANDA DE ÁGUA .....	37
2.3.1.	Indicadores de consumo de água.....	37
2.3.2.	Modelos de previsão de demanda urbana de água .....	42
2.4.	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	47
<b>3.</b>	<b>CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE .....</b>	<b>49</b>
3.1.	ESTRATÉGIAS CONSERVADORAS DA ÁGUA.....	49
3.1.1.	Equipamentos economizadores de água.....	49
3.1.2.	Sistemas prediais de água não potável .....	52
3.1.2.1.	Aproveitamento de água de chuva .....	53
3.1.2.2.	Reúso de águas cinzas .....	54
3.2.	ESTRATÉGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE .....	56

3.2.1.	Equipamentos economizadores de água em estabelecimentos assistenciais de saúde ...	56
3.2.2.	Aproveitamento de água de chuva em estabelecimentos assistenciais de saúde .....	58
3.2.3.	Reúso de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.....	59
3.3.	<b>AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS CONSERVADORES DE ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE .....</b>	<b>61</b>
3.4.	<b>SÍNTESE DO CAPÍTULO .....</b>	<b>63</b>
<b>4.</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>66</b>
4.1.	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS .....</b>	<b>69</b>
4.1.1.	Levantamento quantitativo .....	70
4.1.2.	Levantamento qualitativo .....	70
4.1.2.1.	Análise documental .....	71
4.1.2.2.	Vistoria hidráulica .....	71
4.1.2.3.	Medições gerais.....	72
4.1.2.4.	Medições específicas.....	72
4.1.2.5.	Projeção das medições específicas .....	76
4.1.2.6.	Medições setorizadas.....	76
4.1.2.7.	Entrevistas semiestruturadas .....	77
4.1.2.8.	Observações <i>in loco</i> .....	77
4.2.	<b>PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS.....</b>	<b>78</b>
4.2.1.	Análise estatística descritiva dos dados.....	78
4.2.1.1.	Análise de correlação .....	79
4.2.1.2.	Análise de regressão .....	80
4.2.2.	Modelo de previsão de demanda de água.....	81
4.2.3.	Indicadores de consumo predial de água por tipologia .....	82
4.3.	<b>PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS.....</b>	<b>82</b>
4.3.1.	Indicadores de consumo por uso final de água por tipologia .....	82
4.4.	<b>COMPOSIÇÃO DOS INDICADORES DE CONSUMO PREDIAL E POR USO FINAL DE ÁGUA DOS MODELOS REPRESENTATIVOS .....</b>	<b>83</b>
4.5.	<b>ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS.....</b>	<b>84</b>
4.5.1.	Benefícios ambientais.....	85
4.5.1.1.	Equipamentos economizadores de água.....	85
4.5.1.2.	Sistemas de aproveitamento de água de chuva .....	86

4.5.1.3.	Sistemas de reúso de águas cinzas .....	88
4.5.2.	Benefícios financeiros .....	89
4.5.2.1.	Payback .....	89
4.5.2.2.	Análise do custo da vida útil ou <i>Life-cycle cost analysis</i> (LCCA).....	90
4.5.2.3.	Custo incremental médio ou <i>Average incremental cost</i> (CIM).....	92
4.6.	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	94
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA COMPOSIÇÃO DOS MODELOS ...</b>	<b>96</b>
5.1.	UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE – UBS.....	96
5.1.1.	Consumo predial.....	97
5.1.2.	Indicadores de consumo predial e de usos finais de água .....	97
5.1.3.	Diagnóstico do consumo setorizado.....	98
5.2.	UNIDADE DE PRONTO ATENDIMENTO – UPA .....	99
5.2.1.	Consumo predial.....	100
5.2.2.	Indicadores de consumo e usos finais de água .....	101
5.2.3.	Diagnóstico do consumo setorizado.....	102
5.3.	HOSPITAL.....	102
5.3.1.	Consumo predial.....	103
5.3.2.	Indicadores de consumo predial e usos finais de água.....	105
5.3.3.	Diagnóstico do consumo setorizado.....	106
5.4.	MODELOS REPRESENTATIVOS DOS ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE .....	107
5.4.1.	Indicadores de consumo por uso final de água dos modelos .....	111
5.4.2.	Modelo de previsão de demanda de água.....	113
5.5.	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	114
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS BENEFÍCIOS PROMOVIDOS PELO EMPREGO DE ESTRATÉGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA.....</b>	<b>117</b>
6.1.	ENQUADRAMENTO DOS ESTABELECIMENTOS POR REGIÃO ADMINISTRATIVA .....	117
6.2.	BENEFÍCIOS AMBIENTAIS .....	118
6.2.1.	Equipamentos economizadores de água.....	118
6.2.2.	Sistemas de aproveitamento de água de chuva .....	121
6.2.3.	Sistemas de reúso de águas cinzas .....	125
6.3.	BENEFÍCIOS FINANCEIROS .....	128
6.3.1.	Equipamentos economizadores de água.....	128

6.3.2.	Sistemas de aproveitamento de água de chuva .....	130
6.3.3.	Sistemas de reúso de águas cinzas .....	135
6.4.	CUSTOS-BENEFÍCIOS PELO USO DAS ESTRATÉGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA .....	137
6.5.	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	144
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>148</b>
7.1.	CONTRIBUIÇÃO PARA O CONHECIMENTO .....	150
7.2.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	151
7.3.	IMPLICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES .....	151
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>163</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>166</b>
	<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>169</b>
	<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>184</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para sustentar a vida e os meios de subsistência. Ela garante o abastecimento de todos os setores relacionados ao desenvolvimento social e econômico. O crescimento da população e a crescente necessidade por recursos associados à melhoria do padrão de vida estão aumentando as pressões sobre os recursos hídricos para suprir a demanda de água e o abastecimento da cidade (WWAP, 2012). Apesar da diminuição do consumo de água per capita entre os principais consumidores de sistemas de abastecimento urbano, a demanda por água está aumentando em todos os principais setores de uso da água (BILLINGS; JONES, 2008; WWAP, 2012).

Devido às mudanças climáticas que geram incertezas com relação ao abastecimento de água (WWAP, 2012) e ao crescimento da população mundial, o qual deve aumentar em 1,9 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, totalizando 9,7 bilhões de habitantes do planeta em 2050 (UNDESA, 2020), vários países vêm enfrentando muitos desafios relacionados com a água, sendo que a crise de escassez, a deterioração da qualidade da água e a necessidade de melhorar a gestão dos recursos hídricos são os mais significativos (WWAP, 2012).

No Brasil, há uma crescente demanda pelo uso da água, e essa evolução está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país. A gestão do uso da água é de fundamental importância para garantir a segurança hídrica. A gestão tem como objetivo garantir a oferta de água para a população no presente e no futuro, e a segurança hídrica ocorre quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade para o abastecimento de acordo com as necessidades humanas e as atividades econômicas (ANA, 2020).

Embora o Brasil detenha aproximadamente 12% da disponibilidade hídrica superficial do planeta, a distribuição ocorre de forma irregular. O Distrito Federal, localizado no Planalto Central, possui grande quantidade de nascentes e baixa disponibilidade hídrica superficial devido à formação de rios de cabeceira que contribuem para as grandes bacias hidrográficas (LIMA; SILVA, 2005; REBOUÇAS, 2006). Em função de suas características como divisor de águas, o Distrito Federal é considerado como a terceira Unidade da Federação com menor disponibilidade hídrica superficial per capita por ano (34,07 m<sup>3</sup>/s na bacia hidrográfica Rio Maranhão, 16,72 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio Paranoá, 30,72 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio São Bartolomeu, 19,36 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio Descoberto, 17,14 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio Corumbá, 1,66 m<sup>3</sup>/s na bacia do São Marcos e 28,01 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio Preto, totalizando 147,68 m<sup>3</sup>/s) (GDF, 2020).

O Distrito Federal possui tipos variados de estabelecimentos de saúde, entre eles: unidade básica de saúde, unidade de pronto atendimento e hospital. Tendo em vista que os

hospitais são grandes consumidores de água e requerem uma quantidade significativa de água por dia para o desenvolvimento das diferentes atividades e serviços (FULTON, 2018; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020; PRASETYADI; KOONSRIK, 2020; TRINDADE; BUONO; COSTANZI, 2020; VACCARI *et al.*, 2017; VERLICCHI *et al.*, 2010), ações que buscam conservar e promover o uso racional de água em edificações podem contribuir na redução da sobrecarga no abastecimento de água, economia de custos operacionais e proporcionar benefícios ambientais (HRET, 2014).

A conservação da água é um componente essencial no planejamento dos recursos hídricos (AWWA, 2005) e caracteriza-se como um conjunto de ações que promovam a redução do consumo de água potável, a redução do desperdício, maior eficiência de uso e busca por fontes alternativas de água (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). Diante disso, a prática da conservação de água pode reduzir investimentos na busca por novas fontes de água para suprir a demanda, preservar os recursos hídricos e possibilitar o atendimento de um maior número de pessoas com a mesma oferta de água (BUONO, 2018).

Em uma perspectiva mundial, vários governos e concessionárias públicas afetadas por crises hídricas estão investindo no desenvolvimento e na implementação de sistemas que adotam práticas de conservação para garantir as demandas de água futuras (WILLIS *et al.*, 2010) e para que suas operações não prejudiquem a saúde humana e o meio ambiente (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009).

A implementação de ações conservadoras de água nos estabelecimentos de saúde do Distrito Federal poderá promover a redução do consumo de água potável e dos custos de tratamento e distribuição da água. Além dos benefícios ambientais provenientes da redução do consumo, o investimento nessas ações poderá trazer benefícios financeiros para a Secretaria de Saúde do DF.

Uma das possibilidades de reduções significativas da demanda de água é o uso de fontes alternativas em edificações aplicadas à escala urbana. Nesse sentido, os benefícios não serão aplicados apenas na escala do edifício e poderão resultar em ganhos aos sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos, assim como, redução da exploração de novos mananciais (ABNT, 2019a).

Nessa perspectiva, é de fundamental importância avaliar o desempenho de diferentes estratégias para incentivar a conservação de água pelo emprego de medidas que auxiliem no controle da demanda de água, assim como, analisar seus prováveis benefícios e custos de implantação. Entre as estratégias estão os sistemas de aproveitamento de água de chuva, reúso de águas cinzas e uso racional da água pelo emprego de equipamentos economizadores.

### 1.1. Justificativa

As estratégias de conservação vêm sendo utilizadas como práticas que resultam no uso mais eficiente da água (SANT'ANA *et al.*, 2019), entretanto, a falta de dados sobre o consumo predial de água pode levar ao superdimensionamento dos sistemas hidráulicos, aumento do orçamento das obras de infraestrutura e diminuição significativa da eficiência das estações de tratamento de águas residuais (ARMAS, 2002).

Há uma necessidade de obter informações sobre o consumo de água dos estabelecimentos assistenciais de saúde, visto que a distribuição do consumo varia para diferentes tipos de edificações de acordo com cada sistema predial e dos usuários (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). Para definir a melhor estratégia conservadora de água, torna-se essencial conhecer a quantidade de água utilizada em cada uso final da edificação (D'ALESSANDRO *et al.*, 2016). Segundo White e Fane (2002), a investigação detalhada dos usos finais de água permite uma previsão mais criteriosa da demanda de água, o que dá subsídio para a definição de ações mais eficientes de conservação de água, além de melhores estratégias de concepção, especificações de componentes e melhor desempenho dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Conforme verificado, é importante compreender os perfis de uso da água em edificações. Considerando o enfoque nas edificações de tipologias hospitalares, diversas pesquisas foram desenvolvidas como intuito de identificar o potencial de redução de água com o emprego de equipamentos economizadores (CALZA; NOGUEIRA; SIQUEIRA, 2012; DURANTE; MOREIRA; STIZ, 2017; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020; OLIVEIRA, 1999; ORITA; SERINOLLI, 2017), sistemas de aproveitamento de água de chuva (BAK; DAO; HAN, 2020; FONSECA, 2016; FULTON, 2018; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020) e sistemas de reúso (AGAR *et al.*, 2009; BONI, 2009; CALZA; NOGUEIRA; SIQUEIRA, 2012; HOAG, 2008; JECKY; ANDRIO; SASMITA, 2018; LOPES, 2017; TARRASS; BENJELLOUN; BENJELLOUN, 2008).

Porém, até onde vai a literatura, não foram identificados estudos que caracterizaram os usos finais de água em estabelecimentos de saúde. Alguns estudos analisaram os padrões de consumo de água dos hospitais por setor e não desagregaram os usos finais de água (OLIVEIRA, 1999; VACCARI *et al.*, 2017), outros não realizaram uma auditoria de consumo detalhada ou não apresentaram informações suficientes para validar os resultados (COLLETT *et al.*, 2016; VACCARI *et al.*, 2017), e ainda podem ser citados aqueles que utilizaram dados de usos finais de água de edificações comerciais e industriais (GAITÁN; TEIXEIRA, 2020) e



indicadores de consumo obtidos a partir de outras pesquisas (PRASETYADI; KOONSRSISUK, 2020), o que pode não representar a realidade brasileira.

Verificou-se que poucos estudos analisaram a viabilidade financeira das medidas de conservação em hospitais. A maioria avaliou apenas uma forma de ação de intervenção com emprego de equipamento economizador (OLIVEIRA, 1999; ORITA; SERINOLLI, 2017), sistemas de aproveitamento de água de chuva (FONSECA, 2016) ou sistemas de reúso de águas cinzas (HOAG, 2008). Apenas Gaitan e Teixeira (2020) avaliaram duas ações de atuação para a promoção da conservação de água (equipamento economizador e sistema de aproveitamento de água de chuva). Fizeram uso de técnicas como o payback (FONSECA, 2016; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020; HOAG, 2008; OLIVEIRA, 1999; ORITA; SERINOLLI, 2017), VPL e TIR (FONSECA, 2016; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020).

Apesar das limitações, diferentes estudos foram realizados em hospitais para identificar o uso da água. Destaca-se a importância de buscar uma melhor compreensão dos usos finais de água não apenas em hospitais, mas nos demais tipos de estabelecimentos assistenciais de saúde, como as unidades básicas de saúde (UBS) e as unidades de pronto atendimento (UPA). Outra questão relevante é a identificação da viabilidade financeira para cada estratégia adequada à realidade brasileira.

Há uma lacuna no conhecimento com relação aos custos-benefícios provenientes do emprego de diferentes estratégias conservadoras de água para os diferentes tipos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Com isso, surgiu a seguinte pergunta de pesquisa: Qual a estratégia conservadora de água mais viável para os tipos de estabelecimentos assistenciais de saúde em função das oscilações das taxas de juros da economia brasileira?

Portanto, verifica-se a necessidade de identificar a melhor estratégia conservadora para cada tipologia de estabelecimento assistencial de saúde e, a partir de então, proporcionar aos Gestores Públicos da Saúde estruturar um plano de ação para promover o uso da água de forma mais eficiente e sustentável.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

O principal objetivo desta pesquisa foi identificar soluções viáveis em termos dos custos e dos benefícios ambientais e financeiros promovidos pela implementação de estratégias voltadas à conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Como objetivos específicos, esta pesquisa buscou:

- i. Caracterizar os estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal em termos do tipo de atendimento, padrões de ocupação, área e consumo predial;
- ii. Analisar o consumo de água em cada tipo de estabelecimento assistencial de saúde do Distrito Federal (UBS, UPA e Hospital), gerando indicadores de usos finais; e
- iii. Identificar o potencial de redução do consumo de água potável, os custos e benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável na escala (micro) da edificação e na escala (macro) urbana.

### **1.3. Estrutura do trabalho**

A pesquisa está estruturada em sete capítulos. O primeiro tem caráter introdutório e de contextualização do tema da pesquisa. Demonstra a necessidade da avaliação dos benefícios gerados pelas diferentes estratégias para otimização do consumo de água potável e conservação dos recursos hídricos, como também, os objetivos geral e específicos do trabalho.

Os Capítulos 2 e 3 correspondem à revisão de literatura. O Capítulo 2 apresenta um diagnóstico do consumo de água e faz um levantamento dos indicadores de consumo predial, consumo setorizado e usos finais de água em estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal, além das técnicas de auditoria do consumo de água em edificações. São analisados, ainda, os modelos de previsão de demanda urbana de água como de ferramentas de gestão e planejamento do abastecimento urbano de água. O Capítulo 3 faz uma abordagem sobre conservação de água como prática para a redução da quantidade de água extraída dos recursos hídricos e apresenta as estratégias conservadoras de água em estabelecimentos assistenciais de saúde com o emprego de equipamentos economizadores de água, sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de águas cinzas.

Na sequência, o Capítulo 4 descreve os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa. Apresenta as etapas utilizadas na coleta e na análise dos dados, a composição dos modelos representativos para cada tipologia, análise dos benefícios ambientais e financeiros promovidos pelo uso das estratégias conservadoras de água e identificação das soluções viáveis.

No Capítulo 5, encontram-se os resultados das análises obtidas a partir dos três estudos de caso: unidade básica de saúde, unidade de pronto atendimento e hospital. São apresentados dados de consumo predial, indicadores de consumo predial e de uso final de água por estabelecimento assistencial de saúde e modelo de previsão de demanda urbana de água.

O capítulo 6 descreve sobre os benefícios promovidos pelo uso das estratégias conservadoras de água e a viabilidade da implementação por tipo de estabelecimento de saúde.

As conclusões da tese estão no Capítulo 7, além da discussão dos resultados, contribuição para o conhecimento, limitações da pesquisa, implicações e recomendações para pesquisas futuras.

As referências e os apêndices complementam as informações utilizadas para o desenvolvimento da tese. O Apêndice A apresenta os modelos das entrevistas semiestruturadas realizadas com os responsáveis do setor administrativo, manutenção e limpeza. O Apêndice B mostra a composição orçamentária dos custos iniciais considerados para sistemas de aproveitamento de água de chuva, reúso de águas cinzas e o emprego de equipamentos economizadores de água. A análise estatística descritiva dos modelos representativos é apresentada no Apêndice C. As tabelas com os resultados das análises dos benefícios ambientais e financeiros, e as economias de água geradas pela redução na exploração dos recursos hídricos encontram-se no Apêndice D.

## 2. DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA

A compreensão detalhada dos perfis de consumo de água abre caminho para a redução do consumo de água potável no edifício pelo emprego de estratégias conservadoras de água e sua análise de custo-benefício. Este capítulo faz uma revisão de literatura sobre as técnicas de auditoria do consumo de água em edificações e da caracterização dos usos finais de água em estabelecimentos de saúde. Ressalta-se que para analisar os diferentes padrões de consumo é importante caracterizar os estabelecimentos assistenciais de saúde em termos de tipo de atendimento, padrões de ocupação, área, consumo predial, equipamentos utilizados, clima, cultura, entre outros.

### 2.1. Auditoria do consumo de água em edificações

A auditoria do consumo de água é uma prática utilizada para quantificar o uso da água dentro de um domínio, em que as saídas de água são comparadas com as entradas e o resultado deve encontrar-se dentro de uma tolerância predeterminada para que a auditoria quantitativa da água seja considerada satisfatória. Entretanto, está relacionada não somente com a conservação e a eficiência da água dentro dos limites da edificação, mas também com as questões de gestão da água fora destes (STURMAN; HO; MATHEW, 2004).

O processo de auditoria busca identificar e registrar ações de intervenção que visam melhorar a eficiência do uso da água, qualidade dos descartes para o meio ambiente e o desempenho financeiro. Pode ser realizada em sistemas de abastecimento de uso público e em usuários finais de água domésticos, comerciais, industriais, agrícolas ou outros (STURMAN; HO; MATHEW, 2004).

Em edificações, a auditoria do consumo de água é capaz de realizar um diagnóstico do desempenho do sistema predial, gerando indicadores de consumo, vazão de equipamentos hidrossanitários, frequência e tempo de uso, além de extrair informações sobre hábitos de uso e rotinas de manutenção predial, higienização de ambientes e irrigação paisagística (ALCANTARA *et al.*, 2021). Essas informações são essenciais para o dimensionamento de sistemas prediais de água (HONORATO; CAMPOS, 2019), emprego de equipamentos economizadores de água (ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO, 1998), análise e avaliação de programas de conservação de água (SANT'ANA; MAZZEGA, 2018), previsão de demanda de água (DEOREO *et al.*, 1996), gestão de recursos hídricos e criação de políticas públicas (MAZZEGA *et al.*, 2019).

O processo de auditoria do consumo de água em edificações subdivide-se em fases. Inicialmente, são realizados a análise e o diagnóstico preliminar do consumo de água. Em seguida, o levantamento do edifício e o diagnóstico do consumo. Por fim, as informações conduzem à elaboração de um plano de intervenção voltado à conservação de água na edificação analisada (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). O processo de auditoria do consumo de água pode fazer uso de diferentes técnicas para obter informações sobre o uso da água na edificação analisada. Essas técnicas vêm sendo aprimoradas em função da necessidade do conhecimento detalhado do perfil do consumo de água, tanto na coleta quanto no tratamento dos dados (ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO, 1998).

### **2.1.1. Técnicas de auditoria do consumo de água em edificações**

Com a revisão de literatura, observou-se o uso de diferentes técnicas de auditoria, desde a simples aplicação de questionários e registro de informações em diários (THACKRAY *et al.*, 1978) ao monitoramento e aquisição de dados pela instalação de equipamentos de medição e registro de eventos de consumo em tempo real (DEOREO *et al.*, 1996). As técnicas de auditoria do consumo de água em edificações podem ser classificadas em:

#### **2.1.1.1. Análise documental**

Técnica que faz uso de contas de água, projetos hidráulicos e de arquitetura, ficha cadastral de agentes consumidores, para coletar dados relativos ao consumo predial mensal e anual, composição das redes hidráulicas, área construída, área verde e população fixa e flutuante (OLIVEIRA, 1999). É uma técnica simples capaz de gerar indicadores de consumo de água per capita (litro/pessoa/dia) ou por área (litro/m<sup>2</sup>/dia).

#### **2.1.1.2. Medições gerais**

Técnica capaz de realizar o monitoramento do consumo de água a partir de medições pelo alimentador predial, podendo obter informações sobre o volume de água utilizado pela edificação dentro de um intervalo de tempo, pressão e detecção da existência de possíveis vazamentos. As leituras podem ser registradas à mão em um diário de registro (THACKRAY *et al.*, 1978), remotamente por telemetria (TAMAKI *et al.*, 2006) ou armazenadas em um dispositivo data logger (BARRETO, 2008).

#### **2.1.1.3. Medições setorizadas**

Consiste na instalação de medidores em determinados ambientes, unidades ou trechos hidráulicos para obtenção de informações relativas ao consumo de água para determinadas atividades (TAMAKI *et al.*, 2006). Essa técnica é comumente associada ao uso de telemetria ou dispositivos data loggers para registro de dados.

#### 2.1.1.4. Medições específicas

Utilizadas para quantificar os fluxos de água em pontos de consumo e podem empregar métodos variados. O mais simples, é pelo uso de cronômetros fixados ao lado de torneiras e chuveiros para a realização de registros do tempo de abertura de cada aparelho (SANT'ANA; MAZZEGA, 2017). Essa técnica é associada com diários para registrar, ao fim de cada dia, o tempo total de uso de água de cada ponto. O volume de água utilizado pode ser estimado pelo produto do tempo registrado e vazão do aparelho.

Usos de sensores de fluxo instalados em pontos de uso de água realizam uma leitura instantânea do volume e do tempo de uso (ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO, 1998). Trata-se de um medidor de fluxo rotativo com sensor eletromagnético que emite um pulso a cada rotação da turbina e encaminha as informações para dispositivos data loggers para o armazenamento do registro de cada evento de uso de água.

Um único medidor de fluxo pode ser instalado no hidrômetro de entrada de uma rede direta de abastecimento de água para uma análise de traço da vazão - do Inglês, *flow rate trace* (DEOREO *et al.*, 1996). Essa técnica consiste no rastreamento da assinatura da vazão de cada aparelho hidrossanitário, associado a um data logger para registro de dados e software capaz de identificar o perfil de consumo por uso final (GOMEZ; ALVES, 2000).

#### 2.1.1.5. Diários de registro

Esta técnica envolve o registro de informações relativas ao uso ou consumo de água realizada por usuários ou gestores prediais, à mão ou por meios eletrônicos. O registro pode ser realizado em folhas fixadas ao lado de pontos de consumo (SANT'ANA, 2012), livro de registro de leituras de hidrômetro ou em diários individuais, um para cada usuário (GHISI e OLIVEIRA, 2006).

#### 2.1.1.6. Observações

Técnica que possibilita examinar o comportamento de usuários e obter informações sobre seus hábitos de consumo de água e dos equipamentos utilizados. Por meio de observações diretas (*in loco*) dados de consumo podem ser extraídos no local onde os eventos de uso de água ocorrem naturalmente (NASCIMENTO; SANT'ANA, 2014), e devem ser realizadas com discrição de maneira a não interferir no comportamento do usuário para não resultar em informações incorretas (OLIVEIRA, 1999).

Observações indiretas, faz uso de recurso audiovisual para registro de eventos de uso de água em ambientes em que a observação *in loco* não é possível, dada limitações espaciais (interferência do pesquisador nas atividades de usuários) e temporais (longos períodos de tempo

para permanência de pesquisados) ou cujas ações de uso de água ocorrem simultaneamente (dificultando o registro por um único observador) (SANT'ANNA *et al.*, 2013).

#### 2.1.1.7. Entrevistas

Técnica qualitativa capaz de extrair informações baseadas na percepção e na vivência pessoal de usuários no levantamento das diferentes atividades relacionadas ao uso da água (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). As entrevistas realizadas pelo pesquisador podem ser estruturadas (perguntas fechadas), semiestruturadas ou não-estruturadas (perguntas abertas).

#### 2.1.1.8. Questionários

Técnica que consiste na elaboração de uma série de questões para coletar dados relativos ao uso de água de usuários com ou sem a presença do entrevistador, à mão ou por meios eletrônicos (CAMPOS *et al.*, 2021; KAMMERS; GHISI, 2005).

### 2.1.2. Vantagens e desvantagens das técnicas de auditoria do consumo de água

As técnicas de auditoria do consumo de água foram identificadas a partir da literatura revisada com uma amostragem de 37 artigos que abordaram 8 tipos de técnicas específicas, conforme apresentado na Tabela 1 e suas respectivas vantagens e desvantagens, Tabela 2. A Figura 1 apresenta a relação das técnicas de auditoria do consumo de água em edificações utilizadas pelos estudos analisados. Observa-se que mais de uma técnica pode ser utilizada por auditoria.

Figura 1 – Técnicas de auditoria utilizadas pelos estudos analisados

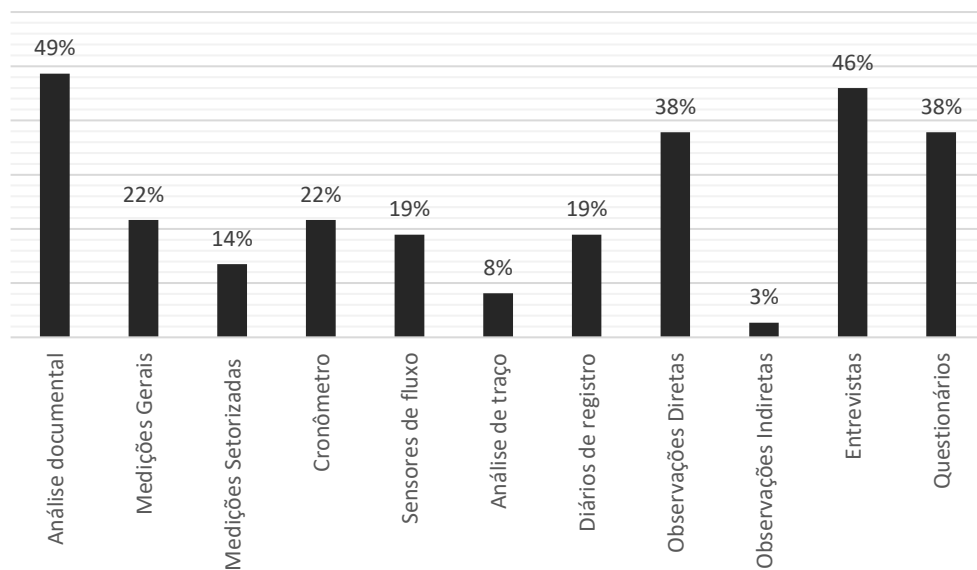


Tabela 1 – Técnicas de auditoria do consumo de água

	Análise documental	Medições gerais	Medições setorizadas	Cronômetros	Sensores de fluxo	Análise de traço	Diários de registro	Observações Diretas	Observações Indiretas	Entrevistas	Questionários
				Medições específicas							
Thackray <i>et al.</i> (1978)		✓					✓			✓	
DeOreo <i>et al.</i> (1996)						✓	✓				✓
Rocha <i>et al.</i> (1998)		✓			✓						
Oliveira (1999)	✓	✓	✓					✓			
Gomez e Alves (2000)						✓		✓		✓	✓
Cobacho <i>et al.</i> (2005)			✓		✓						
Kammers e Ghisi (2005)										✓	✓
Ghisi e Oliveira (2006)							✓				
Ilha <i>et al.</i> (2006)										✓	
Barreto (2008)		✓			✓						
Marinoski e Ghisi (2008)											✓
Proença e Ghisi (2009)										✓	✓
Fasola <i>et al.</i> (2011)										✓	✓
Sant'Ana (2012)	✓			✓			✓	✓			✓
Calza <i>et al.</i> (2012)	✓										
Agana <i>et al.</i> (2013)			✓								
Barrington <i>et al.</i> (2013)									✓	✓	
Bint <i>et al.</i> (2013)	✓				✓						
Sant'Ana <i>et al.</i> (2013)	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓
Sant'Anna <i>et al.</i> (2013)	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	
Nascimento e Sant'Ana (2014)				✓				✓		✓	✓
Collett <i>et al.</i> (2016)								✓			
Jenicek <i>et al.</i> (2016)						✓				✓	
D'Alessandro <i>et al.</i> (2016)											✓
Khan (2016)				✓				✓			
García-Sanz-Calcedo <i>et al.</i> (2017)		✓									
Santana e Sant'Ana (2017)				✓				✓			✓
Sant'Ana e Mazzega (2017)	✓	✓		✓			✓			✓	✓
Soares <i>et al.</i> (2017)			✓					✓		✓	
Barbosa <i>et al.</i> (2018)	✓							✓		✓	✓
Buono (2018)										✓	
Gómez-Chaparro <i>et al.</i> (2018)		✓								✓	
Santos e Sant'Ana (2019)				✓				✓			
Miranda <i>et al.</i> (2019)					✓					✓	✓
Potgieter <i>et al.</i> (2020)								✓			
Trindade <i>et al.</i> (2020)								✓		✓	
Bomfim e Sant'Ana (2021)					✓						



Tabela 2 – Vantagens e desvantagens

<b>TÉCNICA</b>	<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>Análise documental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações gerais do consumo de água predial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações sobre consumo não correspondem ao período de auditoria</li> <li>• Não fornece informações sobre uso final de água</li> </ul>
<b>Medições Gerais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medições gerais do consumo de água predial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não fornece informações sobre uso final de água</li> <li>• Acompanha as alterações do consumo de água na edificação</li> </ul>
<b>Medições Setorizadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medições precisas do consumo de água em setores específicos</li> <li>• Identificação de possíveis vazamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica mais complexa e demorada</li> <li>• Necessária a instalação de vários hidrômetros</li> <li>• Custo elevado quando comparado a outras técnicas</li> <li>• Identificação dos usos da água por setor</li> </ul>
<b>Medições Específicas</b>	<p><b>Cronômetros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações do tempo de uso dos aparelhos sanitários</li> <li>• Medição do volume de água</li> <li>• Técnica versátil</li> </ul> <p><b>Sensores de fluxo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica precisa e confiável</li> <li>• Detalhamento do consumo de água por aparelho sanitário</li> <li>• Informações sobre o uso final de água</li> <li>• Capacidade de medição de vazão com precisão</li> <li>• Técnica indicada para qualquer tipologia</li> </ul> <p><b>Análise de traço</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica não invasiva</li> <li>• Nível de precisão satisfatório para determinação do perfil do uso de água</li> <li>• Informações sobre uso final de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessária a realização de levantamento dos equipamentos consumidores de água para cálculo da vazão</li> <li>• Técnica mais complexa e demorada</li> <li>• Custo elevado quando comparado a outras técnicas</li> <li>• Restrição quanto ao rastreamento do consumo de água quando há utilização simultânea de mais de um equipamento</li> <li>• Limitação técnica para edifícios com alimentação indireta, com reservatório elevado</li> <li>• Técnica mais adequada para edificações residenciais</li> </ul>
<b>Diários de Registro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia de custo para realização da auditoria</li> <li>• Informações sobre o uso final de água</li> <li>• Técnica simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessário o registro o do tempo e frequência de uso pelo usuário</li> <li>• Técnica passível de erro</li> <li>• Precisam ser bem elaborados para obtenção dos dados</li> </ul>
<b>Observações</b>	<p><b>Diretas (<i>in loco</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita avaliar o comportamento dos usuários quanto ao uso da água</li> <li>• Permite a obtenção de dados não possíveis com uso do questionário e da entrevista</li> <li>• Não há um roteiro para a coleta de dados</li> <li>• Permite registrar o tempo e frequência de uso de cada aparelho sanitário</li> <li>• Identificação do perfil do consumo de água</li> </ul> <p><b>Indiretas (vídeo)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica mais demorada</li> <li>• O usuário tende a criar impressões desfavoráveis pela presença do observador</li> <li>• Os usos dos aparelhos sanitários podem ocorrer simultaneamente, dificultando a coleta de dados</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita avaliar o comportamento dos usuários quanto ao uso da água (o usuário não cria impressões desfavoráveis porque não há a presença do observador no local)</li> <li>• Permite registrar o tempo e frequência de uso de cada aparelho sanitário</li> <li>• Permite a obtenção de dados não possíveis com uso do questionário e da entrevista</li> <li>• Não há um roteiro para a coleta de dados</li> <li>• Técnica mais rápida e eficiente</li> <li>• Permite a coleta de dados quando há uso simultâneo dos aparelhos sanitários</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo mais elevado quando comparado à observação direta</li> </ul>
<b>Entrevistas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações sobre hábitos do consumo de água</li> <li>• Levantamento da frequência e tempo de uso dos aparelhos sanitários</li> <li>• Quantificação do número de aparelhos sanitários e características tipológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposição do entrevistado em fornecer informações necessárias</li> <li>• Necessidade de tempo para realização</li> </ul>
<b>Questionários</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações sobre hábitos do consumo de água</li> <li>• Levantamento da frequência e tempo de uso dos aparelhos sanitários</li> <li>• Identificação do número de aparelhos sanitários e características tipológicas das edificações</li> <li>• Economiza tempo e obtém grande número de dados</li> <li>• Atinge um maior número de pessoas simultaneamente</li> <li>• Economia de pessoal no trabalho de campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inconveniente para usuários dependendo da tipologia</li> <li>• Porcentagem pequena dos questionários que voltam</li> <li>• Grande número de perguntas sem resposta</li> <li>• Depende da assiduidade das anotações pelo usuário</li> <li>• Depende do entendimento do usuário, da sistemática das anotações relacionadas aos usos da água, horários, frequências e dos dados provenientes da caracterização dos aparelhos sanitários</li> <li>• Impossibilidade de ajudar o entrevistado em questões mal compreendidas</li> </ul>

A auditoria do consumo de água é considerada uma prática desejável para propor estratégias conservadoras de água. Considerando a necessidade de estimar onde e como a água é usada no edifício, o uso de diferentes técnicas auxilia na busca dessas informações e as vantagens e desvantagens identificadas nesse processo de revisão de literatura podem ser consideradas como fatores para a escolha da técnica a ser empregada.

Verificou-se que a análise documental pode não corresponder ao período da realização da auditoria do consumo de água, que as medições no hidrômetro fornecem apenas o consumo predial total e as medições setorizadas, o consumo de água por setores em que os hidrômetros foram instalados.

Técnicas como entrevistas, questionários, observações e diários de registro auxiliam nas estimativas dos usos finais, mas podem gerar informações imprecisas. Por sua vez, as medições específicas fornecem frequência e tempo de uso de cada aparelho sanitário, bem como os usos finais de água. É uma técnica mais precisa, porém mais complexa e demorada, além da

necessidade da instalação de equipamentos específicos para medição do consumo de água. A maioria dos estudos na literatura revisada utilizou análise documental (49%), entrevistas (46%), questionários (38%) e observações diretas (38%). Poucos fizeram uso de técnicas mais precisas para estimar os usos finais de água utilizando sensores de fluxo (19%) ou análise de traço (8%).

## 2.2. Usos finais do consumo de água

O consumo de água é definido pelo somatório do uso da água proveniente dos diferentes aparelhos consumidores internos e externos à edificação (SANT'ANA, 2011). Depende da vazão do aparelho consumidor de água, do tempo de uso e da frequência em que são utilizados pelos usuários nas diversas atividades (OLIVEIRA, 1999). O conhecimento dos consumos específicos decorrentes do uso da água nos diversos pontos de utilização permite priorizar as ações conservadoras de água e quantificar as economias de água futura (ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO, 1998).

Os usos finais de água fornecem informações sobre os padrões de demanda diária, variações sazonais do consumo de água, dados de consumo de água por aparelho consumidor, detecção de vazamentos e informações para o planejamento estratégico (WILLIS *et al.*, 2010). Para isso, envolve um levantamento sobre práticas de uso dos aparelhos que utilizam água. (ODURO-KWARTENG *et al.*, 2009).

A Tabela 3 apresenta estudos que analisaram o uso da água em hospitais. Petterwood e Shridhar (2009), Javitt *et al.* (2020) e Potgieter *et al.* (2020) estimaram o consumo de água para higienização das mãos no processo de preparação cirúrgica; Calza, Nogueira e Siqueira (2012) e Trindade, Buono e Costanzi (2020) levantaram o consumo de água utilizado na lavanderia do hospital e outros estudos obtiveram resultados de consumo de água mais detalhados por desagregarem os usos por setores, atividades desenvolvidas, aparelhos sanitários (bacia sanitária, mictório, chuveiro, lavatório etc.) ou equipamentos (máquina de lavar louça, máquina de lavar roupa etc.) (COLLETT *et al.*, 2016; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020; OLIVEIRA, 1999; PRASETYADI; KOONSRIK, 2020; VACCARI *et al.*, 2017).

Tabela 3 – Caracterização do consumo de água em estabelecimentos de saúde

Referências	País	Período do estudo	N	Caracterização do consumo de água
Oliveira (1999)	Brasil	1996 – 1997	1	Consumo de água por setor
Petterwood e Shridhar (2009)	Austrália	---	1	Consumo de água para higienização das mãos
Calza, Nogueira e Siqueira (2012)	Brasil	2006 – 2007	1	Consumo de água da lavanderia
Collet <i>et al.</i> (2016)	Índia	2016	1	Consumo de água por atividade
Vaccari <i>et al.</i> (2017)	Itália	2014	1	Consumo de água do banheiro
Gaitán e Teixeira (2020)	Brasil	2016 – 2017	1	Consumo de água do banheiro

Javitt <i>et al.</i> (2020)	EUA	2019	1	Consumo de água para higienização das mãos
Potgieter <i>et al.</i> (2020)	África do Sul	---	1	Consumo de água para higienização das mãos
Prasetyadi e Koonsrisuk (2020)	Tailândia	---	1	Consumo de água para atividades médicas, refeitório, banheiro e HVAC
Trindade, Buono e Costanzi (2020)	Brasil	2017	1	Consumo de água da lavanderia

No Brasil, Oliveira (1999) realizou uma auditoria do consumo de água no Instituto do Coração em São Paulo, identificou ineficiências nos sistema hidráulico e elaborou um plano de intervenção voltado à otimização das instalações, por meio da correção de vazamentos e aplicação de equipamentos economizadores de água. O indicador de consumo no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97 foi de 1.618 l/leito/d e após correção de vazamentos, 1.158 l/leito/d. No período histórico de maio/98 a junho/98, o indicador de consumo base foi de 1.382 l/leito/d e após a segunda intervenção (substituição dos equipamentos convencionais por economizadores), 1.171 l/leito/d.

Apesar de não ter caracterizado os usos finais de água, utilizou medições setorizadas com instalação de hidrômetros e verificou que, após correção dos vazamentos e emprego de equipamentos economizadores, os sistemas especiais hidráulicos foram responsáveis por 15,2% do consumo total de água, compreendidos em: sistema de ar condicionado (8,5%), sistema de ar comprimido (1,8%), sistema à vácuo (2,3%), sistema de caldeira (1,2%) e destiladores (1,4%). Medições em setores como leitos, cozinha, lanchonete e ambulatório indicaram um consumo de 12,2%, 10%, 2,3% e 2,1%, respectivamente. No entanto, 57,6% dos usos de água dos demais setores não foram identificados (setor administrativo, laboratórios, centro cirúrgico, vestiários do centro cirúrgico e dos funcionários, biotério, sala de autópsia, entre outros ambientes).

Na Índia, Collet *et al.* (2016) analisaram os padrões de consumo de água de um hospital por meio de observações do comportamento do usuário, leituras de hidrômetro, medições de vazão, análise documental, entrevistas e obtiveram um indicador de consumo de 1.093 l/leito/d. Verificou-se que os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado foram responsáveis pelos maiores usos (36%), seguidos pela bacia sanitária (24%) e lavatório (18%). Entretanto, as medições de vazões e de consumo de água não tiveram seus processos descritos no estudo. Nesse sentido, o método é limitante, pois não apresenta informações suficientes sobre os meios utilizados para estimar os usos finais de água, o que dificulta a replicação dos procedimentos e a validação dos resultados.

Por sua vez, Vaccari *et al.* (2017) realizaram auditorias de consumo de água em um hospital no norte da Itália para avaliar a gestão dos resíduos sólidos e águas residuais. Verificaram que o maior consumo de água de um hospital no norte da Itália foi devido a usos domésticos, 85% (bacias sanitárias, pias, lavatórios e bidês), enquanto apenas 15% resultaram dos usos não domésticos (preparação de alimentos, autoclaves, lavadora de comadre e tratamento osmótico). No entanto, selecionaram apenas 4 setores do hospital para realização das auditorias do consumo de água (cantina, diálise, enfermaria e esterilização) e estimaram os usos finais a partir de dados de consumo da literatura. Nesse sentido, o estudo não realizou uma auditoria detalhada para identificar os padrões de consumo e caracterizar os usos finais de água.

Em São Paulo, no Hospital Universitário de São Carlos, Gaitán e Teixeira (2020) estimaram o potencial de conservação de água pelo emprego de equipamentos economizadores e pelo aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis baseado em suposições de usos finais de água de edificações comerciais e industriais apresentadas por GLEICK *et al.* (2003), o que pode não representar a realidade do consumo de água por uso final deste hospital público.

Na Tailândia, Prasetyadi e Koonsrisuk (2020) analisaram o consumo de água correlacionado ao consumo de energia para propor um método de conservação de energia considerando os fatores hídricos de um hospital Universitário. No entanto, estimaram o consumo de água utilizado nas atividades médicas e nos banheiros a partir de indicadores de consumo de outros estudos. O consumo de água do sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) foi estimado a partir de simulações do sistema, e o restante do consumo diário, registrado por medições diárias do hidrômetro do edifício, foi atribuído ao consumo do refeitório.

Verificou-se uma diversidade dos padrões de consumo de água entre os diferentes estudos dependendo da estrutura física do estabelecimento, número de funcionários e número de atendimentos realizados. O que sugere a necessidade de explorar de maneira mais aprofundada os padrões de consumo de água para os diferentes tipos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Há uma limitação com relação aos dados de usos finais de água. A maioria dos estudos analisou os padrões de consumo de água de setores específicos, além de utilizarem indicadores de consumo de outras pesquisas ou dados fornecidos por fabricantes. Outros não realizaram uma auditoria de consumo detalhada ou não apresentaram informações suficientes para validar os resultados.

### 2.3. Previsão da demanda de água

A previsão da demanda de água é essencial para a gestão do abastecimento (HERRERA *et al.*, 2010) à medida que a disponibilidade hídrica torna-se mais incerta e a sociedade encontra-se mais vulnerável aos riscos relacionados ao abastecimento de água (AWWA, 2012).

Muitas vezes, profissionais da construção civil e gestores prediais fazem uso de técnicas simples de previsão de demanda, multiplicando o indicador de consumo de água per capita pela população projetada com a finalidade de obter uma previsão da demanda de água total (BILLINGS; JONES, 2008). No entanto, a ausência de estimativas mais precisas de demanda promovem o superdimensionamento de sistemas de água e esgoto, podendo levar ao uso ineficiente de insumos e recursos naturais, ou até mesmo dificultar a sua adaptação dos sistemas com vistas à otimização (WONG; MUI, 2018).

Os modelos de previsão de demanda de água são capazes de apresentar uma base de dados mais confiável para estimar a demanda urbana de água (BILLINGS; JONES, 2008), e os tipos de previsões de demanda podem variar em função das diferentes escalas temporais. A previsão de curto prazo é desenvolvida para a operação e o gerenciamento de sistemas de abastecimento de água e a previsão de longo prazo, para o planejamento e projeto (HERRERA *et al.*, 2010). Vários são os fatores que têm um impacto significativo sobre a demanda de água, entre eles, as variáveis de população, clima, tecnologia, preços e programas de conservação (BILLINGS; JONES, 2008).

Para alcançar uma maior precisão na previsão da demanda de água é essencial analisar os usos finais de água. Os usos finais de água em conjunto com indicadores sociodemográficos, fatores comportamentais e dados catalogados auxiliam no desenvolvimento de modelos mais robustos capazes de prever a demanda urbana de água (MAKKI *et al.*, 2013).

#### 2.3.1. Indicadores de consumo de água

Os indicadores de consumo permitem analisar e comparar o desempenho das edificações em relação ao uso da água (BATISTA *et al.*, 2020) e variam em função dos locais em estudo, tipo de estabelecimento, ano de construção, número de usuários, número de funcionários, áreas verdes existentes (GONZÁLEZ *et al.*, 2016) e áreas construídas (BATISTA *et al.*, 2020).

Indicador de consumo (IC) é a relação entre o volume de água consumido por um determinado período de tempo e o número de agentes consumidores (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). O agente consumidor é a variável mais significativa do consumo de água e depende da tipologia e características funcionais do edifício. Nos hospitais, o agente

consumidor pode ser definido pelo número de leitos ou número de pessoas (população fixa e população flutuante) (OLIVEIRA, 1999).

Geralmente, a variável utilizada nessa tipologia é o número de leitos devido à dificuldade de contabilização da população flutuante (ILHA; NUNES; SALERMO, 2006). Segundo Oliveira (1999), o número de leitos funcionantes é o mais representativo devido aos funcionários estarem a serviço dos pacientes. No entanto, o monitoramento do uso da água também pode fazer uso de outras variáveis, como área construída e número de funcionários (BATISTA *et al.*, 2020; GOMES; BITTAR; FERNANDES, 2016).

Para calcular o IC devem ser desconsiderados valores atípicos de consumo mensal no período histórico, no qual são registrados apenas durante um mês específico e, ainda, pode ter mais de um indicador de consumo para a mesma edificação devido à diversidade de hábitos dos usuários (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). Ressalta-se que o indicador pode sofrer grandes variações quando o consumo de água não é controlado na edificação, em consequência do desperdício de água (GONÇALVES; KALBUSCH; HENNING, 2018).

Na literatura revisada, as variáveis utilizadas foram: número de leitos, área construída, número de funcionários, número de consultas e exames. A partir de uma amostra de 307 estabelecimentos, observou-se que mais da metade dos estudos de caso limitaram-se a investigar o consumo predial de água para apenas um estabelecimento assistencial de saúde (58,82%). Apenas um estudo apresentou uma amostragem significativa com 179 estabelecimentos, analisando hospitais públicos e unidades locais de saúde em 12 províncias na Itália (D’ALESSANDRO *et al.*, 2016). A Tabela 4 apresenta os dados secundários coletados neste processo de revisão e destaca as características operacionais e de ocupação dos estabelecimentos, bem como o consumo predial anual.

Os estudos prévios compreenderam o período de 1996 a 2017, apresentaram 17 a 1709 leitos, 51 a 5.811 funcionários, 49.967 a 384.087 consultas e exames, 1.336 m<sup>2</sup> a 352.679 m<sup>2</sup> de área construída e 741 m<sup>3</sup>/ano a 271.270 m<sup>3</sup>/ano de consumo predial de água.

Tabela 4 – Características operacionais, de ocupação e consumo

Referências	País	Período do estudo	N	Leitos	Funcionários	Consultas e exames/ano	Área construída m <sup>2</sup>	Consumo predial m <sup>3</sup> /ano
<b>Países desenvolvidos</b>								
Dettenkofer <i>et al.</i> (2000)	Alemanha	2000	1	1.709	5.493	384.087	352.679	----
Ferreira (2009)	Portugal	2004 – 2008	1	265	----	----	----	91.928
Rajagopalan e Elkadi (2014)	Austrália	2011	3	----	----	----	1.336 – 3.292	741 – 2.737
D’Alessandro <i>et al.</i> (2016)	Itália	2013	179	17 – 1.530	----	----	----	175.565
González <i>et al.</i> (2016)	Espanha	2005 – 2012	10	48 – 1.075	300 – 5.811	----	6.683 – 175.000	8.184 – 271.270
			10	39 – 200	237 – 643	----	7.330 – 33.989	9.889 – 40.147
García-Sanz-Calcedo <i>et al.</i> (2017)	Espanha	2010 – 2014	13	43 – 508	----	----	13.300 – 66.326	----
Gómez-Chaparro, García-Sanz								
Calcedo e Armenta (2018)	Espanha	2009 – 2016	14	20 – 194	----	----	2314 – 23300	----
González, García-Sanz								
Calcedo e Salgado (2018)	Alemanha	2005 – 2015	19	45 – 1.003	51 – 2.793	----	3.187 – 150.993	----
<b>Países em desenvolvimento</b>								
Oliveira (1999)	Brasil	1996 – 1997	1	314	----	----	48.136	185.785
Armas (2002)	Cuba	---	1	588	----	----	----	----
Mohee (2005)	Ilhas Maurício	2005 – 2015	1	435	----	----	----	204.400
Ilha, Nunes e Salermo (2006)	Brasil	2001 – 2003	1	401	3.333	178.916	98.690	152.328
Calza, Nogueira e Siqueira (2012)	Brasil	2006 – 2007	1	200	----	58.080	17.369	----
Collet <i>et al.</i> (2016)	Índia	2016	1	183	----	----	----	73.000
Gomes, Bittar e Fernandes (2016)	Brasil	2011 – 2013	49	77 – 1.200	----	----	----	----
Oliveira, Viana e Castoñon (2017)	Brasil	2011 – 2015	1	618	----	----	121.721	----
Buono (2018)	Brasil	2017	1	303	2.222	49.967	53.537	89.531



Na Alemanha, foram verificados os maiores números de leitos, consultas e exames e áreas construídas. O resultado pode ser justificado pelo fato de o estudo ter sido realizado em um dos maiores hospitais alemães (DETTENKOFER *et al.*, 2000).

Na Austrália, foram identificadas as menores áreas construídas e consumos prediais. Rajagopalan e Elkadi (2014) analisaram estabelecimentos de saúde de médio porte, que se encontram entre os hospitais comunitários e de cuidados mentais, e os centros de saúde e clínicas. Destaca-se que o horário de funcionamento dos estabelecimentos era apenas diurno as e áreas construídas variaram entre 1.000 e 4.000 m<sup>2</sup>.

Na Espanha, foi observado o maior número de funcionários e consumo predial. Na Itália também foi verificado um alto número de leitos, no entanto o consumo predial não foi tão elevado quanto nos demais países devido ao uso de medidas de redução do consumo e desperdício de água. O consumo diário variou entre 30 e 2.280 m<sup>3</sup>/dia, dependendo do porte do estabelecimento (unidades locais de saúde e hospitais com alta complexidade) e o consumo médio foi de 481 m<sup>3</sup>/dia.

Por outro lado, nos países em desenvolvimento, foi identificado um elevado consumo nas Ilhas Maurício (204.400 m<sup>3</sup>/ano) quando comparado à quantidade de leitos (435). No Brasil, os resultados obtidos com as variáveis número de leitos, número de funcionários e consumo predial encontram-se entre os maiores índices entre os demais países. Em geral, destaca-se que a maioria dos estudos não apresentaram informações sobre o número de consultas e exames e poucos apresentaram dados referentes ao número de funcionários.

Apoiado nos dados de consumo base dos estudos prévios que analisaram o consumo de água em hospitais foi possível gerar indicadores de consumo de água por leito (litro/leito/dia), por área construída (litro/m<sup>2</sup>/dia) e por funcionário (litro/fun/dia), Tabela 5. Ressalta-se que o consumo base foi identificado antes das ações de intervenção nos sistemas hidráulicos dos edifícios.

Tabela 5 – Indicadores de consumo de água

Referências	País	Indicadores de consumo		
		litro/leito/dia	litro/m <sup>2</sup> /dia	litro/fun/dia
<b>Países desenvolvidos</b>				
Dettenkofer <i>et al.</i> (2000)	Alemanha	397,00	----	----
Ferreira (2009)	Portugal	950,41	----	----
Rajagopalan e Elkadi (2014)	Austrália	----	0,63 – 3,75	----
D’Alessandro <i>et al.</i> (2016)	Itália	1255,86	----	----
González <i>et al.</i> (2016)	Espanha	536,58	4,36	147,10
García-Sanz-Calcedo <i>et al.</i> (2017)	Espanha	720,05	4,52	----
Gómez-Chaparro, García-Sanz Calcedo e Armenta (2018)	Espanha	309,56	3,51	128,49

González, García-Sanz Calcedo e Salgado (2018)	Alemanha	283,29	3,29	172,38
<b>Países em desenvolvimento</b>				
Oliveira (1999)	Brasil	1618,00	----	----
Armas (2002)	Cuba	1313,00	----	----
Mohee (2005)	Ilhas Maurício	644,49	----	----
Ilha, Nunes e Salermo (2006)	Brasil	1326,79	----	----
Calza, Nogueira e Siqueira (2012)	Brasil	1242,99	----	----
Collet <i>et al.</i> (2016)	Índia	1092,90	----	----
Gomes, Bittar e Fernandes (2016)	Brasil	893,32 – 1156,90	7,01 – 9,89	----
Oliveira, Viana e Castoñon (2017)	Brasil	660,00	----	----
Buono (2018)	Brasil	809,10	----	----

Os indicadores de consumo predial foram apresentados de forma diferenciada entre os estudos. Alguns relataram seus resultados usando diferentes grandezas temporais (dia *vs.* ano) e de volume (litro *vs.* m<sup>3</sup>). Por esse motivo, os indicadores foram padronizados utilizando os parâmetros litro/leito/dia, litro/m<sup>2</sup>/dia e/ou litro/fun/dia para facilitar a comparação entre os estudos revisados. A maioria utilizou a variável leito (n<sup>1</sup> = 16), outros empregaram a variável área construída (n = 6) ou número de funcionários (n = 3).

Os resultados indicaram um mínimo de 283,29 litro/leito/dia e um máximo de 1.618,00 litro/leito/dia, mínimo de 0,63 litro/m<sup>2</sup>/dia e máximo de 9,89 litro/m<sup>2</sup>/dia, e mínimo de 128,49 litro/fun/dia e máximo de 172,38 litro/fun/dia. Os maiores indicadores de consumo (litro/leito/dia e litro/m<sup>2</sup>/dia) foram resultantes dos países em desenvolvimento.

Apenas os países desenvolvidos utilizaram a variável número de funcionários para avaliar o consumo. O maior indicador por funcionário foi registrado na Alemanha, 172,38 litro/fun/dia. Ressalta-se que García Sanz-Calcedo *et al.* (2017) não consideraram o número de funcionários no hospital como uma variável, uma vez que os dados tiveram grandes flutuações ao longo do ano.

O Brasil obteve o maior indicador de consumo por leito, equivalente a 1.618,00 litro/leito/dia (consumo base). Esse dado foi procedente do diagnóstico de consumo de água no Instituto do Coração em São Paulo, e que o indicador reduziu para 1.158 litro/leito/dia após intervenções para correções de vazamentos no estabelecimento. O maior indicador de consumo por área construída também foi identificado no Brasil, 9,89 litro/m<sup>2</sup>/dia, pelo estudo realizado em 40 hospitais públicos na cidade de São Paulo.

<sup>1</sup> n = Número de estudos prévios

### 2.3.2. Modelos de previsão de demanda urbana de água

Conforme abordado, os indicadores de consumo de água são utilizados para prever o consumo, especificar componentes hidráulicos (bombas, válvulas redutoras, medidores e outros) e dimensionar reservatórios ou sistemas de distribuição de água. No entanto, modelos de previsão de demanda urbana de água podem proporcionar uma maior precisão de previsão aos planejadores urbanos. Para avaliar modelos de previsão de demanda de água, estudos prévios fizeram uso de análises estatísticas e identificaram a correlação entre o consumo predial de água de hospitais e variáveis independentes.

A variável consumo de água foi correlacionada com as variáveis: número de leitos, área construída, número de funcionários, número de altas hospitalares, número de cirurgias com hospitalização, número de internações e número de atendimentos de emergência. Verificou-se que apenas um estudo avaliou a relação entre outras atividades de saúde com o consumo de água (GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018), e os demais concentraram-se em relacionar o consumo de água com o número de leitos, área construída e número de funcionários.

A Tabela 6 apresenta os dados coletados neste processo de revisão de literatura por país e tipo de estabelecimento, apresenta o número de amostras (N) e as análises estatísticas realizadas para compor as equações de previsão de demanda de água. Armas (2002) identificou uma distribuição normal dos dados, homogeneidade das variâncias e obteve uma correlação linear moderada entre o consumo de água e o número de leitos. No entanto, não apresentou um modelo de previsão de demanda, apenas indicador de consumo de água por leito.

González *et al.* (2016) indicaram uma forte correlação entre o consumo de água e: número de leitos e número de funcionários, sendo que a correlação com a variável número de leitos foi a mais elevada entre os três indicadores analisados para estimar o consumo de água.

Com uma análise de variância (ANOVA) e dados agrupados por categorias: tipo de gestão (público ou privado), produto interno bruto (PIB), graus-dia de aquecimento por ano, categoria hospitalar dependendo do número de leitos, localização geográfica e intervalo de anos, foram verificadas diferenças estatísticas significativas para o indicador número de leitos (categorias: tipo de gestão, graus-dia de aquecimento por ano e localização geográfica) e para o indicador área construída (categorias: hospitalar, graus-dia de aquecimento por ano e intervalo de anos). Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os indicadores de consumo e o PIB, o que indica que não há nenhuma correlação direta do PIB com o consumo de água conforme variáveis analisadas (área construída, número de funcionários e número de leitos).

Tabela 6 – Análises estatísticas para prever a demanda de água

Referência	País	N	Análise estatística	Correlação	Análise de variância (ANOVA)
Armas (2002)	Cuba	1	Análise de correlação Teste de Kolmogorov-Smirnov Teste de Fisher	consumo de água x n° de leitos ( $R^2 = 0,776$ )	---
González <i>et al.</i> (2016)	Espanha	10 10	Análise de correlação Análise de variância (ANOVA) Teste de Levene	consumo de água x área construída ( $R^2 = 0,8417$ ) consumo de água x n° de funcionários ( $R^2 = 0,9046$ ) consumo de água x n° de leitos ( $R^2 = 0,9172$ )	<b>Tipo de gestão:</b> Indicador n° de leitos: $p = 0,03$ <b>Produto interno bruto (PIB):</b> Não foram obtidos resultados significativos para os indicadores analisados <b>Graus-dia de aquecimento por ano:</b> Indicador n° de leitos: $p = 0,03$ <b>Categoria hospitalar:</b> Indicador área construída: $p = 0,01$ <b>Localização geográfica:</b> Indicador n° de leitos: $p = 0,01$ <b>Intervalo de anos:</b> Indicador área construída: $p = 0,03$
García-Sanz-Calcedo <i>et al.</i> (2017)	Espanha	13	Análise de correlação Análise de sensibilidade	área construída x n° de leitos ( $R^2 = 0,8975$ ) n° de leitos x área construída por leito ( $R^2 = 0,7418$ ) consumo de água x área construída ( $R^2 = 0,9645$ ) consumo de água x n° de leitos ( $R^2 = 0,9356$ )	---
Gómez-Chaparro, García-Sanz Calcedo e Armenta (2018)	Espanha	14	Análise de correlação Análise de sensibilidade Análise de variância (ANOVA) Teste Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk	consumo de água x área construída ( $R^2 = 0,8815$ ) consumo de água x n° de funcionários ( $R^2 = 0,804$ ) consumo de água x n° de leitos ( $R^2 = 0,8749$ ) consumo de água x altas hospitalares ( $R^2 = 0,8466$ ) consumo de água x n° anual de cirurgias com hospitalização ( $R^2 = 0,8054$ ) consumo de água x n° de atendimentos de emergência ( $R^2 = 0,705$ ) consumo de água x n° de internações ( $R^2 = 0,9155$ )	N° de leitos: $p = 0,0029$ (Área construída $\geq 100$ m <sup>2</sup> ) N° de funcionários: $p = 0,033$ (Área construída $\geq 100$ m <sup>2</sup> ) N° de altas hospitalares: $p = 0,021$ N° de cirurgias: $p = 0,001$ N° de cirurgias ambulatoriais: $p = 0,002$ N° de endoscopias: $p = 0,0008$ N° de exames laboratoriais: $p = 0,011$ N° de atendimentos de emergência: $p = 0,003$ N° de internações: $p = 0,029$
González, García-Sanz Calcedo e Salgado (2018)	Alemanha	19	Análise de correlação Análise de variância (ANOVA de duas vias) Teste de Levene	consumo de água x área construída ( $R^2 = 0,6612$ ) consumo de água x n° de funcionários ( $R^2 = 0,6990$ ) consumo de água x n° de leitos ( $R^2 = 0,9595$ )	<b>Localização geográfica - categoria hospitalar</b> Indicador área construída: $p = 0,03$ (localização geográfica) e $p = 0,02$ (categoria hospitalar) Indicador n° de funcionários: $p = 0,01$ (categoria hospitalar) Indicador n° de leitos: $p = 0,00$ (categoria hospitalar) <b>Localização geográfica - aquecimento em graus-dia no ano:</b> Indicador n° de leitos: $p = 0,04$ (aquecimento em graus-dia no ano) <b>Localização geográfica - frio em graus-dia no ano</b> Não foram obtidos resultados significativos para os indicadores analisados

Garcia Sanz-Calcedo *et al.* (2017) concluíram que há uma forte correlação entre área construída e número de leitos e uma correlação moderada entre o número de leitos e área construída por leito, o que indica que as variáveis área construída e número de leitos influenciam no consumo de água.

Gómez-Chaparro, García Sanz-Calcedo e Armenta (2018) verificaram uma correlação forte entre o consumo de água e: número de funcionários, número de leitos, área construída, altas hospitalares, número anual de cirurgias e número de internações. Entretanto, observou-se uma correlação fraca entre o consumo de água e o número de atendimentos de emergência. Não foram encontrados valores aceitáveis para correlação entre o consumo de água e as variáveis: número de endoscopia, número de testes laboratoriais, número de nascimentos e o número de cirurgias de ambulatório.

A análise de variância (ANOVA) indicou que os hospitais com áreas construídas superiores a 100 m<sup>2</sup> por leito apresentaram um consumo mais elevado do que aqueles com áreas menores do que 100 m<sup>2</sup> por leito, e, também, um número mais elevado de funcionários. Não foram observadas diferenças significativas na relação entre o consumo de água e: ano de construção e localização geográfica, assim como, entre os custos do consumo de água e consumo de água por: leito, área construída ou pelo número de funcionários. Foram verificadas diferenças significativas entre consumo de água e: número de altas hospitalares, número anual de cirurgias hospitalares e ambulatoriais, número de endoscopias, número anual de exames laboratoriais, número anual de atendimentos de emergência, número de internações hospitalares e número anual de pacientes ambulatoriais.

González, García Sanz-Calcedo e Salgado (2018) identificaram uma correlação fraca entre o consumo de água e: área construída e número de funcionários, e uma forte correlação entre o consumo de água e o número de leitos, indicando que o consumo de água tem uma relação de dependência com o número de leitos.

Com uma análise de variância (ANOVA) e dados agrupados por categorias: localização geográfica e categoria hospitalar, localização geográfica e graus-dia de aquecimento por ano e localização geográfica e graus-dia de resfriamento por ano, verificou-se diferenças estatísticas significativas para o indicador área construída (categorias: localização geográfica e categoria hospitalar). Ou seja, ambas categorias influenciaram no consumo de água por área construída.

Também foram verificadas diferenças significativas para o indicador número de funcionários (categoria hospitalar) e número de leitos (categoria hospitalar e graus-dia de aquecimento por ano). Quanto à investigação da categoria localização geográfica – graus-dia

de resfriamento por ano, não foi identificado nenhuma relação direta entre o consumo de água e área construída, número de funcionários ou número de leitos em um hospital.

Em geral, os resultados evidenciaram uma forte correlação entre consumo de água e número de leitos (GARCÍA SANZ-CALCEDO *et al.*, 2017; GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016; GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018) e correlação moderada entre as mesmas variáveis (ARMAS, 2002). Foi identificado uma forte correlação entre o consumo de água e área construída (GARCÍA SANZ-CALCEDO *et al.*, 2017; GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016).

Por sua vez, González, García Sanz-Calcedo e Salgado (2018) identificaram uma correlação moderada entre consumo de água e área construída. Os resultados apresentaram uma forte correlação entre consumo de água e o número de funcionários (GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016) e correlação moderada entre as mesmas variáveis (GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018). Por outro lado, García Sanz-Calcedo *et al.* (2017) não consideraram a variável número de funcionários uma vez que os dados variaram ao longo do ano.

González *et al.* (2016) verificaram que a variável que melhor correlacionou com o consumo de água foi o indicador número de leitos e, ainda, mostrou que há uma tendência do aumento do consumo de água em hospitais com maior número de leitos. Por um lado, Gómez-Chaparro, García Sanz-Calcedo e Armenta-Márquez (2018) identificaram que os hospitais com maiores áreas construídas por leito apresentaram consumos mais elevados. Por outro lado, García Sanz-Calcedo *et al.* (2017) observaram que hospitais menores consomem mais água por leito e por área construída do que os maiores. Diferentemente dos estudos anteriores, destacaram que à medida que há um aumento do número de leitos e/ou área construída, o consumo de água diminui.

Ressalta-se que apenas um dos estudos revisados correlacionou o consumo de água com atividades de saúde (GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018). Os resultados evidenciaram fortes correlações entre o consumo anual de água e número de altas hospitalares, número anual de cirurgias com hospitalização e número de internações. Foi verificado que os hospitais com maior número de atividades apresentaram consumos mais elevados. Portanto, essas variáveis também podem ser contabilizadas para prever o consumo de água em hospitais.

Com relação às análises de variância, os resultados mostraram diferenças significativas para as variáveis número de leitos, área construída e número de funcionários dependendo das

categorias em que as amostras foram classificadas em cada estudo. Verificou-se uma relação direta entre o consumo de água e o número de leitos (GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016; GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018), entre consumo de água e área construída (GONZÁLEZ *et al.*, 2016; GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018) e entre consumo de água e número de funcionários (GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018).

A Tabela 7 reúne os modelos de previsão de demanda de água obtidos com a literatura revisada. Os estudos identificados foram realizados em países desenvolvidos e fizeram uso de técnicas estatísticas fundamentadas em regressões lineares para gerar modelos de previsão de demanda de água. Ressalta-se que García Sanz-Calcedo *et al.* (2017) propuseram modelos de previsão mas não analisaram as variâncias para avaliar a qualidade do ajuste do modelo de regressão linear.

Os modelos foram construídos utilizando uma pequena amostragem de estabelecimentos assistenciais de saúde (hospitais) e apenas três aplicaram testes estatísticos para verificar se as variáveis independentes eram significativas para o modelo de previsão de demanda de água para os estabelecimentos assistenciais de saúde. Outro fator limitante, está no fato de que os modelos existentes são baseados na realidade europeia (Espanha e Alemanha). Apesar de a grande maioria dos estudos analisados correlacionarem o consumo de água de hospitais com número de leitos, área construída e número de funcionários, os modelos gerados apresentam uma equação por variável independente de forma separada.

Tabela 7 – Modelos de previsão de demanda de água

Referências	País	Modelo de Previsão
González <i>et al.</i> (2016)	Espanha	$(198,77 \times \text{n}^\circ \text{ de leitos}) + 3.284$ $(1,30 \times \text{área construída}) + 11.791$ $(38,26 \times \text{n}^\circ \text{ de funcionários}) + 15.221$
García-Sanz-Calcedo <i>et al.</i> (2017)	Espanha	$(165 \times \text{n}^\circ \text{ de leitos}) + 12.100$ $(1.568 \times \text{área construída}) + 2.400$
Gomez-Chaparro, García-Sanz Calcedo e Armenta (2018)	Espanha	$(139,58 \times \text{n}^\circ \text{ de leitos}) - 2.076$ $(1.014 \times \text{área construída}) + 2.055$ $(38,23 \times \text{n}^\circ \text{ de funcionários}) + 1.723$ $3,65 \times (\text{n}^\circ \text{ de altas hospitalares}) ^ 0,925$ $1,60 \times (\text{n}^\circ \text{ de cirurgias com hospitalização}) ^ 1,111$ $15,18 \times (\text{n}^\circ \text{ de internações}) ^ 0,677$ $0,23 \times (\text{n}^\circ \text{ de atendimentos de emergência}) ^ 1,051$
González, García-Sanz Calcedo e Salgado (2018)	Alemanha	$(127,01 \times \text{n}^\circ \text{ de leitos}) + 4.580$ $(1,01 \times \text{área construída m}^2) + 7.693$ $(51,97 \times \text{n}^\circ \text{ de funcionários}) + 9.013$

## 2.4. Síntese do capítulo

Conforme abordagem do capítulo, diferentes técnicas podem ser utilizadas para realização de uma auditoria do consumo de água. Cada estudo analisado fez uso de uma ou mais técnicas em conjunto para obter as informações sobre o uso da água. Tendo em vista a carência de dados de usos finais de água em estabelecimentos assistenciais de saúde, as técnicas apresentadas podem ser utilizadas para construção de um método o qual poderá ser aplicado a cada tipologia de saúde.

A caracterização dos usos finais de água fornece dados relativos ao consumo, vazão, frequência e duração de uso de água por aparelho hidrossanitário. Esses dados são importantes para obtenção de estimativas mais precisas dos usos da água e podem auxiliar na avaliação de programas de conservação de água.

As pesquisas realizadas até o momento focaram na análise de um único tipo de estabelecimento assistencial de saúde (Hospitais) em países desenvolvidos (Espanha e Alemanha), correlacionando número de leitos, área construída e número de funcionários com consumo predial de água separadamente, gerando modelos de previsão de demanda de água desagregados, um para cada variável analisada.

Verificou-se que as variáveis predominantes nas análises estatísticas para prever a demanda de água em hospitais foram: número de leitos, área construída e número de funcionários. A variável que melhor se relacionou com o consumo de água foi o número de leitos, indicando uma tendência do aumento do consumo de água em estabelecimentos assistenciais de saúde quando o número de leitos for elevado.

No entanto, outras variáveis relacionadas às atividades de saúde também devem ser avaliadas. Variáveis relacionadas às atividades e serviços de saúde nos países em desenvolvimento podem indicar diferentes padrões de consumo nos diferentes tipos de estabelecimentos. Pois, além de hospitais, o Brasil possui diferentes tipos de edificações, como unidades básicas de saúde e unidades de pronto atendimento (cada um prestando diferentes tipos de serviços de saúde), sendo necessárias novas pesquisas nestas tipologias para análise do consumo e modelagem da demanda de água.

Apesar da limitação do número de amostragem de estudos prévios, verificou-se que o consumo de água tem forte correlação com o número de leitos, área construída e número de funcionários. Destaca-se que não é indicado prever a demanda de água dos estabelecimentos apenas pelo uso de indicadores de consumo de água e que os modelos matemáticos são essenciais para otimizar a previsão da demanda.



Em geral, os modelos de previsão de demanda propostos por estudos prévios podem ser aplicados apenas para estabelecimentos locais, ou com padrões de consumo de água similares. No entanto, a inclusão de uma maior amostragem e tipologias variadas (unidades básicas de saúde, unidades de pronto atendimento e hospitais) poderão ter uma maior representatividade estatística e possibilitar que os resultados sejam extrapolados para prever a demanda de água de novos estabelecimentos assistenciais de saúde.

### **3. CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM ESTABELECEMENTOS DE SAÚDE**

Este capítulo apresenta as possíveis estratégias voltadas à conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde e as respectivas análises financeiras. Com isso, busca identificar o potencial de redução do consumo de água potável, os custos e os benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável para avaliar soluções que trarão os maiores benefícios ambientais e financeiros para cada tipo de estabelecimento.

#### **3.1. Estratégias conservadoras da água**

A conservação de água é considerada como uma prática de menor custo para atender a demanda de uma população em crescimento e ainda, proporcionar significativas economias a longo prazo nas contas de água e esgoto (BILLINGS; JONES, 2008). A prática da conservação de água fornece benefícios ambientais e financeiros (MEADE; GONZALEZ-MOREL, 1999; STURMAN; HO; MATHEW, 2004).

Além da proteção do meio ambiente e dos mananciais, os benefícios ambientais estão relacionados à redução da quantidade de produtos químicos, consumo de energia e demais insumos utilizados na produção de água potável, e na coleta e tratamento de esgotos. Já os benefícios financeiros, estão ligados à redução dos custos associados às operações de produção de água, abastecimento e manutenção (MEADE; GONZALEZ-MOREL, 1999).

##### **3.1.1. Equipamentos economizadores de água**

O emprego de equipamentos economizadores de água pode ser considerado como uma estratégia para redução do consumo de água potável nas edificações. Os equipamentos têm a função de reduzir o consumo de água independentemente da ação ou mudança de comportamento do usuário e devem ser implementados quando o sistema hidráulico não apresentar nenhuma perda de água por vazamento (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005).

Apresentam características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção (PRADO; ALBUQUERQUE, 2003) e devem ser escolhidos conforme sua finalidade e hábitos de consumo dos usuários envolvidos (LAMBERTS *et al.*, 2010). Para tanto, devem ser avaliadas as especificações técnicas e consideradas questões relacionadas ao conforto do usuário, atividade desenvolvida, risco de contaminação, facilidade de instalação e manutenção, pressão hidráulica nos pontos de utilização, entre outros (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005).

Antes da substituição de equipamentos convencionais por economizadores de água em edificações existentes é de fundamental importância a análise da viabilidade técnica e financeira de acordo com o consumo dos usos finais de água (LAMBERTS *et al.*, 2010). A Tabela 8 apresenta uma variedade de equipamentos disponíveis comercialmente no mercado brasileiro.

Tabela 8 – Equipamentos economizadores de água

<b>Equipamentos economizadores</b>	<b>Funcionamento</b>
Restritor de vazão	Dispositivo instalado no aparelho hidráulico temporizado para limitar a vazão de água
Arejador	Dispositivo regulador de fluxo destinado a promover o direcionamento do fluxo, com a incorporação de ar à água
Regulador	Dispositivo instalado em chuveiros, torneiras e descargas para regular a vazão de água
<b>Torneira</b>	
Torneira temporizada de pressão	Acionamento automático temporizado (sistema hidromecânico)
Torneira com sensor de presença	Acionamento automático eletrônico por sensor
Torneira de pré-lavagem, com flexível e chuveiro	Acionamento manual. Indicadas para utilização profissional intensiva (cozinhas, peixarias, indústria alimentar e outros). Os chuveiros são equipados com um difusor que limitam a retenção de água e evitam a multiplicação dos germes.
Torneira com acionamento por pedal	Acionamento por pedal mecânico com fechamento automático
<b>Válvula de descarga para bacia sanitária</b>	
Válvula com volume de descarga reduzido	Tecnologia de duplo acionamento por meio de dois botões que acionam a quantidade de água a ser utilizada (3 e 6 litros)
Válvula de descarga com sensor de presença	Acionamento automático eletrônico por sensor
Válvula de controle de fluxo fixo	Função de regular a pressão ou o fluxo de um fluido
<b>Válvula para mictório</b>	
Válvula de mictório com fechamento	Acionamento automático temporizado (sistema hidromecânico)
Válvula de mictório com sensor de presença	Acionamento automático eletrônico por sensor
<b>Chuveiro</b>	
Chuveiro com vazão reduzida	Dispositivo instalado no chuveiro (restritor ou redutor) para limitar a vazão de água
Chuveiro com entrada de ar	Permite a mistura de ar e água para proporcionar maior economia de água
Válvula para chuveiro com fechamento automático	Acionamento automático temporizado (sistema hidromecânico)

Fonte: DECA (2017); DOCOL (2017); DRACO (2019); FABRIMAR (2018)

Alguns equipamentos são mais adequados para uso comercial e público, como torneiras hidromecânicas e torneiras com sensor. O sistema de funcionamento hidromecânico é aquele acionado manualmente e o fechamento ocorre após determinado tempo, e o sistema de funcionamento por sensor controla o fluxo de água por meio de sensores de presença por um tempo pré-ajustado (PRADO; ALBUQUERQUE, 2003).

Nos estabelecimentos assistenciais de saúde, os lavatórios, pias e lavabos cirúrgicos (exclusivo para o preparo cirúrgico das mãos e antebraço) devem possuir torneiras ou comandos que dispensem o contato das mãos para o fechamento. Nos lavabos cirúrgicos, a torneira não pode ser do tipo de pressão com temporizador e na lavanderia deve-se usar máquinas de lavar de porta dupla ou de barreira (BRASIL, 2002).

De acordo com a NBR 13713 (2009), os aparelhos automáticos acionados mecanicamente devem apresentar temporização do ciclo de funcionamento, vazão mínima e volume máximo de água por ciclo, Tabela 9. Além desses equipamentos, o uso de máquinas de lavar roupas com alta eficiência também é indicado. A Tabela 10 apresenta alguns modelos disponíveis comercialmente.

Tabela 9 – Vazão mínima, tempo do ciclo de funcionamento e volume máximo de água por ciclo

Tipo de aparelho automático acionado mecanicamente	Vazão (l/s)		Tempo de ciclo (s)		Volume máximo de água por ciclo (l)
	Mínima	Mínimo	Máximo	Máximo	
Aparelhos automáticos para lavatório	0,04	4	10	10	1,2
Válvulas para mictório	0,07	4	10	10	1,5
Válvulas para chuveiro	0,10	18	50	50	12,5

Fonte: Adaptado de NBR 13713 (ABNT, 2009)

Tabela 10 – Máquina de lavar roupas com alta eficiência

Capacidade de roupas secas por carga (Kg)	Consumo de água (l/ciclo lavagem)								
	Baumer <sup>a</sup>		Maltec <sup>b</sup>			Rufino <sup>c</sup>		Suzuki <sup>d</sup>	
	Nível baixo	Nível alto	Nível baixo	Nível médio	Nível alto	Nível baixo	Nível alto	Nível baixo	Nível alto
50	180	220	---	---	---	150	200	---	---
60	---	---	180	240	300	---	---	300	420
100	338	432	300	400	500	---	---	---	---
120	---	---	---	---	---	---	---	600	840
140	---	---	420	560	700	---	---	700	980
200	650	1050	---	---	---	---	---	---	---
240	---	---	720	960	1200	---	---	1200	1680

Fonte: Baumer (2021) a; Maltec (2021) b; Rufino (2019) c; Suzuki (2019)

O processo de lavagem das roupas dos estabelecimentos de saúde depende do grau de sujidade (leve ou pesada), tipo de tecido e cor (BRASIL, 1986). As fases do processo de lavagem incluem: umectação, enxágues, pré-lavagem, alvejamento, enxágues, acidulação e amaciamento. No entanto, para cada grau de sujidade são utilizados ciclos específicos de lavagem: para roupas com sujidade pesada (ciclo completo de lavagem); roupas com sujidade leve (são dispensadas as etapas de umectação, primeiros enxágues e pré-lavagem) (BRASIL, 2009).

Para estimar a quantidade e o peso de roupa a ser lavada diariamente utiliza-se como base de cálculo o número de kg/leito/dia (BRASIL, 2009). Além do número de leitos, devem ser consideradas as características do serviço, número de procedimentos realizados, tipologia do hospital e a frequência de troca de roupa dos leitos (PINHO, 2005).

A Tabela 11 apresenta uma estimativa de carga de roupa de acordo com o tipo de hospital. O conhecimento dos procedimentos e das características dos estabelecimentos é essencial para uma maior precisão da estimativa da quantidade de roupa e do equipamento de lavanderia a ser utilizado no processo de lavagem das roupas.

Tabela 11 – Carga de roupa de acordo com o tipo de hospital

Tipo de hospital	Carga de roupa
Hospital de longa permanência, para pacientes crônicos	2 kg/leito/dia
Hospital geral, estimando-se uma troca diária de lençóis	4 kg/leito/dia
Hospital geral de maior rotatividade, com unidades de pronto-socorro, obstetrícia, pediatria, e outras	6 kg/leito/dia
Hospital especializado, de alto padrão	8 kg/leito/dia
Hospital escola	8 a 15 kg/leito/dia

Fonte: BRASIL (2009)

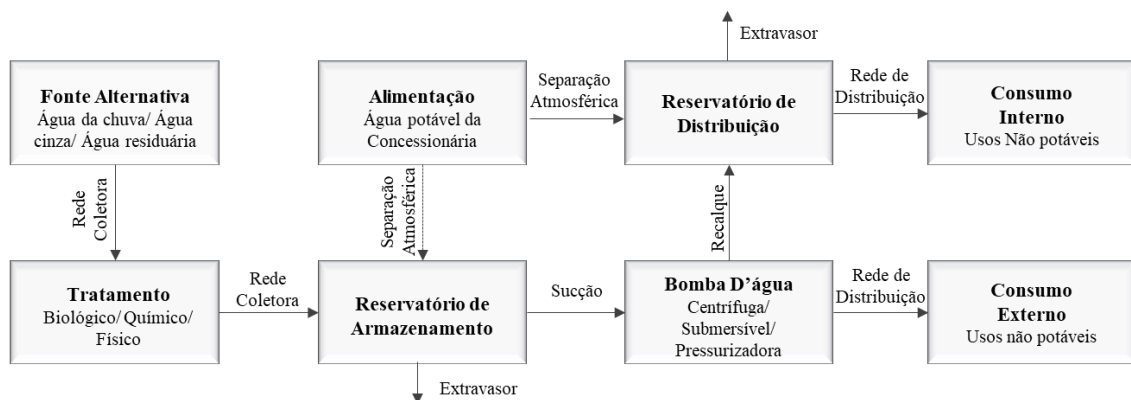
### 3.1.2. Sistemas prediais de água não potável

Os sistemas prediais de água não potável utilizam fontes alternativas de água para abastecimento das edificações em usos que não oferecem risco à saúde humana (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017). São consideradas fontes alternativas de água não potável: água de chuva, água pluvial, água de rebaixamento de lençol freático, água clara, água cinza clara e escura, água negra e esgoto sanitário (ABNT, 2019a).

A água proveniente das fontes alternativas é coletada por meio de uma rede de tubulações, encaminhada para tratamento e, posteriormente, para o reservatório de armazenamento (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017). Podem ser utilizadas em descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de logradouros, garagens e áreas externas, lavagem de veículos, irrigação, sistemas de resfriamento de água e outros (ABNT, 2019a).

O sistema de água não potável deve ser independente do sistema de água potável. Recomenda-se que seja previsto um fornecimento de água complementar no reservatório de água não potável e empregada soluções que permitam a separação atmosférica para evitar refluxo da água não potável à tubulação de alimentação de água complementar (ABNT, 2019a). A Figura 2 apresenta um fluxograma dos sistemas prediais de água não potável.

Figura 2 – Fluxograma dos sistemas prediais de água não potável



Fonte: Adaptado de Sant'Ana e Medeiros (2017)

### 3.1.2.1. Aproveitamento de água de chuva

O aproveitamento de água de chuva tem sido amplamente utilizado em regiões onde inexistem infraestrutura ou o abastecimento de água é precário (MEMON; WARD, 2015). Esses sistemas estão se tornando opções cada vez mais viáveis no contexto atual devido à diminuição qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos (CARVALHO *et al.*, 2013).

A implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações com alto consumo de água pode trazer benefícios ambientais e financeiros (GAITÁN; TEIXEIRA, 2020). A adoção desses sistemas é influenciada por variáveis diversas, como: características da demanda e seus usos finais, disponibilidade e qualidade da água de chuva, potencial de redução de água potável e avaliação dos custos de investimento e período de retorno (FULTON, 2018; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020).

A água de chuva é potencialmente adequada para lavagem de carros, limpeza de pisos, lavagem de roupas, descargas em bacias sanitárias e irrigação (LEGGETT *et al.*, 2001). Em estabelecimentos de saúde, podem ser utilizadas para limpeza de pisos, descarga sanitária de banheiros (não inclui UTI), lavagem de roupas e irrigação de jardins (SANT'ANA *et al.*, 2017). Segundo Bak, Dao e Han (2020), a água de chuva pode ser utilizada inclusive como fonte de água potável em hospitais desde que seja realizado o tratamento adequado que garanta os padrões de potabilidade conforme a legislação vigente.

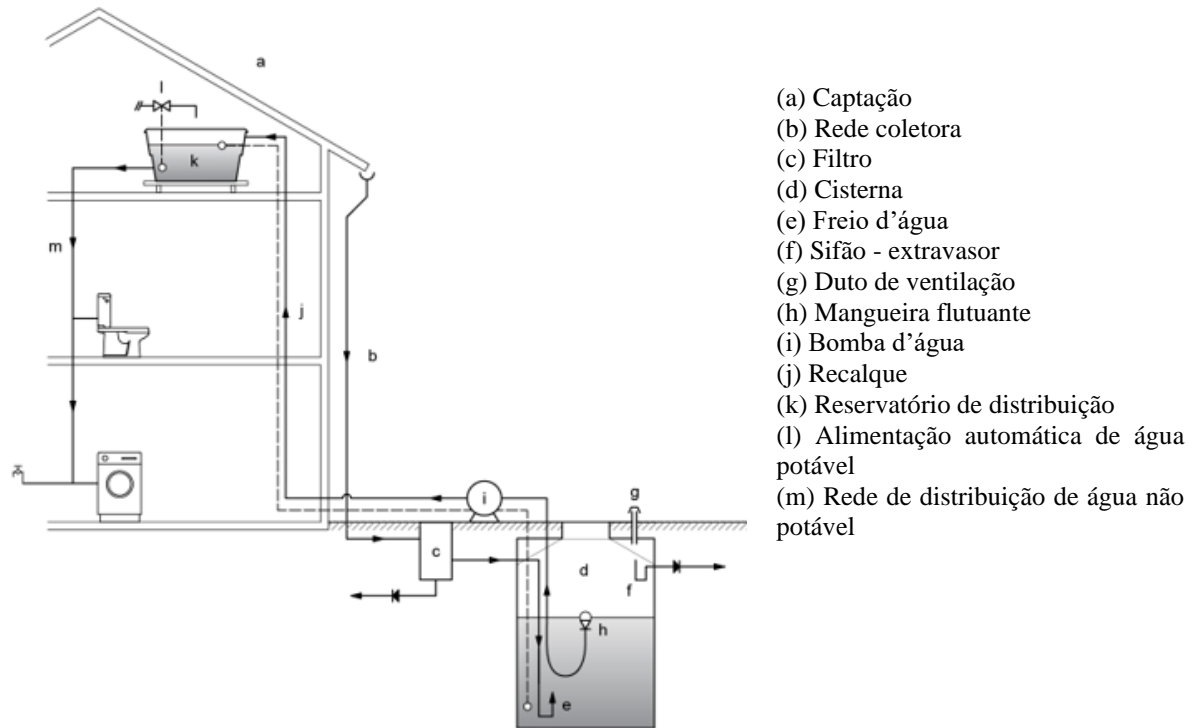
O sistema de aproveitamento de água de chuva consiste na coleta, pré-tratamento e armazenamento da água para posterior utilização (BROWN; GERSTON; COLLEY, 2005). Na etapa de pré-tratamento é indicado utilizar dispositivos, como grades e telas, para remoção dos sólidos indesejáveis. Para melhorar a qualidade da água e diminuir os sólidos suspensos, recomenda-se a instalação de um dispositivo para o descarte a água de escoamento inicial (ABNT, 2019b).

No caso do processo de pré-tratamento ser insuficiente para atingir os parâmetros mínimos de qualidade, é recomendada a realização de um tratamento adicional por meio de soluções físicas e químicas (ABNT, 2019b). Muitos sistemas conseguem uma qualidade de água aceitável para uso não potável sem aplicar métodos de desinfecção (LEGGETT *et al.*, 2001). Além dos parâmetros de qualidade, é indicada a análise de fatores relacionados aos aspectos estéticos da água, como cor e cheiro, pois afetam a aceitação do usuário para usos não potáveis (ABNT, 2019b).

A Figura 3 apresenta um sistema de aproveitamento de água de chuva integrado à edificação. O sistema distribui a água indiretamente em pontos de usos não potáveis internos

e/ou externos, e utilizam um reservatório de distribuição elevado para posterior distribuição da água por gravidade (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

Figura 3 – Sistema de aproveitamento de água de chuva integrado à edificação



Fonte: Sant'Ana e Medeiros (2017)

Para fins de dimensionamento do reservatório de água de chuva, recomenda-se considerar a área de captação, o regime pluviométrico e a demanda de água não potável (ABNT, 2019b). É importante destacar que ocorrem perdas da água de chuva em função das condições da instalação do sistema (área de captação, componentes, gradeamento, descarte inicial, tratamento etc.), o qual devem ser observadas e avaliadas para o dimensionamento do reservatório.

### 3.1.2.2. Reúso de águas cinzas

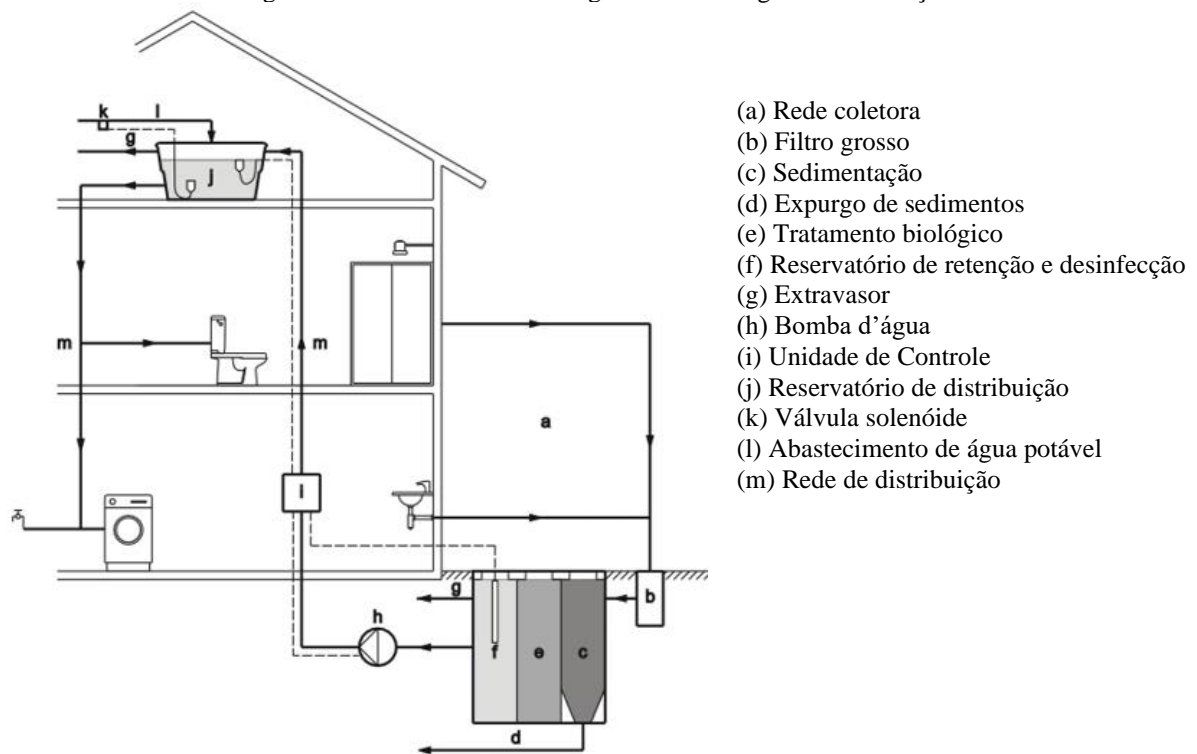
O reúso de águas cinzas tornou-se uma opção para conservação dos recursos hídricos devido à substituição da água potável pela não potável em situações que não requerem água potável (ASANO *et al.*, 2007). A opção pelo sistema de reúso de águas cinzas geralmente é considerada após a implantação de outras estratégias de redução do consumo de água (HESPANHOL *et al.*, 2006) devido ao elevado custo do sistema. Há um crescente interesse pelos sistemas de reúso em diversos países devido à falta de água gerada pela baixa quantidade de chuvas, aumento da demanda, consciência ambiental e questões econômicas.

O uso desses sistemas envolvem questões relacionadas à saúde pública, exige um planejamento das instalações, infraestrutura disponível para tratamento das águas residuais, análises financeiras e integração do sistema predial com a água de reúso (ASANO *et al.*, 2007), como também, influencia na redução dos custos de tratamento das águas residuais devido à diminuição da carga de efluentes encaminhadas para as estações de tratamento (ERIKSSON *et al.*, 2002).

É recomendada a análise da qualidade mínima da água (ABNT, 2019a) e as possibilidades do contato com o usuário. Quanto maior for a exposição ou contato com a água, maior deve ser a qualidade, e dependendo da finalidade do uso, a água não pode apresentar cor e turbidez perceptíveis para não haver risco de rejeição (ASANO *et al.*, 2007).

Um sistema predial de reúso de águas cinzas caracteriza-se pela coleta dos efluentes em tubulações específicas, tratamento e armazenamento em reservatório para posterior distribuição em tubulações separadas do sistema de água potável (HESPANHOL *et al.*, 2014). A Figura 4 apresenta um sistema de reúso de águas cinzas integrado à edificação. Esse sistema distribui a água não potável indiretamente para usos internos e/ou externos, utiliza um reservatório de distribuição elevado e alimenta os pontos de uso por gravidade em descargas de bacias sanitárias, torneiras de jardim etc. (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

Figura 4 – Sistema de reúso de águas cinzas integrado à edificação



Fonte: Sant'Ana e Medeiros (2017)



O dimensionamento do reservatório é determinado em função da oferta, da demanda de água não potável e pelo tempo de armazenamento (SANT'ANA; AMORIM, 2007). Nesse sentido, são necessários dados de consumo diário de água utilizado para o cálculo do volume do reservatório.

A escolha do tratamento é devida ao uso final pretendido. Os processos de tratamento de águas cinzas podem ser: físico, químico, biológicos ou processos de tratamento avançados, como o leito cultivado, adsorção por carvão, eletrodialise, biodisco, filtração rápida, osmose reversa etc. (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

Os processos físicos são realizados para remoção de substâncias fisicamente separáveis dos líquidos ou que não se encontram dissolvidas. São exemplos desse processo: remoção da umidade, filtração, incineração, diluição ou homogeneização. Os processos químicos incluem a adição de produtos químicos, entre eles: coagulação e floculação, precipitação química, elutriação, oxidação química, cloração e neutralização ou correção do pH. Os processos biológicos dependem da ação de micro-organismos existentes no efluente para transformação de compostos complexos em processos simples e os principais processos são a oxidação biológica e digestão de lodo (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

A implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações existentes depende da área disponível para o sistema de tratamento e das possibilidades de alterações do sistema predial (HESPANHOL *et al.*, 2014).

### **3.2. Estratégias conservadoras de água em estabelecimentos assistenciais de saúde**

Tendo em vista a necessidade de buscar fontes alternativas para o abastecimento das edificações e redução do consumo de água potável, são apresentados, na sequência, estudos prévios realizados para identificação do potencial de redução de água com o emprego de equipamentos economizadores, sistema de aproveitamento de água de chuva e sistema de reúso de águas cinzas em estabelecimentos assistenciais de saúde. A partir dos dados de redução do consumo de água potável foram avaliadas estratégias de conservação de água.

#### **3.2.1. Equipamentos economizadores de água em estabelecimentos assistenciais de saúde**

Oliveira (1999) verificou que o uso de restritores de vazão nos chuveiros do Instituto do Coração em São Paulo causaram desconforto para os usuários devido à redução da vazão e, ainda, geraram um menor impacto na redução do consumo de água do estabelecimento. Destaca-se que não foram propostas intervenções para as bacias sanitárias por causa da necessidade de significativas alterações construtivas.

Calza, Nogueira e Siqueira (2012) obtiveram uma economia mensal no consumo de água de 106 a 203 m<sup>3</sup> por mês no estudo realizado no Hospital Universitário do Oeste do Paraná. No entanto, não coletaram dados de consumo e utilizaram dados de diversos trabalhos desenvolvidos e métodos criados por vários programas de uso racional de água implantados no Brasil.

Durante, Moreira e Stiz (2017) analisaram um cenário hipotético de um banheiro hospitalar. No entanto, foram utilizados dados de consumo de água e de quantidade de acionamentos por dia de cada equipamento disponíveis no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e, ainda, dados de uso e volume de mictório (descarga de líquidos) para o modelo de bacia sanitária com duplo acionamento.

Orita e Serinolli (2017) instalaram registros reguladores de vazão em um hospital privado localizado na cidade de São Paulo, no qual já havia dispositivo de fechamento automático e temporizado. Diante da grande vazão nos pontos de uso foi verificado que o volume de água liberado a cada acionamento era maior que o necessário para a higienização das mãos e, portanto, após a instalação dos registros reguladores, os resultados indicaram uma redução média de consumo de água de 44,86%, com economia mensal de R\$ 595,22 e retorno do investimento em 9,2 meses.

Após estudo no Hospital Universitário em São Carlos, São Paulo, Gaitán e Teixeira (2020) verificaram que as bacias sanitárias não apresentaram redução do consumo de água porque já contemplavam uma linha de baixo consumo. Não foram identificados os consumos dos processos hospitalares, e utilizaram como referência dados de um estudo realizado nos Estados Unidos, em 2003. Portanto, esses dados podem ser imprecisos devido à tecnologia existente em 2007, ano em que foi realizada a pesquisa no Brasil. A Tabela 12 apresenta os potenciais de redução do consumo de água com o emprego de equipamentos economizadores.

Tabela 12 – Potencial de redução do consumo de água com o emprego de equipamentos economizadores

Referências	País	Ênfase da pesquisa	Potencial de redução do consumo de água (%)
Oliveira (1999)	Brasil	Correção de vazamentos e substituição de equipamentos convencionais por economizadores em 50% do total dos pontos de uso de água	Chuveiros com restritores de vazão (0,7%), torneiras eletrônicas (4,3%), torneiras hidromecânicas (4%), torneiras de alavanca com arejadores para cozinha (19%), válvulas hidromecânicas para mictórios (5,5%), arejadores em torneiras de pias de laboratórios, copas, salas de utilidades (1,8%).

Calza, Nogueira e Siqueira (2012)	Brasil	Substituição dos equipamentos convencionais por economizadores: torneiras de lavatórios com fechamento automático, torneiras de pia de cozinha com acionamento por	Potencial de redução (7 % a 9%)
Durante, Moreira e Stiz (2017)	Brasil	Substituição de equipamentos convencionais por economizadores no banheiro hipotético de unidade de saúde	Bacia sanitária com duplo acionamento (26%) e com acionamento simples (23%), chuveiro (12%) torneira do lavatório (6%) Potencial de redução com a substituição de todos os equipamentos do banheiro (43%)
Orita e Serinolli (2017)	Brasil	Instalação de registro regulador de vazão em torneiras de fechamento automático	Potencial de redução (44,86%)
Gaitán e Teixeira (2020)	Brasil	Substituição das válvulas de chuveiros, válvulas de descargas para mictórios, torneiras e caixa de descarga para uso nos banheiros	Potencial de redução de 37% na fase inicial, 31% na fase I e 24% na fase final

### 3.2.2. Aproveitamento de água de chuva em estabelecimentos assistenciais de saúde

Fulton (2018) verificou que o consumo de água hospitalar pode ser reduzido na faixa de 25 %. Entretanto, o parâmetro demanda diária de água foi estimado com base na área construída do estabelecimento. Gaitán e Teixeira (2020) obtiveram o potencial de redução do consumo de água potável para uso em bacias sanitárias, mictórios, irrigação de jardins, lavagem de pisos e reposição do espelho d'água. Porém, os dados utilizados como referência foram obtidos a partir de outro estudo.

Fonseca (2016) concluiu que o uso de um reservatório com capacidade de 500 m<sup>3</sup> possibilita uma economia anual de R\$ 81.143,10 (redução de 44% na conta de água) para Natal. Para Caicó, um reservatório com capacidade de 2.000 m<sup>3</sup> possibilitaria uma economia anual de R\$ 40.154,00 (redução de 68% na conta de água). No entanto, o cálculo da demanda de água das lavanderias seguiu as recomendações estabelecidas na RDC n° 50/2002, levando em consideração o número de leitos da unidade de saúde.

Por sua vez, Bak, Dao e Han (2020) destacaram que a água de chuva pode ser usada como fonte de água potável, a partir de um estudo realizado em um hospital rural no Vietnã. Na Tabela 13 são apresentados os potenciais de redução do consumo de água pelo emprego de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 13 – Potencial de redução do consumo de água pelo uso de sistemas de aproveitamento de água de chuva

Referências	País	Ênfase da pesquisa	Potencial de redução do consumo de água (%)
Fonseca (2016)	Brasil	Aproveitamento de água de chuva para abastecimento da lavanderia	Potencial de redução em Natal (44%) e Caicó (68%)
Fulton (2018)	Texas	Aproveitamento de água de chuva	Potencial de redução (25%)
Bak, Dao e Han (2020)	Vietnã	Aproveitamento de água de chuva para uso potável e não potável	Potencial de redução (22%)

Gaitán e Teixeira (2020)	Brasil	Aproveitamento de água de chuva para bacias sanitárias, mictórios, irrigação de jardins, lavagem de piso e reposição do espelho d'água	Potencial de redução com AAP foi de 57% na fase inicial, 36% na fase I e 19% na fase final
--------------------------	--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2.3. Reúso de água em estabelecimentos assistenciais de saúde

Buono (2018), Calza, Nogueira e Siqueira (2012), Felizatto *et al.* (2016), Souza (2012), Sponza e Alicanoglu (2018) e Sostar-Turk e Fijan (2011) mostraram que o reúso da água proveniente da lavanderia é uma alternativa viável. Calza, Nogueira e Siqueira (2012) constataram que a água pode ser utilizada após tratamento físico-químico e desinfecção simples, descartando o efluente dos ciclos de lavagem a frio e das roupas com sujidade pesada e sangue. Souza (2012) avaliou o tratamento de efluentes da lavanderia utilizando radiação UV, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e processo combinado com UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e coagulação/floculação/sedimentação.

Felizatto *et al.* (2016) identificaram que o efluente gerado pelo Hospital Sarah, em Brasília, atende ao padrão mais rigoroso de reúso de acordo com as diretrizes americanas e brasileiras e pode ser reutilizado para irrigação paisagística e descarga de bacias sanitárias. Sponza e Alicanoglu (2018), na Turquia, também indicaram a água de reúso para fins de irrigação após tratamento do efluentes do hospital.

Jecky, Andrio e Sasmita (2018) também verificaram que o efluente gerado pelo Eka Hospital Pekabaru, na Indonésia, atende ao padrão de qualidade da água para reúso e tem o potencial para utilização no paisagismo e atividades não potáveis. Mediante a instalação de um sistema de reúso usando o processamento de filtros combinados, membranas de ultrafiltração e desinfecção por cloração foi identificado que a capacidade de reúso das águas residuais é de aproximadamente 75 m<sup>3</sup>/dia.

Hoag (2008) verificou que os setores com elevado potencial para reúso de água da Santa Casa de Misericórdia de Itajubá, MG, são: água da lavanderia e a água oriunda do sistema de purificação da água para a hemodiálise. Analisou os efluentes gerados nas etapas de enxágue do processo de lavagem de roupa e as tecnologias de tratamento aplicáveis aos efluentes e, ainda, o consumo de água no processo de hemodiálise para utilização na própria lavanderia. O reúso de água possibilitará a redução de 20% do consumo de água do hospital, como também, do efluente gerado.

Buono (2018) concluiu que o reúso da água da lavanderia pode reduzir significativamente o volume de efluente lançado na rede de esgoto. Foi verificado que é possível fazer o reúso direto dos três últimos enxágues, quando acrescentado esse volume de água aos enxágues iniciais de cada ciclo de lavagem (leve, pesado e super pesado).

Sostar-Turk e Fijan (2011) acrescentaram que, para o futuro, será necessária a criação de programas de reúso da água da lavagem de roupas que demonstrem uma alternativa mais econômica e ambientalmente correta, incorporando o reúso de água para reduzir o descarte dos efluentes para a rede de esgoto.

Apenas Boni (2009) estimou o consumo de água e caracterizou a oferta dos efluentes gerados no Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. Foram analisadas água clara (efluente descartado pelos equipamentos de uso específico de água), água cinza (proveniente de lavatório, ducha e chuveiro) e água negra (efluente da bacia sanitária). Recomendou o uso da água clara para atividades de rega de jardins, limpeza de ambientes e vidrarias, visto que foi constatado padrão de potabilidade após análise laboratorial. Um dos problemas identificados para o reúso do volume de águas cinzas e negras foi o espaço necessário para a instalação da estação de tratamento de esgoto e das grandes intervenções a serem realizadas para as alterações do sistema hidráulico existente no estabelecimento.

Apesar de ter sido avaliada a substituição de água potável por efluentes tratados para redução do consumo de água do hospital, Boni (2009) estimou o padrão de utilização dos aparelhos sanitários com base na norma NBR 5626/98 e no estudo de outros autores da bibliografia nacional, fez uso de informações apresentadas em outra pesquisa no mesmo estabelecimento, em entrevista realizada com usuários no ano de 2007, e, ainda, que os valores médios de vazão, tempo e número de usos referem-se a tipologias diversas e dados de consumo comercialmente disponíveis pelos fabricantes dos equipamentos.

Em seguida, são apresentados os estudos que identificaram os potenciais de redução do consumo de água do estabelecimento pela implantação de sistemas de reúso de águas cinzas, conforme indicado na Tabela 14.

Tabela 14 – Potencial de redução do consumo de água pelo uso de sistemas de reúso de águas cinzas

<b>Referências</b>	<b>País</b>	<b>Ênfase da pesquisa</b>	<b>Potencial de redução do consumo de água (%)</b>
Hoag (2008)	Brasil	Potencial de reúso dos efluentes da lavanderia e da água rejeitada pelo processo de tratamento da água para hemodiálise para uso na própria lavanderia	Potencial de redução na demanda de água da lavanderia (51,6%) Potencial de redução de efluente gerado na lavanderia (31%)
Boni (2009)	Brasil	Potencial de redução do consumo de água do hospital pela substituição da água potável por efluente tratado	Bomba a vácuo (3,9%), destilador (0,08%), equipamentos de análises clínicas (3,72%) e no processo de resfriamento (0,03%)
Buono (2018)	Brasil	Potencial de redução do consumo de água de cada ciclo de lavagem de roupas e viabilidade de reúso de água da lavanderia	Potencial de redução para o ciclo de roupas leves (14%), ciclo de roupas pesadas (22%) e ciclo de roupas superpesadas (36%)

### **3.3. Avaliação da viabilidade financeira para implantação de sistemas conservadores de água em estabelecimentos assistenciais de saúde**

A redução na demanda de água diária média afeta a quantidade de água que deve ser captada e armazenada, antes do tratamento. Nesse sentido, as medidas de conservação podem reduzir despesas dependentes da quantidade de água produzida ou custos variáveis relacionados às operações de serviços públicos, como custos de energia e produtos químicos. Tendo em vista que a redução de demanda resulta em menos água produzida, a economia de água resultará em economia de custos (AWWA, 2005).

Para identificar a eficácia de cada medida conservadora, os planejadores geralmente utilizam análises de custo-benefício para comparar as medidas de conservação de água, uma vez que auxiliam na tomada de decisões para adoção das medidas. Essas análises avaliam os custos e os benefícios associados à implementação de cada sistema e podem ser utilizadas para avaliar a necessidade de novos suprimentos para abastecimento de água. Ressalta-se que uma medida de conservação pode ser considerada econômica se o valor presente dos benefícios exceder o valor presente dos custos (AWWA, 2005).

Nesse sentido, a viabilização de qualquer projeto deve ser iniciada a partir de uma análise financeira dos investimentos, gastos e lucros envolvidos. É importante avaliar se o projeto escolhido será a melhor opção para determinado empreendimento e trará mais lucros do que gastos com manutenção e operação. Logo, a análise de investimentos permite a comparação entre as alternativas viáveis de projeto para auxiliar na tomada de decisão (BILHAR, 2013; EUROPEAN COMMISSION, 2015). De acordo com ANA; FIESP; Sinduscon-SP (2005), é recomendado o desenvolvimento de um estudo detalhado para avaliar a efetividade do aproveitamento dos investimentos e proporcionar um retorno esperado para o empreendimento.

Determinar a relação custo-benefício é um meio padrão de analisar as diferentes alternativas de conservação de água e podem ser utilizados métodos variados para avaliar uma medida de eficiência. Uma abordagem simplificada é estimar o custo de água economizada para ser utilizado na comparação da eficiência entre as medidas de conservação. Para tanto, deve-se equalizar o tempo de vida de cada medida de conservação. Muitas vezes, isso pode ser feito renovando a medida de vida útil mais curta até que seja aproximadamente igual à vida útil da medida mais longa (AWWA, 2005).

Uma análise de custo do ciclo de vida pode ser utilizada para avaliar todos os custos relevantes ao longo da vida do projeto (custos de investimento, custos operacionais, custos de manutenção e custos externos (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Conforme Fuller (2016), a análise de custo do ciclo de vida (LCCA) é um método para avaliar o custo total da instalação

e pode ser indicado para comparar diferentes alternativas de projeto que atendem aos mesmos requisitos de desempenho, mas diferem em relação aos custos iniciais e operacionais.

Considerando que a economia de água em estabelecimentos de saúde é uma importante fonte de informações tanto em termos de consumo de água quanto de custo, foi realizada uma análise a partir de estudos prévios para identificar a viabilidade financeira do uso de sistemas alternativos de abastecimento de água, Tabela 15.

Tabela 15 – Análise financeira do uso de sistemas alternativos de água

Referências	País	Estratégia conservadora	Método	Taxa juros (a.a.)	Vida útil (ano)	Resultados
Oliveira (1999)	Brasil	Equipamento economizador	Payback	6%	---	B = R\$ 54.256,88 (R\$/mês) C = R\$ 79.518,56 PB = 48 dias
Hoag (2008)	Brasil	RAC	Payback	18%	---	B = R\$ 2.918,60 (R\$/mês) C = R\$ 1.462,72 PB = 11 anos e 5 meses
Fonseca (2016)	Brasil	AAC	VPL Payback TIR	TMA 6%	20	B = R\$ 6.761,92 (R\$/mês) C = R\$ 42.983,68 PB = 7 meses VPL = R\$ 849.411,13 TIR = 14,94% a.m. (Natal) B = R\$ 3.346,16 (R\$/mês) C = R\$ 72.025,89 PB = 24 meses VPL = R\$ 346.341,72 TIR = 4,17% a.m. (Caicó)
Orita e Serinolli (2017)	Brasil	Equipamento economizador	Payback	---	---	B = R\$ 595,22 (R\$/mês) C = R\$ 5.497,68 PB = 9,2 meses
Gaitan (2018)	Brasil	AAC e Equipamento economizador.	VPL Payback TIR	6%	20	B = R\$ 44.417 (R\$/ano) C = R\$ 158.492 PB = 10 anos VPL = R\$ 203.473 TIR = 18%

VPL = Valor presente líquido; TIR = Taxa interna de retorno; PB = Payback (anos); B = Benefícios gerados pela economia mensal de água; C = Custo total; AAC = Aproveitamento de água de chuva; RAC = Reúso de águas cinzas.

Considerando os métodos empregados na avaliação das medidas conservadoras de água, Orita e Serinolli (2017) utilizaram o payback simples, Oliveira (1999) e Hoag (2008), o payback descontado. No entanto, o método de período de recuperação do investimento (payback) determina apenas o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010). Geralmente é utilizado quando há necessidade de verificar de forma rápida, se o capital investido será recuperado em um prazo razoável de tempo (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010) e também, em conjunto a outros métodos, quando é conhecida a limitação de vida útil dos equipamentos (JOÃO; VIEGAS; REBELO, 2007).

Gaitan (2020) e Fonseca (2016) demonstraram a viabilidade financeira da implantação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva utilizando os métodos do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o payback descontado. O VPL é o montante do futuro atualizado para o presente (MAY, 2010), e o TIR é uma taxa que iguala o valor presente de entradas de caixa ao valor presente das saídas de caixa, ou seja, é a taxa de desconto que torna o VPL igual a 0 (SOUSA, 2007).

Fonseca (2016) realizou as três análises (payback, VPL e TIR) para determinar qual o volume ótimo do reservatório de aproveitamento de água de chuva apresentaria a melhor relação custo-benefício. Gaitan (2020) destacou que além da rentabilidade financeira, deve-se considerar o impacto da economia de água que o uso do sistema alternativo representa para o meio ambiente.

De maneira geral, os estudos identificaram benefícios financeiros com o uso de estratégias conservadoras de água em estabelecimentos assistenciais de saúde. Os resultados indicaram que o tempo de retorno do investimento é menor do que a vida útil do sistema, a economia mensal de água variou entre R\$ 595,22 e R\$ 54.256,88 e payback entre 2 meses e 10 anos, dependendo do tipo de estratégia analisada. As taxas utilizadas para as análises financeiras variaram entre 6 e 18% e foi considerado uma vida útil para sistemas de aproveitamento de água de chuva de 20 anos.

### **3.4. Síntese do capítulo**

De maneira geral, verificou-se que ações resultantes da substituição de equipamentos convencionais por economizadores, uso de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de sistemas de reúso de águas cinzas podem reduzir a demanda de água potável nos estabelecimentos assistenciais de saúde.

O potencial de redução de água com o emprego de equipamentos economizadores foi identificado para: chuveiros com restritores de vazão (12%), torneiras eletrônicas (4,3%), torneiras hidromecânicas (4%), torneiras de alavanca com arejadores para cozinha (19%), válvulas hidromecânicas para mictórios (5,5%), arejadores em torneiras de pias de laboratórios, copas, salas de utilidades (1,8%), bacia sanitária com duplo acionamento (26%) e com acionamento simples (23%), torneira do lavatório (6%).

A limitação identificada a partir da revisão dos estudos prévios que simularam a substituição dos equipamentos convencionais por economizadores foi o uso de dados de outras pesquisas para estimar o potencial de redução do consumo de água potável. Apenas Oliveira (1999) realizou uma auditoria do consumo de água e avaliou a redução do consumo de água



potável com base na comparação dos indicadores de consumo obtidos antes e após as intervenções com a correção de vazamentos e substituição dos equipamentos por economizadores.

Por sua vez, o potencial de redução de água pelo emprego de sistemas de aproveitamento de água de chuva foi identificado para abastecimento em lavanderia (44% e 68%), bacias sanitárias, mictórios, irrigação de jardins, lavagem de piso e reposição do espelho d'água (19% a 57%) e potencial de redução do consumo de água predial (22% a 25%). No entanto, não foram levantados dados de usos finais de água para avaliar a implementação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Verificou-se que além de o reúso de águas cinzas gerar benefícios ambientais decorrentes das reduções no consumo de água potável, ele diminui os impactos causados pelas descargas de efluentes na rede de esgoto. As análises físico-químicas da água mostraram resultados satisfatórios para reúso em atividades não potáveis. A água de reúso foi indicada para: lavagem de pisos e calçadas, uso em descargas de bacias sanitárias, irrigação, geração de vapor para unidades de esterilização hospitalar, além do reúso na própria lavagem de roupas.

Apesar de poucos estudos analisarem sistemas de reúso de águas cinzas em estabelecimentos de saúde, verificou-se que é viável o reúso dos efluentes de lavagem de roupas na própria lavanderia (14% a 51,6%) e, ainda, reduzir o consumo do edifício pela substituição de água potável por efluente tratado, resultante da bomba à vácuo (3,9%), destilador (0,08%), equipamentos de análises clínicas (3,72%) e do processo de resfriamento (0,03%).

É importante ressaltar que apesar dos estudos indicarem o uso de água não potável para a lavanderia dos estabelecimentos assistenciais de saúde, o sistema precisa de um monitoramento contínuo para garantir o nível de segurança dos usuários. A qualidade da água deve ser avaliada para evitar possíveis focos de contaminação e complicações na saúde dos pacientes.

Além de avaliar o potencial de redução do consumo de água, é importante analisar a viabilidade financeira das estratégias conservadoras de água. Estudos prévios verificaram que os benefícios financeiros podem ser significativos. No entanto, não foi possível comparar os resultados entre o emprego de equipamentos economizadores, sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de águas cinzas, uma vez que não foi estimado o custo de água economizada por m<sup>3</sup>.

Nos estudos prévios, verificou-se que as ações com o emprego de equipamentos economizadores resultaram em benefícios mensais de R\$ 595,22 e R\$ 54.256,88, com os

sistemas de aproveitamento de água de chuva, R\$ 3.346,16 e R\$ 6.761,92, e com os sistemas de reúso de águas cinzas, R\$ 2.918,60.

A principal limitação observada nos estudos prévios foi a falta de dados de usos finais de água nos diferentes tipos de estabelecimentos de saúde. Esses dados permitem obter informações mais precisas sobre o consumo, prever a demanda de água dos estabelecimentos e priorizar ações conservadoras de água. Além desse fator, verificou-se uma lacuna no conhecimento com relação à análise dos custos, benefícios ambientais e financeiros para cada estratégia conservadora de água (equipamento economizador, AAC e RAC) em diferentes tipos de estabelecimento de saúde (UBS, UPA e Hospital). Os estudos prévios analisaram estratégias individuais, o que dificulta a construção de um plano de ação para tipologias específicas.

Considerando a oscilação da economia brasileira e as altas taxas de juros, é de suma importância a criação de ferramentas que vão auxiliar na tomada de decisão para compor um plano de ação para a conservação de água. Ressalta-se que qualquer investimento para implementação de uma estratégia conservadora de água deve ser justificado em relação a um conjunto de alternativas viáveis (ambientais e financeiras). Nesse sentido, são necessários novos estudos para identificar soluções viáveis para conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritos os procedimentos para alcançar o objetivo de identificar soluções viáveis em termos dos custos e dos benefícios ambientais e financeiros promovidos pela implementação de estratégias voltadas à conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde. Para tanto, foi delineado um método capaz de identificar a viabilidade da implementação das estratégias conservadoras de água em função do cenário da economia brasileira. Está estruturado em três etapas: (i) caracterização dos tipos de estabelecimentos assistenciais de saúde; (ii) composição dos modelos representativos; e (iii) análise dos benefícios ambientais e financeiros, conforme fluxograma apresentado na Figura 5.

Na primeira etapa são utilizadas abordagens metodológicas quantitativas ( $n^2 = 113$ ) e qualitativas ( $n^3 = 3$ ) para a coleta de dados primários e secundários. Com o levantamento quantitativo foram coletadas informações de natureza numérica para análises com métodos estatísticos. É uma técnica mais simples, de baixo custo, maior rapidez para coleta de dados e o número de amostras é mais abrangente. Por sua vez, o levantamento qualitativo foi realizado *in loco* e o tipo de análise utilizada foi a descritiva. É caracterizado como uma técnica mais complexa, de alto custo, mais demorada e com pouca representatividade amostral.

Com o levantamento quantitativo foi possível caracterizar os estabelecimentos de saúde do Distrito Federal a partir da coleta de dados relativos ao tipo de atendimento, padrões de ocupação, área e consumo predial. O período de coleta de dados quantitativos compreendeu entre 2018 e 2021. Com o levantamento qualitativo foi analisado o consumo de água em um estabelecimento de cada tipologia e gerados indicadores de usos finais de água. A coleta de dados qualitativos iniciou em 2018 e finalizou nos primeiros meses do ano de 2020.

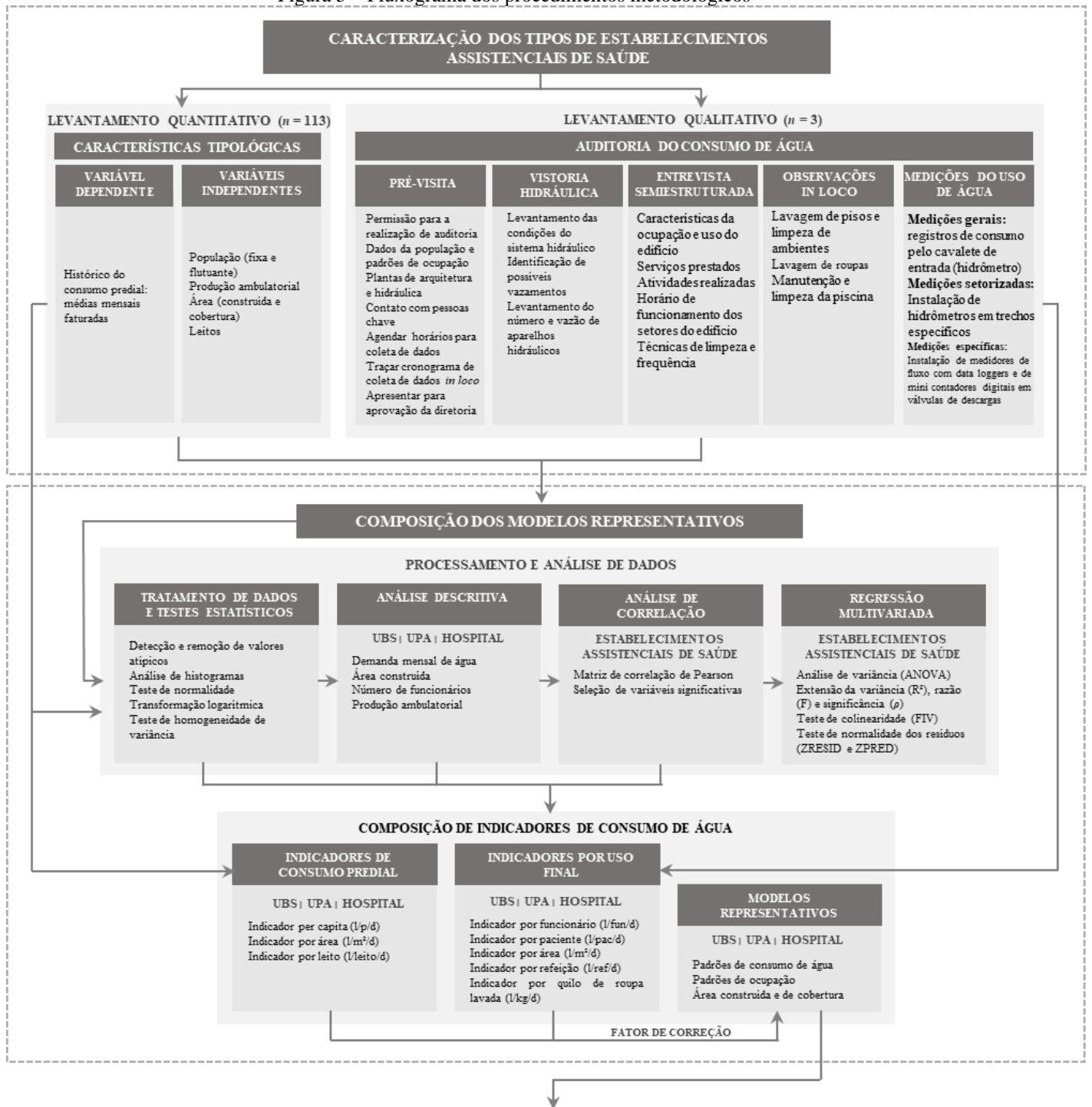
A segunda etapa consiste na composição dos modelos representativos para identificar o potencial de redução do consumo de água potável em cada tipo de estabelecimento pelo emprego de equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável. Esses modelos de estabelecimentos assistenciais de saúde (UBS, UPA e Hospital) foram criados a partir dos dados quantitativos e qualitativos para atuarem como instrumento representativo da realidade. As análises dos benefícios ambientais e financeiros encontram-se na terceira etapa. Os benefícios foram projetados na escala (micro) da edificação e na escala (macro) urbana. Com isso, são identificadas as soluções viáveis para conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.

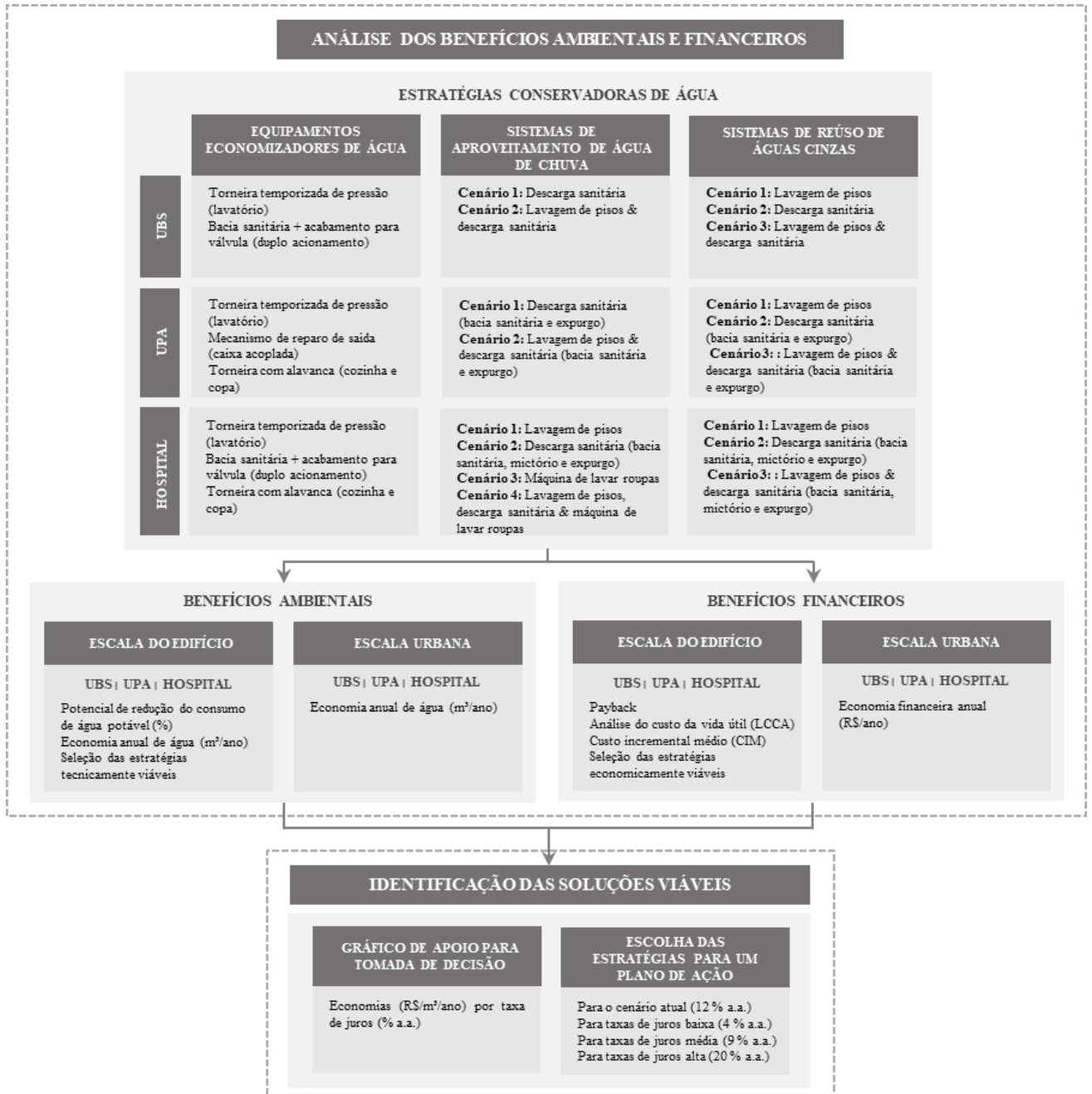
---

<sup>2</sup> n = Número de estabelecimentos (levantamento quantitativo)

<sup>3</sup> n = Número de estabelecimentos (levantamento qualitativo)

Figura 5 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos





#### 4.1. Caracterização das tipologias

A coleta de dados para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada no Distrito Federal. O DF apresenta seu território dividido em 33 Regiões Administrativas (RA) para favorecer o controle e as responsabilidades administrativas e atender a demanda dos seus habitantes.

Para descentralizar a gestão da saúde no DF, a partir de 2015 as regiões foram agrupadas em sete Regiões de Saúde: Centro-Sul, Centro-Norte, Oeste, Sudoeste, Norte, Leste e Sul, e os hospitais especializados passaram a ter denominação de Unidades de Referência Distrital (URD) (GDF, 2019d). Cada região de saúde é representada por uma superintendência, que trabalha de forma integrada, e tem autonomia administrativo-financeira para facilitar a gestão e tomada de decisões (GDF, 2019c). As URD estão subordinadas à administração central e têm suas vinculações administrativas ligadas diretamente ao gabinete do Secretário de Estado da Saúde do DF, o que garante a gestão estratégica de serviços.

A Secretaria de Estado de Saúde – SES/DF é responsável pela Rede Pública de Saúde e tem como função administrar todas as questões ligadas à saúde. O Sistema Público de Saúde do Governo do DF é oferecido por meio de atendimentos em estabelecimentos de saúde (GDF, 2017). Um estabelecimento assistencial de saúde pode ser definido como qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde à população, que demande o acesso de pacientes em regime de internação ou não, e independa do nível de complexidade (BRASIL, 2002).

O método proposto aplica-se aos estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal (DF), entre eles: unidade básica de saúde (UBS), unidade de pronto atendimento (UPA) e hospital. Essas tipologias foram selecionadas de forma a abranger os três níveis de atendimento: primário<sup>4</sup>, secundário<sup>5</sup> e terciário<sup>6</sup>. Com base na delimitação por tipologias foram identificados um total de 197 estabelecimentos, compreendidos entre 175 UBS, 6 UPA e 16 hospitais (GDF, 2019a), que se encontram distribuídos por todas as regiões administrativas do Distrito Federal.

A seleção dos estabelecimentos foi decorrente da liberação de acesso e fornecimento de dados quantitativos pela Secretaria de Infraestrutura de Saúde do Distrito Federal – SINFRA/SES-DF e pela disponibilização de dados de consumo de água pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. Os estabelecimentos analisados encontram-se nas regiões administrativas (RA) indicadas na Figura 6.

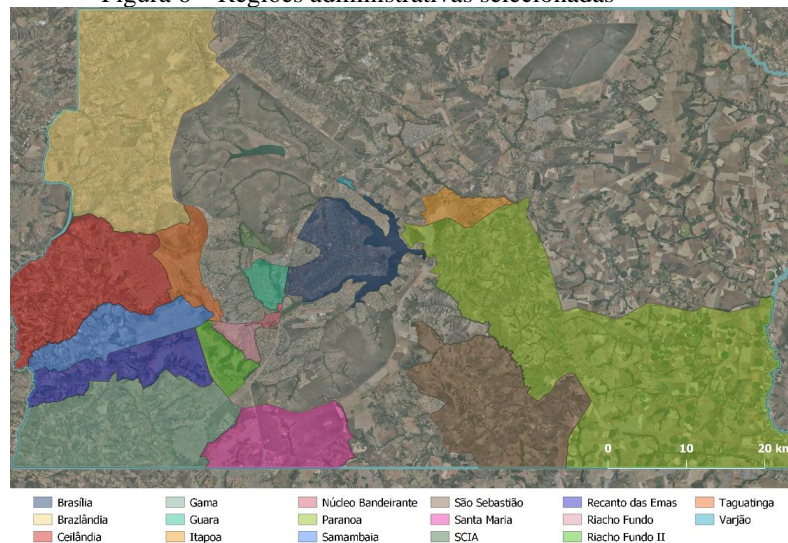
---

<sup>4</sup> Atenção primária é a porta de entrada para o acompanhamento no sistema único de saúde e estão incluídas as unidades básicas de saúde.

<sup>5</sup> Atenção secundária engloba os serviços de média complexidade e encontram-se as unidades de pronto atendimento.

<sup>6</sup> Atenção terciária incluem os serviços de alta complexidade realizados em hospitais.

Figura 6 – Regiões administrativas selecionadas



Fonte: Adaptado do Governo do Distrito Federal (2019b)

#### 4.1.1. Levantamento quantitativo

Dados de consumo predial de água, população (fixa e flutuante), área (construída e cobertura) e número dos principais aparelhos hidrossanitários foram coletados de 97 UBS, 05 UPA e 11 hospitais localizados nas regiões administrativas do Distrito Federal.

Para identificar o perfil do consumo de água do estabelecimento foi realizada uma análise documental das contas de água por um período de 24 meses (2015 e 2016). Esses dados de consumo foram fornecidos pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB.

O levantamento da população fixa (número de servidores e funcionários terceirizados) foi fornecido pela Secretaria de Infraestrutura de Saúde do Distrito Federal – SINFRA/SES-DF. Os dados relativos à produção ambulatorial (número de consultas, exames e cirurgias) foram obtidos na Sala de Situação/SES-DF (SIA/SUS) e possibilitaram identificar a população flutuante.

As áreas construídas e a quantidade de aparelhos hidrossanitários (lavatório, pia, chuveiro e bacia sanitária) foram fornecidas pela Secretaria de Estado de Saúde – SES/DF. As áreas de cobertura foram calculadas a partir de imagens aéreas disponíveis no Google Earth®.

#### 4.1.2. Levantamento qualitativo

Um estabelecimento assistencial de saúde de cada tipologia (UBS, UPA e hospital) foi selecionado para realização da auditoria do consumo de água. O método utilizado foi capaz de caracterizar os usos finais de água, gerando dados de consumo, frequência, tempo de uso, vazão

de equipamentos hidrossanitários, hábitos de uso de água e rotinas de manutenção predial, padrão de consumo predial, vazamentos e ineficiências do sistema hidráulico.

As informações coletadas foram utilizadas para gerar indicadores de consumo predial e de usos finais de água e para realizar um diagnóstico do consumo de água nos estabelecimentos. Dependendo do estabelecimento, foi necessária a adaptação das técnicas para atender as especificidades locais.

Como ponto de partida, fora solicitado permissão para a realização desta pesquisa no Hospital de Apoio de Brasília (HAB), Centro de Saúde N°13 (UBS) e Unidade de pronto atendimento Núcleo Bandeirante (UPA). Logo após, foi realizada uma reunião com os gestores de cada estabelecimento com a finalidade de compreender as atividades desenvolvidas, obter documentos de apoio (como contas de água, plantas de arquitetura e de instalações hidráulicas), adquirir informações sobre os padrões de ocupação e agendar um cronograma para a realização de uma vistoria hidráulica, instalação e desinstalação de equipamentos de medição do consumo de água e realização de entrevistas com as pessoas responsáveis pela manutenção predial, limpeza, lavanderia, cozinha e técnicos dos laboratórios.

#### 4.1.2.1. Análise documental

O perfil do consumo de água da edificação foi obtido após análise das contas de água para um período de dois a seis anos (2013 a 2018), dependendo do estabelecimento. O histórico do consumo de água foi fornecido pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB e complementado pela gestora do estabelecimento, no caso do hospital.

Dados referentes à população fixa e flutuante possibilitaram a identificação do número de pessoas consumidoras de água. Foram fornecidos médias mensais do número de acompanhantes e visitantes, número de servidores e funcionários terceirizados (limpeza, vigilância e alimentação), número de internações, número de atendimentos ambulatoriais por um período de 03 meses e o número de refeições fornecidas para pacientes, acompanhantes, refeições servidas no refeitório e venda de tickets.

A área construída foi fornecida pela Secretaria de Estado de Saúde – SES/DF, as áreas dos ambientes internos foram extraídas da planta arquitetônica, e as medidas da piscina de fisioterapia no hospital puderam ser levantadas *in loco*. As áreas de cobertura foram obtidas utilizando imagens aéreas disponíveis no Google Earth®.

#### 4.1.2.2. Vistoria hidráulica

Em seguida, foi realizada uma vistoria das condições existentes no sistema hidráulico dos estabelecimentos. Para tanto, foram identificados todos os pontos de uso de água, realizada



a medição de vazão de cada aparelho consumidor e detectadas eventuais ineficiências e vazamentos para estimar suas perdas.

Para coleta de dados referente à vazão dos aparelhos consumidores de água em lavatórios, chuveiros, pias de cozinha, tanques, torneiras de uso geral e torneiras de jardim foi utilizada, como técnica, a medição do tempo necessário para encher um recipiente de um litro. Para os demais aparelhos e equipamentos, as vazões (ou volume por uso) foram identificadas conforme especificações do manual do fabricante.

Para estimar o volume de água de vazamentos aparentes identificados foi utilizado um medidor de vazamento de água da marca DECA. O medidor foi posicionado nos pontos de uso de água que apresentaram vazamento, em seguida, foram cronometrados cinco segundos e verificada, mediante a graduação do medidor, a vazão de perda de água diária, Figura 7.

Figura 7 – Medidor de vazamento de água Deca



#### 4.1.2.3. Medições gerais

Por meio de medições diárias do hidrômetro no cavalete de entrada foi possível registrar o consumo predial durante o período de quinze dias, para conferir o volume de água utilizado pela edificação ao longo da semana e identificar perdas por vazamentos. As leituras do hidrômetro foram registradas diariamente por meio de fotografias tiradas pelo gestor predial, aproximadamente no mesmo horário pela manhã, e enviadas aos pesquisadores por meio de aplicativo de celular.

#### 4.1.2.4. Medições específicas

Foram realizadas medições específicas do uso de água em torneiras (lavatórios, pias de cozinha, pias de uso geral, pia de expurgo, tanque e torneiras de uso geral), chuveiros, mictórios e filtros de água. Para tanto, foram instalados equipamentos de medição do fluxo de água do tipo data logger para registrar eventos de consumo de água.

O equipamento data logger utilizado é composto por medidores de fluxo tipo turbina de 1/2" capazes de medir o volume de água utilizado entre vazões de 1 l/min a 30 l/min. Os medidores de fluxo possuem um sensor que emite um pulso a cada giro de dente da turbina e

encaminham, por meio de um cabo de sinal blindado, o volume, dia, horário de início e horário de fim de cada evento de uso de água a um módulo data logger para armazenamento de dados em um cartão de memória SD, Figura 8. Com essas informações foi possível extrair dados do volume de água por uso em litros (l), tempo de uso em segundos (s), vazão de água durante o uso (l/s) e frequência de uso diário (nº de vezes ao dia).

Figura 8 – Equipamento de medição composto por medidor de fluxo (a) e módulo data logger (b)



Antes da instalação, os medidores de fluxo passaram por um processo de aferição. Foram coletadas 30 amostras com volumes variados em três faixas de vazão distintas (10 amostras para a faixa de vazão de 1 l/min a 5 l/min, 10 amostras com vazões entre 5 l/min e 15 l/min e 10 amostras com vazões entre 15 l/min e 30 l/min). Em seguida, cada amostra foi pesada em uma balança e comparados os valores registrados pelo módulo data logger com os respectivos valores da pesagem de cada amostra coletada (considerou-se a densidade da água igual a 1 kg por litro). O erro máximo para o sensor de fluxo do data logger foi inferido a 10% para todas as faixas de vazão.

Com o uso do cronômetro foi identificado um erro na precisão do tempo dos eventos registrados no equipamento data logger durante os testes, em aproximadamente 1 segundo. Utilizou-se uma torneira de 1/4 de volta, um cronômetro e uma balança devidamente calibrada e aferida com etiqueta do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) emitida pela CERTI (Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras) de acordo com a NBR ISO/IEC 17.025 (ABNT, 2017). Quando necessária, a calibração foi realizada com base nos valores previamente aferidos.

Foi possível calibrar cada sensor alterando a constante de vazão definida no arquivo log.csv, que é gravado no cartão de memória do data logger (na linha de calibração). Pois o cálculo de volume é efetuado dividindo a quantidade de pulsos registrados por evento, pela constante de vazão de cada sensor.

Para a calibração foi utilizada a mesma balança de precisão usada no procedimento de aferição. Foram coletadas dez amostras, pesadas com a balança e em seguida, determinado o volume para cada evento e anotada a quantidade de pulsos registrados para cada evento. Essa informação aparece na tela do programa *SmartMeter* ao término de cada evento quando o

equipamento era conectado ao computador. Foi identificado o valor médio de pulsos por litro das dez medidas realizadas e substituído este valor na linha de calibração do programa, onde foram salvos os valores da constante de vazão para cada sensor.

Para a instalação dos data loggers foi necessário fechar o registro de gaveta dos ambientes molhados para rosquear os medidores de fluxo entre o ponto de saída da parede e os aparelhos hidrossanitários. Após instalação, o registro de gaveta era aberto para verificar se algum ponto apresentava vazamentos e, quando necessário, consertava-se a perda gerada pela instalação dos equipamentos. Vale ressaltar que não foram reparados vazamentos em aparelhos hidrossanitários que já apresentavam perdas antes das instalações dos data loggers, para que fosse estimada a perda gerada.

Até quatro medidores de fluxo puderam ser conectados a um módulo posicionado em um ponto estratégico, de forma que não ficasse exposto aos processos de lavagem dos ambientes. O cabeamento e extensão elétrica do módulo data logger foram colados contra a parede com fitas adesivas, Figura 9.

Figura 9 – Medidores de fluxo instalados em torneiras, chuveiros, mictórios e filtros de água, conectados a módulos data logger



O monitoramento do uso de água em pontos de consumo ocorreu por pelo menos uma semana. Em geral, os data loggers registraram medições entre 7 e 10 dias. Mas nos casos em que houve alguma falha no equipamento instalado, feriado ou indisponibilidade de acesso às instalações, o período de medição se estendia em até 20 dias.

É importante ressaltar que a instalação desses equipamentos serviu como base dessa etapa e as demais técnicas foram utilizadas para validar os resultados obtidos com as medições específicas ou como técnica complementar, quando a instalação dos data loggers era inviável devido à grandeza do estabelecimento.

Os pontos monitorados na UBS utilizando os equipamentos de medição do fluxo de água do tipo data logger foram: lavatórios (consultórios, sala de vacinação, sala de curativos, sala de coleta de exames, sala do serviço de segurança), pias de uso geral (sala de medicação,

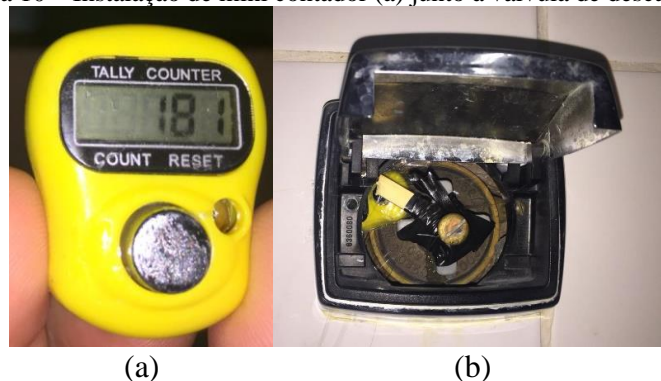
expurgo e central de material de esterilização) e pia de cozinha, tanque (depósito de material de limpeza e da área externa) e nos lavatórios e chuveiros (banheiros administrativos e de atendimento aos pacientes).

Na UPA foram monitorados: lavatórios, chuveiros e bacias sanitárias (banheiro/vestiário feminino e masculino), lavatório e bacia sanitária (banheiros feminino e masculino para atendimento aos pacientes), lavatório (refeitório, sala de medicação, sala de odontologia, consultório, sala de exames eletrocardiograma e sala de coleta de exames), tanque (depósito de material de limpeza), pia de cozinha e filtro (copa do servidor), pia de uso geral (laboratório de análises clínicas, sala de medicação, sala de procedimentos) e ducha higiênica (sala de procedimentos).

No hospital, todos os pontos de uso de água na cozinha, refeitório e copas foram monitorados utilizando os equipamentos de medição do fluxo de água do tipo data logger. Os equipamentos também foram instalados nos lavatórios e chuveiros (banheiros dos quartos andorinha e bem-te-vi, Ala de internação A; joão-de-barro e papagaio, Ala de internação B; enfermaria 3 e 4, Ala de internação C; banheiro administrativo; banheiro feminino da unidade ambulatorial da Ala de internação C; e banheiro masculino dessa mesma Ala).

Porém, não foi possível realizar a instalação de data loggers para medir o fluxo de água nas bacias sanitárias com válvula de descarga dos banheiros no hospital. Para tanto, foi instalado um mini contador digital entre a válvula de descarga e seu acabamento para registrar o número de vezes em que a descarga sanitária era acionada, nos mesmos banheiros em que foram instalados os data loggers, Figura 10. O mini contador é um equipamento de registro eletrônico, composto por botão de luz LED ao fundo para ocasiões escuras, display LCD Digital com 5 dígitos e botão de reset. Desliga automaticamente após 15 minutos e recupera o número contado anteriormente quando acionado novamente para registro de frequência de uso, e não é um equipamento resistente à água.

Figura 10 – Instalação de mini contador (a) junto à válvula de descarga (b)



As medições com o uso de mini contadores foram realizadas por um período de 17 dias e obtida a frequência média de uso diário dos aparelhos. Com as informações coletadas sobre o volume de descarga das bacias sanitárias pelos fabricantes, em litros por fluxo (lpf), foi possível estimar o volume de uso diário de cada aparelho sanitário pelo produto do volume de descarga e frequência média de uso diário.

#### 4.1.2.5. Projeção das medições específicas

Dada a complexidade e o tamanho do HAB, não foi possível monitorar os usos finais de água em todos os banheiros. Para tanto, foram selecionados banheiros representativos de cada setor do hospital em função das atividades desenvolvidas (atendimento, assistência e administração) e tipo de usuário (funcionário e paciente) para monitoramento dos usos finais de água. O número de usuários dos banheiros foi levantado e, portanto, foi possível gerar indicadores de consumo per capita para cada uso final monitorado em litros por funcionário por dia (l/fun/d) e litros por paciente por dia (l/pac/d). Com isso, estes indicadores de consumo por uso final foram multiplicados pelo número total de funcionários e pacientes para estimar o consumo de água por uso final nos banheiros de funcionários e pacientes. Os usos finais das pias de uso geral também foram projetados utilizando indicadores de medições específicas.

#### 4.1.2.6. Medições setorizadas

Para verificar o volume de água utilizado na lavanderia do HAB, foi instalado hidrômetro no trecho de distribuição de água do setor, antes da coluna de água, Figura 11. A Companhia Saneamento de Goiás S/A – SANEAGO forneceu dois hidrômetros para realização da pesquisa e realizou as aferições no laboratório de hidrometria, emitindo o laudo de verificação de cada equipamento. Os resultados metrológicos obtidos estão dentro da faixa de normalidade conforme portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. Os hidrômetros são do tipo multijato magnético (DN 50), da fabricante LAO, modelo MJ 9B5, classe B, vazão máxima de 20 m<sup>3</sup>/h e vazão mínima de 200 l/h.

Figura 11 – Instalação de hidrômetro na tubulação que distribui água para a lavanderia



Medições do consumo de água foram realizadas dentro de um período de 28 dias. A leitura do hidrômetro foi realizada na data da instalação e retirada do equipamento por meio de registros fotográficos tiradas pelo técnico da instalação predial e enviadas aos pesquisadores por meio de aplicativo de celular. A lavanderia possui duas máquinas de lavar roupas e tecidos hospitalares com capacidade de 50 kg. Antes de cada lavagem, as roupas e os tecidos hospitalares são pesados em balança pelo funcionário do hospital e seu peso anotado em um diário de registro. A pesagem era realizada diariamente, de 4 a 6 vezes por dia.

Dados do registro de pesagem de cada lavagem, durante o período de medição, foram utilizados para gerar indicadores de uso final e identificar o volume de água utilizada por lavagem em litros por ciclo (l/c). Os modelos e marcas dos equipamentos laboratoriais e cadeira odontológica foram identificados durante a vistoria hidráulica e, baseado nas informações técnicas de fabricantes, seus consumos diários foram estimados pelo tempo de utilização e período de atendimento semanal.

#### 4.1.2.7. Entrevistas semiestruturadas

Para melhor compreensão do uso da água pelos usuários foram realizadas entrevistas semiestruturadas e coletadas informações referentes às características de ocupação e uso da edificação, dias e horários de funcionamento, atividades relacionadas à limpeza, irrigação, preparo de alimentos, limpeza da piscina e manutenção do sistema hidráulico. O Apêndice A apresenta os modelos utilizados para realização das entrevistas.

Foram realizadas entrevistas com a gerente administrativa e chefe de limpeza na UBS, com o gerente administrativo, chefe de limpeza, responsável pela manutenção do estabelecimento e responsáveis específicos de cada setor na UPA. No hospital, com a chefe de limpeza, com os responsáveis pela limpeza da piscina e pela manutenção, chefes de laboratórios de análises clínicas e de triagem neonatal. Para realizar entrevista com o responsável pela limpeza da piscina, utilizou-se um aplicativo tradutor entre português e libras para facilitar o diálogo em função da deficiência auditiva do entrevistado.

#### 4.1.2.8. Observações *in loco*

Por meio de observações *in loco* foi possível acompanhar os serviços de limpeza da piscina, lavagem de pisos e limpeza de ambientes internos e o processo de lavagem de roupas durante um dia de serviço de cada atividade consumidora de água.

Como também, levantar as frequências de uso das bacias sanitárias na Unidade básica de saúde (UBS), devido à inviabilidade para instalação dos mini contadores nas válvulas de descarga do estabelecimento. A equipe monitorou o número de acionamentos durante um dia,

entre 7h e 19h. O volume utilizado em cada aparelho sanitário da UBS foi estimado conforme o número de acionamentos e sua vazão, identificada conforme o fabricante.

O volume de água usado nos processos de lavagem de pisos e limpeza de ambientes internos dos estabelecimentos, pôde ser encontrado pelo produto da vazão de torneiras de uso geral e tempo de abertura das torneiras. O volume de água utilizado diariamente para completar o nível de água da piscina de fisioterapia no HAB, após processo de limpeza, foi determinado pelo produto de sua área superficial e diferença de altura após enchimento.

## **4.2. Processamento e análise dos dados quantitativos**

Com os resultados da análise de dados quantitativos foram obtidos indicadores de consumo predial (per capita, por área e por leito) de cada tipo de estabelecimento analisado.

### **4.2.1. Análise estatística descritiva dos dados**

Os dados obtidos com o levantamento qualitativo foram analisados estatisticamente por meio do programa de computador IBM SPSS Statistics 25. Foram utilizadas as variáveis: área construída, número de funcionários, produção ambulatorial e consumo predial de água.

Análises com diagramas de caixa e bigode informaram sobre a distribuição dos escores e detecção de valores atípicos (outliers). Os valores atípicos identificados foram retirados das amostras de cada estabelecimento e os diagramas de caixa e bigode refeitos para verificar como os dados se comportavam após remoção dos outliers. Esses valores poderiam induzir o modelo de maneira tendenciosa.

Em seguida, foram analisados os histogramas para cada variável a fim de visualizar a melhor distribuição dos escores e realizada uma análise estatística descritiva com finalidade de quantificar a forma das distribuições. Foram analisadas a média e o desvio padrão para descrever as características dos dados, e observados os dados de assimetria e curtose, para verificar se a distribuição era normal.

Com uso dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk foi verificada a normalidade das distribuições. Esses testes comparam escores de uma amostra a uma distribuição normal modelo de mesma média e variância dos valores encontrados na amostra (FIELD, 2009). Em seguida, foi avaliada a significância das amostras para verificar se elas podiam ser classificadas como uma distribuição normal ou não-normal. Se o teste é não-significativo ( $p > 0,05$ ) os dados da amostra não diferem significativamente de uma distribuição normal e se o teste é significativo ( $p < 0,05$ ), a distribuição é significativamente diferente de uma distribuição normal, ou seja, ela é não-normal (FIELD, 2009).

Até o momento, os dados dos estabelecimentos assistenciais de saúde foram analisados por tipologia (UBS, UPA e hospital). No entanto, como a pesquisa não envolve a comparação entre grupos de estabelecimentos e o que importa é a distribuição global dos dados, as amostras foram agrupadas e as análises realizadas com os dados contínuos. Caso essa análise fosse realizada em conjunto, seriam identificados inúmeros outliers devido à diversidade dos escores de cada amostra, visto que as três tipologias têm padrões distintos quanto ao consumo mensal de água, população e área construída.

Após agrupamento dos dados foram gerados os histogramas para verificar a distribuição dos escores, e ainda, avaliada a homogeneidade da variância. Para tal finalidade foi utilizado o teste de Levene, que verifica a hipótese de que a variância nos grupos é a mesma, isto é, a diferença entre as variâncias é zero. Dessa forma, se o teste de Levene é significativo quando  $p \leq 0,05$ , pode-se concluir que a hipótese nula é incorreta e que as variâncias são significativamente diferentes (FIELD, 2009).

Após exploração dos dados e identificação de possíveis desvios da normalidade, verificou-se a necessidade da transformação dos dados para corrigir problemas de distribuição dos escores e realização de testes que tenham por base a hipótese de dados normalmente distribuídos. Para isso, foi necessário modificar os escores por meio da opção de transformação logarítmica ( $\log(X_1)$ ). A escolha se justifica pela necessidade de redução da assimetria positiva verificada nos histogramas.

Os testes de normalidade foram refeitos depois da transformação dos dados. Na sequência, foram realizadas as análises de correlação e regressão após verificação da representatividade estatística dos dados.

#### 4.2.1.1. Análise de correlação

Para verificar o relacionamento da variável dependente (consumo de água) com as variáveis independentes (área construída, número de funcionários e produção ambulatorial) foram realizadas correlações bivariadas. Utilizou-se o coeficiente de correlação linear  $r$ , também chamado de coeficiente de correlação do produto dos momentos de Pearson, para medir a força da associação linear entre duas variáveis. Esse coeficiente pode variar entre  $-1$  e  $+1$ , e a correlação será tanto mais forte quanto mais próximo o coeficiente estiver desses valores e será tanto mais fraca quanto mais próximo estiver de zero (MATTOS; KONRATH; AZAMBUJA, 2017). Pode-se dizer que a correlação é fraca se  $0 \leq r \leq 0,5$ , forte se  $0,8 \leq r \leq 1$  e moderada em caso contrário (DEVORE, 2006).

Por fim, foi gerada uma tabela de coeficientes de correlação para todas as combinações de variáveis possíveis, chamada de matriz de correlações. Juntamente com cada coeficiente de



correlação foi apresentado o valor da significância da correlação e o tamanho da amostra (N). Cada variável é perfeitamente correlacionada com ela própria e por isso o  $r = 1$  e as demais variáveis podem correlacionar positivamente ou negativamente com a variável dependente.

#### 4.2.1.2. Análise de regressão

Identificada a presença da correlação linear entre duas variáveis, foi utilizada a regressão para determinar a reta que melhor se ajusta ao diagrama de dispersão dos dados amostrais, denominada reta de regressão. O critério usado foi a propriedade dos “mínimos quadrados”, descrito algebricamente pela Equação 1.

A equação de regressão expressa uma relação entre  $x$ , denominada variável independente, e  $y$ , variável dependente. Os valores da inclinação  $b_1$ , e do intercepto  $b_0$ , caracterizado pelo ponto em que a linha cruza o eixo vertical do gráfico, podem ser encontrados com o uso de programas de computador (FIELD, 2009; TRIOLA, 2017).

$$y = b_0 + b_1x \quad (1)$$

$y$  = variável dependente

$x$  = variável independente

$b_0$  = intercepto  $y$

$b_1$  = inclinação

Para determinar qual reta melhor se ajustou aos dados no diagrama, foram utilizadas como critério as distâncias verticais entre os pontos dados originais e a reta de regressão, denominadas de resíduos. Para a análise da variável dependente a partir de diversas variáveis independentes, o estudo fez uso da regressão múltipla, Equação 2.

$$y = (b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k) + \varepsilon \quad (2)$$

$y$  = variável dependente

$x$  = variável independente

$b_0$  = intercepto  $y$

$b_1$  = inclinação

$k$  = número de variáveis independentes ou variáveis  $x$

$\varepsilon$  = erro aleatório

Para verificar se a equação de regressão múltipla se ajustou bem aos dados amostrais, foi utilizado como ferramenta o coeficiente de determinação múltipla  $R^2$ . Resultados com  $R^2 = 1$ , indica um ajuste perfeito,  $R^2$  próximo a 1 indica um ajuste muito bom e  $R^2$  próximo a 0 indica um ajuste muito ruim. No entanto, esse coeficiente aumenta à medida que as variáveis são incluídas, e por causa dessa falha, é indicado usar um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  ajustado, Equação 3. Com o teste de Durbin-Watson foi analisada a hipótese de independência dos resíduos.

$$R^2_{ajustado} = 1 - \left( \frac{n-1}{n-k} \right) (1 - R^2) \quad (3)$$

$n$  = número de casos ou participantes

$k$  = número de previsores no modelo

$R^2$  = valor não ajustado (obtido com a análise de regressão múltipla)

Em seguida, com a análise de variância ANOVA, foi verificado se o modelo de regressão era significativamente melhor para prever a saída do que utilizar a média das variáveis previsoras. Para tanto, a significância do  $R^2$  foi testada utilizando a razão de  $F$ , calculada a partir da Equação 4. Conforme Field (2009 p. 196), “ $F$ ” representa a razão de melhoria na previsão que resulta do ajuste do modelo em comparação com a imprecisão que ainda existe no modelo”.

A razão  $F$  é considerada significativa com uma probabilidade menor do que 0,001, ou seja, esse resultado informa que existe uma probabilidade menor do que 0,1% de que um valor  $F$  tão alto tenha ocorrido apenas por acaso. Além do valor  $F$ , foram avaliados os graus de liberdade ( $gl$ ). Esse valor é igual ao número de previsores no caso de melhoria ocasionada pelo modelo (FIELD, 2009).

$$F = \frac{(n - k - 1)R^2}{(k - R^2)} \quad (4)$$

$n$  = número de casos ou participantes

$k$  = número de previsores no modelo

Para avaliar a existência de uma alta correlação entre as variáveis independentes foram feitos testes estatísticos de colinearidade utilizando o FIV (Fator de Inflação da Variância). Para testar a normalidade dos resíduos, os dados foram analisados por meio de gráfico do \*ZRESID (resíduos padronizados ou erros) e \*ZPRED (valores previstos padronizados da variável dependente com base no modelo), histograma e diagrama de probabilidades normais.

#### 4.2.2. Modelo de previsão de demanda de água

Após certificado que as hipóteses da regressão foram satisfeitas e que o modelo poderia ser estendido para além da amostra avaliada na pesquisa, os dados foram utilizados para compor um modelo de previsão da demanda de água para os estabelecimentos assistenciais de saúde. Para utilização do modelo foram substituídos os valores  $b$  da Equação 5, pelos valores da saída (SPSS) das variáveis independentes: área construída, número de funcionários e produção ambulatorial.

$$D_{EAS} = b_0 + (b_1 \times N_{Fun}) + (b_2 \times A_c) + (b_3 \times P_{Amb}) + \varepsilon \quad (5)$$

$D_{EAS}$  = demanda de água nos estabelecimentos assistenciais de saúde (l/d)

$A_c$  = área construída (m<sup>2</sup>)  
 $N_{Fun}$  = número de funcionários  
 $P_{Amb}$  = produção ambulatorial  
 $b_0$  = intercepto y  
 $b_{1,2 e 3}$  = inclinação  
 $\varepsilon$  = erro aleatório

#### 4.2.3. Indicadores de consumo predial de água por tipologia

Com os dados coletados pela análise documental foi possível gerar indicadores de consumo predial per capita (l/p/d), por leito (l/leito/d) e por área construída (l/m<sup>2</sup>/d) baseado nas medianas de consumo faturado, população (fixa e flutuante), número de leitos e área construída, Equação 6.

$$IC = \frac{V}{Var} \quad (6)$$

$IC$  = Indicador de consumo de água  
 $V$  = Volume de água consumido (l)  
 $Var$  = variável (população, leito ou área construída)

#### 4.3. Processamento e análise dos dados qualitativos

Com os resultados da análise de dados qualitativa foram obtidos indicadores de consumo por uso final (funcionário, paciente, área, refeição e quilo de roupa lavada) de cada tipo de estabelecimento analisado.

##### 4.3.1. Indicadores de consumo por uso final de água por tipologia

Com os dados de usos finais de água coletados com as medições específicas foram gerados indicadores de consumo predial por uso final por paciente (l/pac/d), funcionário (l/fun/d), quilo de roupa lavada (l/kg/d) e refeição consumida (l/ref/d) com base na demanda de água por uso final, Equação 7. Ressalta-se que foram considerados os dados da população total de cada estabelecimento (funcionários e pacientes) para gerar indicadores por uso final.

$$\overline{IC} = \frac{\overline{D}_d}{Var} \quad (7)$$

$\overline{IC}$  = Indicador de consumo de água por uso final  
 $\overline{D}_d$  = Demanda diária por uso final (l/d)  
 $Var$  = variável (paciente, funcionário, quilo de roupa lavada ou refeição)

A demanda diária por uso final pôde ser obtida pela razão entre o somatório dos eventos de consumo por uso final dos equipamentos hidráulicos e os dias em que foram monitorados. Para essa análise foram retiradas as ocorrências que não registraram uso durante a medição, Equação 8. A partir dos dados coletados de volume de água consumido por uso final e

frequência de uso foram identificadas as vazões médias dos equipamentos hidráulicos, Equação 9.

$$\bar{D}_d = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^n V_i \quad (8)$$

$\bar{D}_d$  = Demanda diária por uso final (l/d)  
 $d$  = Número de dias de consumo  
 $V$  = Volume consumido por uso final (l)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{t_i} \right) \quad (9)$$

$\bar{q}$  = Vazão média de equipamento hidráulico (l/s)  
 $V$  = Volume de água consumido (l)  
 $t$  = Tempo de uso (s)

Por fim, a demanda diária por uso final foi comparada à média diária do consumo predial medido pela concessionária com a finalidade de verificar a discrepância entre o consumo medido (medições específicas) e o consumo faturado, Equação 10.

$$\varepsilon = \left[ \left( \sum_{i=1}^n \bar{D}_{di} + \sum_{i=1}^m \hat{P}_{di} \right) \times \left( \frac{\bar{C}_a}{365} \times 1000 \right)^{-1} \right] \times 100 \quad (10)$$

$\varepsilon$  = Discrepância (%)  
 $\bar{D}_d$  = Demanda diária por uso final (l/d)  
 $\hat{P}_d$  = Perdas diárias estimadas (l/d)  
 $\bar{C}_a$  = Consumo predial anual (m<sup>3</sup>/ano)

#### 4.4. Composição dos indicadores de consumo predial e por uso final de água dos modelos representativos

A maioria dos estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal possuem características similares em cada tipologia quanto à estrutura física, serviços prestados e tipo de atendimentos realizados. Nesse sentido, foi desenvolvido um modelo representativo para UBS, UPA e hospital com base em modelos estatísticos, utilizando dados coletados com o levantamento qualitativo, referentes às características da edificação (área construída, número de funcionários, produção ambulatorial e consumo predial de água), como também, dados coletados com o levantamento qualitativo (usos finais do consumo de água).

Para que os modelos tivessem uma maior representatividade do estoque edificado dos estabelecimentos assistenciais de saúde no Distrito Federal, um fator de correção foi aplicado ao consumo estimado por uso final para que a sua somatória resultasse em dados mais próximos ao consumo faturado, Equação 11 e, com isso, gerado indicadores de consumo por uso final de

água. Assim foram obtidos os consumos base ( $D_{base}$ ), Equação 12, e os indicadores de consumo base por uso final ( $IC_{base}$ ) dos estabelecimentos assistenciais de saúde, Equação 13.

$$F_c = \frac{V}{\bar{D}_d} \quad (11)$$

$F_c$  = Fator de consumo

$V$  = Volume de água consumido (l)

$\bar{D}_d$  = Demanda diária por uso final (l/d)

$$D_{base} = \bar{D}_d \times F_c \quad (12)$$

$D_{base}$  = Demanda base (l/d)

$\bar{D}_d$  = Demanda diária por uso final (l/d)

$F_c$  = Fator de consumo

$$IC_{base} = \frac{D_{base}}{Var} \quad (13)$$

$IC_{base}$  = Indicador de consumo base de água por uso final (l/p/d)

$D_{base}$  = Demanda base diária (l/d)

$Var$  = variável (paciente ou funcionário)

#### 4.5. Análise dos benefícios

Os benefícios ambientais e financeiros gerados pelo emprego de equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável foram analisados tanto na escala do edifício quanto na escala urbana. Inicialmente, foi identificado o potencial de redução do consumo de água predial com base nos modelos representativos de cada tipologia para as diferentes estratégias conservadoras de água (equipamentos economizadores, sistema de aproveitamento de água de chuva e sistema de reúso de águas cinzas).

Em seguida, o potencial de redução do consumo de água foi projetado para os demais estabelecimentos das Regiões Administrativas do Distrito Federal. Para tanto, foram levantados a quantidade de estabelecimentos e seus respectivos consumos de água. As edificações foram enquadradas por tipologia para cada Região Administrativa para identificar a demanda de água (m<sup>3</sup>/ano) por RA para cada tipo de estabelecimento.

Foram estimados os benefícios financeiros gerados pelo uso das diferentes estratégias conservadoras de água. Para isso, foi determinado o período de retorno dos gastos com a implementação de diferentes tecnologias, os benefícios financeiros gerados ao longo da vida e gerados indicadores de valor econômico da conservação de água (R\$/m<sup>3</sup>).

#### 4.5.1. Benefícios ambientais

Os benefícios ambientais referem-se ao potencial de redução do consumo de água potável, que, por sua vez, está diretamente relacionado com a capacidade de cada estratégia conservadora reduzir o consumo de água fornecido pela concessionária. O potencial de redução de água potável foi calculado a partir dos dados de consumo base e economia de água no período de um ano, Equação 14.

Para os equipamentos economizadores de água, a economia de água foi obtida após a simulação resultante da troca de equipamentos convencionais por economizadores, devido à redução de vazão. Para sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de águas cinzas, a economia foi obtida em função do balanço hídrico (oferta e demanda) para cada cenário simulado.

$$P_{\%} = \frac{E_a}{D_{base}} \times 100 \quad (14)$$

$P_{\%}$  = Potencial de redução do consumo de água potável em porcentagem

$D_{base}$  = Demanda base (m<sup>3</sup>/ano)

$E_a$  = Economia de água (m<sup>3</sup>/ano)

##### 4.5.1.1. Equipamentos economizadores de água

A economia de água potável resultou da diferença entre consumo base e consumo reduzido, Equação 15. Por sua vez, o consumo reduzido foi obtido pela razão entre o produto da vazão reduzida e o consumo base, pela vazão base, conforme indicado na Equação 16.

$$E_a = D_{base} - D_{red} \quad (15)$$

$E_a$  = Economia de água (m<sup>3</sup>/ano)

$D_{base}$  = Demanda base (m<sup>3</sup>/ano)

$D_{red}$  = Demanda de água reduzida (m<sup>3</sup>/ano)

$$D_{red} = \frac{q_{red} \times D_{base}}{q_{base}} \quad (16)$$

$D_{red}$  = Demanda de água reduzida (m<sup>3</sup>/ano)

$D_{base}$  = Demanda base (m<sup>3</sup>/ano)

$q_{red}$  = vazão reduzida (l/s)

$q_{base}$  = vazão base (l/s)

A definição dos equipamentos economizadores teve como objetivo promover a redução do consumo de água potável com base nas necessidades dos usuários e nas características da tipologia analisada. Optou-se pelo uso de produtos com características de durabilidade para minimizar custos com manutenção e resistentes ao vandalismo (AV) e por equipamentos indicados para uso público. As vazões reduzidas foram identificadas a partir das especificações dos fabricantes, atentando aos parâmetros estabelecidos pela NBR 13713 (2009) para garantir o desempenho do aparelho e o conforto do usuário, Tabela 16.

Tabela 16 – Vazões mínimas recomendadas

Aparelhos	Vazão (l/s)
<b>Torneira para lavatório</b>	
Torneira de mesa acionada mecanicamente e com ciclo de fechamento automático	0,04 l/s
<b>Torneira para pia (cozinha, copa e laboratórios)</b>	
Torneira alavanca para cotovelo - clínica móvel (cozinha e copa)	0,04 l/s
Torneira alavanca para cotovelo - clínica alta (laboratório)	0,04 l/s
<b>Bacia sanitária</b>	
Bacia sanitária convencional	6 litros/fluxo
Válvula de descarga com tecnologia de duplo acionamento	3 e 6 litros/fluxo
Mecanismo de descarga para caixa acoplada	3 e 6 litros/fluxo

Fonte: ABNT (2009); DECA (2017); DOCOL (2017); DRACO (2019)

#### 4.5.1.2. Sistemas de aproveitamento de água de chuva

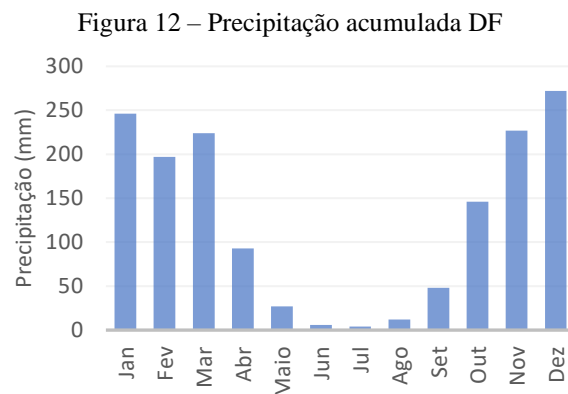
Para identificar a economia de água potável gerada com a implementação de sistemas de aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis foi necessário levantar informações referentes a:

##### i. Área de captação

Os dados foram obtidos por meio de imagens aéreas disponíveis no Google Earth® e foi considerada a área de cobertura no plano horizontal.

##### ii. Dados pluviométricos

Dados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologias – INMET e incluem informações de precipitação média mensal para uma série histórica de 30 anos. Conforme verificado na Figura 12, a estação chuvosa tem início em outubro e estende-se até março, enquanto a estação seca no DF inicia em abril e finaliza em setembro.



Fonte: Adaptado de INMET (2021)

##### iii. Oferta de água de chuva

A oferta de água de chuva ( $Q_t$ ) foi estimada de acordo com os valores médios da área de cobertura dos estabelecimentos e dados de precipitação média mensal do Distrito Federal, Equação 17. Utilizou-se um coeficiente de 0,9 para considerar as perdas de água da chuva durante o escoamento devido ao fato da maioria das coberturas serem de telhas de fibrocimento. Também foram usados filtros comercialmente disponíveis com 90% de eficiência.

$$Q_t = P_t \times A \times C_e \times C_f \quad (17)$$

$Q_t$  = Oferta de água de chuva (litros) no intervalo de tempo,  $t$

$P_t$  = Precipitação média (mm) no intervalo de tempo,  $t$

$A$  = Área da cobertura

$C_e$  = Coeficiente de escoamento

$C_f$  = Coeficiente de aproveitamento (perdas)

iv. Demanda de água não potável

Foi estimada com base nos dados de usos finais de água dos modelos representativos a partir da simulação de diferentes cenários dependendo da tipologia, Tabela 17.

Tabela 17 – Cenários de demanda de água não potável: AAC

Tipologia	Cenário	Usos não potáveis
UBS	1	Lavagem de Pisos
	2	Descarga Sanitária
	3	Lavagem de Pisos & Descarga Sanitária
UPA	1	Lavagem de Pisos
	2	Descarga Sanitária (Bacia Sanitária e Expurgo)
	3	Lavagem de Pisos & Descarga Sanitária (Bacia Sanitária e Expurgo)
Hospital	1	Lavagem de Pisos
	2	Descarga Sanitária (Bacia Sanitária, Mictório e Expurgo)
	3	Máquina de lavar roupas
	4	Lavagem de Pisos, Descarga Sanitária (Bacia Sanitária, Mictório e Expurgo) & Máquina de lavar roupas

v. Simulação do desempenho dos reservatórios de armazenamento de água de chuva (cisternas)

Com os dados da oferta de água de chuva disponível e as demandas para os diferentes cenários foram realizadas simulações de desempenho de diferentes capacidades de reservatórios baseadas em intervalos de tempo diários, simulando fluxos de massa com algoritmos específicos com uso de um modelo comportamental, Equação18, considerando a regra operacional de coleta após transbordamento (*yield after spillage*) (FEWKES, 1999), Equação19.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (18)$$

Sujeito a  $0 \leq V_{t-1} \leq C$

$V_t$  = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo,  $t$

$V_{t-1}$  = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo,  $t - 1$

$Q_t$  = Oferta de água de chuva no intervalo de tempo,  $t$

$D_t$  = Demanda de água de chuva no intervalo de tempo,  $t$

$C$  = Capacidade de armazenamento

$$Y_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{array} \right. \quad (19)$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ C \end{array} \right.$$



$Y_t$  = Coleta de água de chuva no intervalo de tempo,  $t$

As simulações foram realizadas para identificar a economia de água potável com uso de cisternas de volumes variados, conforme indicado na Tabela 18. As faixas das capacidades das cisternas foram adotadas em função da oferta e da demanda de água para cada tipo de estabelecimento de saúde. Os cenários foram simulados até a curva da economia de água estabilizar ( $m^3$ /ano) e identificar o cenário ótimo.

Tabela 18 – Cenários de volume das cisternas ( $m^3$ )

Cenários	UBS	UPA	Hospital
	V ( $m^3$ )	V ( $m^3$ )	V ( $m^3$ )
1	1 - 10	5 - 50	5 - 50
2	10 - 100	50 - 500	250 - 2500
3	10 - 100	50 - 500	250 - 2500
4	--- ---	--- ---	50 - 500

#### 4.5.1.3. Sistemas de reúso de águas cinzas

A economia de água potável foi obtida com base no balanço hídrico para diferentes cenários por tipologia, apoiado nos dados da oferta para diminuir a demanda. Foram levantadas informações referentes a:

##### i. Oferta de águas cinzas para reúso

Foi estimada conforme resultados obtidos com o levantamento dos usos finais do consumo de água dos modelos representativos, considerando os efluentes gerados pelas torneiras de lavatórios e chuveiros.

##### ii. Demanda de água não potável

A demanda foi estimada com base nos usos finais do consumo de água dos modelos representativos para diferentes cenários, Tabela 19.

Tabela 19 – Cenários de demanda de água não potável: RAC

Tipologia	Cenário	Usos não potáveis
UBS	1	Lavagem de Pisos
	2	Descarga Sanitária
	3	Lavagem de Pisos & Descarga Sanitária
UPA	1	Lavagem de Pisos
	2	Descarga Sanitária (Bacia Sanitária e Expurgo)
	3	Lavagem de Pisos & Descarga Sanitária (Bacia Sanitária e Expurgo)
Hospital	1	Lavagem de Pisos
	2	Descarga Sanitária (Bacia Sanitária, Mictório e Expurgo)
	3	Lavagem de Pisos & Descarga Sanitária (Bacia Sanitária, Mictório e Expurgo)

##### iii. Sistema de reúso de águas cinzas

As unidades de tratamento dos efluentes foram determinadas de acordo com a estimativa do volume diário de águas cinzas a serem tratadas para sistemas disponíveis comercialmente

no mercado brasileiro. Nesse sentido, o tratamento é realizado apenas para a quantidade de água cinza necessária para cada demanda.

#### 4.5.2. Benefícios financeiros

Para a análise financeira foi necessário contabilizar custos de implantação, incluindo material e mão de obra, e custos com despesas de operação e manutenção do sistema, incluindo custo de energia elétrica para o bombeamento de água, além do benefício gerado pela economia de água potável na edificação. Foram utilizados três métodos diferentes como critérios de avaliação financeira: payback, análise do custo da vida útil ou *Life-Cycle cost analysis* (LCCA) e custo incremental médio ou *Average incremental cost* (CIM).

##### 4.5.2.1. Payback

O método foi utilizado como diretriz inicial para comparação do período de recuperação dos investimentos. Nesse sentido, o menor período de retorno foi considerado como melhor investimento, e os períodos de retorno acima da vida útil do sistema foram vistos como opções inviáveis para investimento. Para identificar o período de retorno de uma medida de conservação de água (PB) foi dividido o custo capital de investimento  $K$  pela soma do produto da economia de água mensal  $E_a$  e a tarifa mensal de água e esgoto  $T_{ae}$  para o período de um ano, subtraído dos custos operacionais  $C_o$  envolvidos, Equação 20.

$$PB = \frac{K}{[\sum_1^{12}(E_a \times T_{ae})] - C_o} \quad (20)$$

$PB$  = Payback (anos)

$K$  = Custo capital de investimento (R\$)

$E_a$  = Economia de água mensal (m<sup>3</sup>)

$T_{ae}$  = Tarifa de água e esgoto mensal (R\$/m<sup>3</sup>)

$C_o$  = Custo operacional anual (R\$)

Os custos de capital de investimento referentes aos equipamentos, componentes e sistemas de tratamento foram estimados pelo menor preço obtido a partir de três cotações de fornecedores locais. Ressalta-se que não foram incluídos os custos de materiais e reformas para a adaptação predial das redes de coleta de águas cinzas e de redes de distribuição de água potável. Os serviços de instalação foram obtidos de acordo com o número estimado de trabalhadores e dias necessários para execução do serviço, multiplicado pela taxa média diária de mão de obra de construção por pessoa no Distrito Federal.

O consumo de energia foi calculado pelo produto da demanda elétrica para acionar a bomba de água ( $W$ ), o número estimado de horas que a bomba trabalha em um ano (hr/ano) e

a tarifa de energia elétrica praticada pela concessionária de serviços públicos local, equivalente a R\$ 0,839 por KWh de consumo (ANEEL, 2022).

A tarifa fixa de água e esgoto mensal para a categoria não residencial (comercial, industrial e pública) foi obtida com a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. A tarifa envolve um valor fixo de R\$ 21,55 cobrado tanto para o serviço de água quanto para o serviço de esgoto, além da cobrança do valor efetivamente consumido de água e esgoto, conforme demonstrado na Tabela 20 (CAESB, 2022). Para análise dos benefícios financeiros foi considerado tanto a alíquota para água quanto para esgoto.

No Apêndice B é apresentado o orçamento dos equipamentos e insumos para composição dos custos iniciais dos sistemas conservadores de água (equipamentos economizadores, sistema de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas).

Tabela 20 – Tarifa mensal para o período de 01/06/2021 a 31/05/2022

<b>COMERCIAL, INDUSTRIAL E PÚBLICA</b>				<b>R\$21,55</b>
	Faixa m <sup>3</sup>	Vol. Faixa	Alíquota Preço p/ m <sup>3</sup>	Da Faixa (R\$)
1	0 a 4	4	6,26	25,04
2	5 a 7	3	7,82	23,46
3	8 a 10	3	10,09	30,27
4	11 a 40	30	12,51	375,3
5	Acima de 40		14,77	

Fonte: CAESB (2022)

#### 4.5.2.2. Análise do custo da vida útil ou *Life-cycle cost analysis* (LCCA)

O método de análise do custo da vida útil foi utilizado para comparar os benefícios totais gerados pelos diferentes sistemas de AAC, RAC e equipamentos economizadores, considerando o valor presente líquido dos custos e benefícios gerados durante sua vida útil ( $t = 30$  anos), Equação 21. O tempo médio de vida útil dos equipamentos economizadores e componentes hidráulicos foi estimado de acordo com fontes secundárias e fabricantes, Tabela 21 e Tabela 22. O valor referente à troca dos componentes hidráulicos cuja vida útil estimada é inferior a 30 anos foi incluído nos custos de capital e operação.

$$LCCA = -K_0 + \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (21)$$

$LCCA$  = Análise do custo da vida útil (R\$)

$K_0$  = Custo capital no ano zero (R\$)

$B_t$  = Benefícios no ano,  $t$  (R\$/ano)

$C_t$  = Custos no ano,  $t$  (R\$/ano)

$i$  = Taxa de juros anual (%)

$n$  = Vida útil (anos)

Os valores referentes aos benefícios anuais  $B_t$  foram calculados a partir do potencial de redução de consumo de água, multiplicado pela alíquota cobrada em blocos tarifários por faixa de consumo pela concessionária local  $T_{ae}$ . Os custos anuais  $C_t$  são relativos ao valor presente líquido dos custos operacionais anuais.

Tabela 21 – Estimativa de vida útil para equipamentos economizadores

Uso da água eficiente	Vida útil indicada (anos)	Vida útil estimada (anos)
Torneira com fechamento automático	10-30	30
Restritor de fluxo para torneira de banheiro	10-30	30
Válvula de descarga com tecnologia de duplo acionamento	15-30	30
Restritor de fluxo para torneira de cozinha	10-30	30

Fonte: Adaptado de Sant'Ana (2011)

Tabela 22 – Estimativa de vida útil para componentes hidráulicos

Componente Hidráulico	Vida útil indicada (anos)	Vida útil estimada (anos)
Tubulações em PVC	> 20	30
Bombas de recalque	5-10	7,5
Filtros pluviais em PVC e Aço Inox	10-50	30
Válvulas solenóide	5-10	7,5
Torneiras bóia	10-15	12,5
Chaves bóia	10-15	12,5
Reservatórios	> 20	30
Unidade de tratamento	10-50	30

Fonte: Sant'Ana (2011)

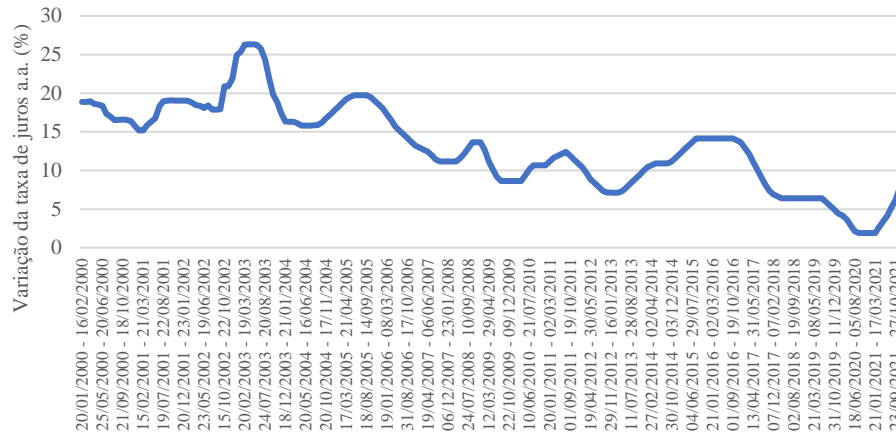
As taxas de juros utilizadas nas simulações variaram entre 1% e 30%, com intuito de avaliar o melhor momento para investimento nos sistemas conservadores de água devido às oscilações da economia. Para tanto, foram analisadas diferentes taxas de juros praticadas pelo mercado: INCC (Índice Nacional de Custo da Construção), Figura 13, SELIC (Taxa básica de juros da economia utilizada pelo Banco Central), Figura 14 e TLP (Taxa de longo prazo utilizada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDES), Figura 15.

Figura 13 – Histórico INCC 2000 – 2021



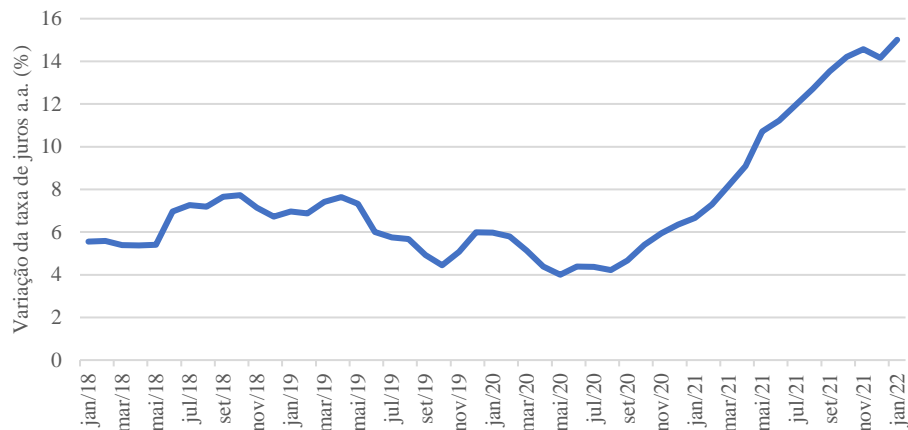
Fonte: Adaptado de Fundação Getúlio Vargas – FGV, (2022)

Figura 14 – Histórico SELIC 2000 – 2021



Fonte: Adaptado do Banco Central do Brasil (2022)

Figura 15 – Histórico TLP 2018 – 2021



Fonte: Adaptado do Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES (2022)

Nos últimos dois anos (2020 e 2021), o menor valor do INCC foi de 3,68% a.a., a taxa SELIC 1,9% a.a. e o TLP, 4% a.a. Em 2022, esses valores alcançaram 13,04%, 10,75% e 10,59% respectivamente. Após análise do histórico das taxas, verificou-se uma mediana de 7,29% para o INCC, 12,92% para a taxa SELIC e 6,66% para a TLP, Tabela 23.

Tabela 23 – Variação das taxas de juros

Taxa	Período	Taxa de juros % a.a.			Taxa juros % a.a.
		Mínima	Máxima	Mediana	fev/22
INCC	2000 - 2021	3,25 %	18,94 %	7,29 %	13,04 %
SELIC	2000 - 2021	1,90 %	26,32 %	12,92 %	10,75 %
TLP	2018 - 2021	5,56 %	14,16 %	6,66 %	10,59 %

#### 4.5.2.3. Custo incremental médio ou *Average incremental cost* (CIM)

Realizou-se uma análise de custo incremental médio para comparar a rentabilidade de tecnologias de diferentes grandezas. Com o CIM foi possível nivelar os resultados para

comparação do benefício financeiro por volume de água economizada durante o tempo ( $t = 30$  anos) e gerar indicadores de valor econômico da conservação de água, em R\$/m<sup>3</sup> para os sistemas AAC, RAC e equipamentos economizadores.

O custo incremental médio foi obtido pelo valor presente líquido de uma série de custos futuros de capital e de operação para uma determinada estratégia conservadora que está gerando benefícios financeiros, dividido pela economia de água total em um determinado tempo, conforme Equação 22.

$$CIM = - \left[ \frac{K - B + C_o}{E_a} \right] \quad (22)$$

$CIM$  = Custo incremental médio (R\$/m<sup>3</sup>)

$K$  = VPL do custo capital (R\$)

$B$  = VPL dos benefícios (R\$)

$C_o$  = VPL dos custos operacionais (R\$)

$E_a$  = Economia de água total (m<sup>3</sup>)

Assim, os três métodos contribuíram na identificação do sistema conservador de água mais viável economicamente para cada tipologia analisada, por um período de 30 anos. Com o método *payback* foi identificado o tempo necessário para recuperação do investimento inicial, auxiliando na identificação e exclusão das opções que resultaram em um período de retorno do investimento acima da vida útil dos componentes hidráulicos e equipamentos economizadores. Em seguida, com o método de análise do custo da vida útil foram verificadas as opções que apresentaram custos mais elevados que os benefícios financeiros. Com o custo incremental médio foi obtido o custo por unidade (m<sup>3</sup>) de água economizada.

Foram considerados “cenários ótimos” aqueles que apresentaram os maiores benefícios e menores custos. Logo após, pôde ser realizada a projeção do valor monetário economizado (R\$/ano) na escala da edificação e urbana quando utilizado a estratégia conservadora que apresentou os melhores custos-benefícios em cada tipologia. Para tanto, foram utilizados os dados do custo incremental médio e a economia de água potável, Equação 23. Ressalta-se que para a análise foram gerados diferentes custos incrementais pela variação do valor presente líquido dos custos e benefícios ao longo dos 30 anos quando aplicadas as taxas de juros entre 1% e 30% a.a.

$$V_{econ} = CIM * E_a \quad (23)$$

$V_{econ}$  = Valor economizado (R\$/ano)

$CIM$  = Custo incremental médio (R\$/m<sup>3</sup>)

$E_a$  = Economia de água (m<sup>3</sup>/ano)

#### 4.6. Síntese do capítulo

Este capítulo apresentou os procedimentos adotados para identificar as soluções viáveis promovidas pela implementação de estratégias voltadas à conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.

Inicialmente, as características de cada tipologia foram identificadas por meio de levantamentos quantitativos e qualitativos. Os dados foram analisados e processados para composição dos modelos representativos para unidade básica de saúde, unidade de pronto atendimento e hospital. Com isso, foi possível gerar indicadores de consumo predial, de consumo setorizado, de usos finais de água, indicadores financeiros e um modelo de previsão de demanda urbana de água por tipo de estabelecimento de saúde.

A amostra representativa desta pesquisa incluiu 97 UBS, 5 UPA e 11 Hospitais, totalizando 113 estabelecimentos. A maioria dos estudos prévios utilizou apenas uma amostra ( $n = 1$ ) e fez a coleta de dados apenas em hospitais. Somente D'Alessandro *et al.* (2016) apresentaram dados de consumo de hospitais e unidades locais de saúde, com uma amostragem de 179 estabelecimentos. No entanto, fez uso de questionário para coletar dados relativos ao uso da água e não caracterizaram os usos finais de água.

Na sequência, análises ambientais foram realizadas a partir da identificação do potencial de redução do consumo de água potável pelo emprego de equipamentos economizadores de água, sistema de aproveitamento de água de chuva e sistema de reúso de águas cinzas. Com a análise de viabilidade da implantação de cada estratégia conservadora de água por tipologia foram identificados os benefícios financeiros. Por fim, foram identificadas as soluções viáveis por tipologia e determinadas diretrizes para um planejamento estratégico para a Secretaria da Saúde do Distrito Federal.

O método delineado para a pesquisa mostrou-se eficiente para caracterização dos usos finais de água por meio do emprego de diferentes técnicas para realização da auditoria do consumo de água em diferentes tipos de estabelecimentos de saúde. O uso de data loggers mostrou ser uma técnica mais precisa, entretanto, complexa e demorada, além da necessidade da instalação de equipamentos específicos para medição do consumo de água. Poucos estudos da literatura revisada fizeram uso de técnicas com maior precisão para estimar os usos finais de água utilizando sensores de fluxo (19%) ou análise de traço (8%).

Com a primeira etapa do método, foi alcançado o primeiro objetivo específico: caracterizar os estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal em termos do tipo de atendimento, padrões de ocupação, área e consumo predial. Com a segunda etapa, foram gerados modelos representativos em cada tipo de estabelecimento assistencial de saúde do

Distrito Federal (UBS, UPA e Hospital) para analisar o consumo de água e gerar indicadores de consumo por uso final.

Com a terceira etapa, foram analisados os benefícios ambientais e financeiros para identificar o potencial de redução do consumo de água potável, os custos e os benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável na escala (micro) da edificação e na escala (macro) urbana. Com isso, foi alcançado o terceiro objetivo específico. Após a conclusão das etapas, foram identificadas as soluções viáveis para cada tipo de estabelecimento de saúde em função das oscilações das taxas de juros.



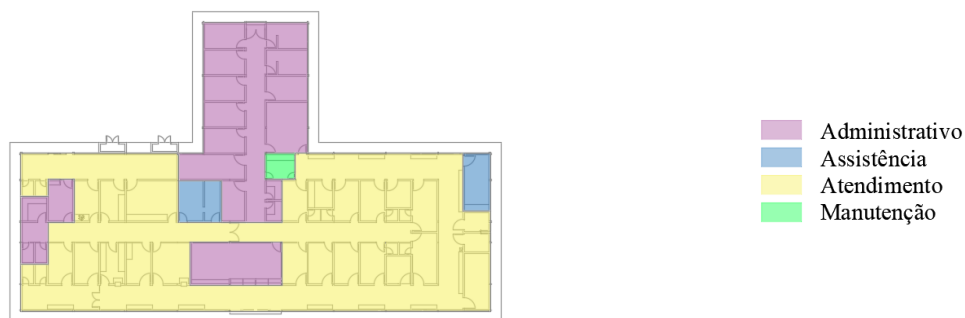
## 5. RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA COMPOSIÇÃO DOS MODELOS

Com base no método descrito no capítulo anterior, foram realizadas auditorias do consumo de água em um tipo de cada estabelecimento assistencial de saúde no Distrito Federal (unidade básica de saúde, unidade de pronto atendimento e hospital) para composição dos modelos representativos.

### 5.1. Unidade básica de saúde – UBS

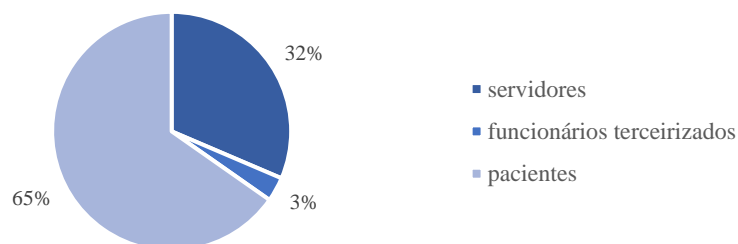
O Centro de Saúde nº13 caracteriza-se como uma edificação térrea, área construída de 811,00 m<sup>2</sup> e área verde aproximadamente de 447,16 m<sup>2</sup>. Oferece atendimento ambulatorial (7h – 19h segunda a sexta-feira e 7h – 12h, aos sábados) e está dividida em setores, Figura 16. Foi inaugurada há mais de trinta anos e passou por uma reforma em 2011 para ampliação dos espaços e realização de serviços gerais de manutenção.

Figura 16 – Planta de setorização da UBS



A população é composta pelo somatório entre o número de pessoas fixas (57 servidores efetivos e 06 funcionários terceirizados) e flutuantes, caracterizadas pelos atendimentos realizados nas especialidades médicas e de enfermagem, acolhimentos, vacinação e odontologia (3.078 pacientes atendidos, agosto de 2018). A população total diária é de 181 p/d e a relação entre o número de pessoas por área construída é de 0,22 p/m<sup>2</sup>. O maior índice da população está representado pelo número de pacientes (65%), Figura 17.

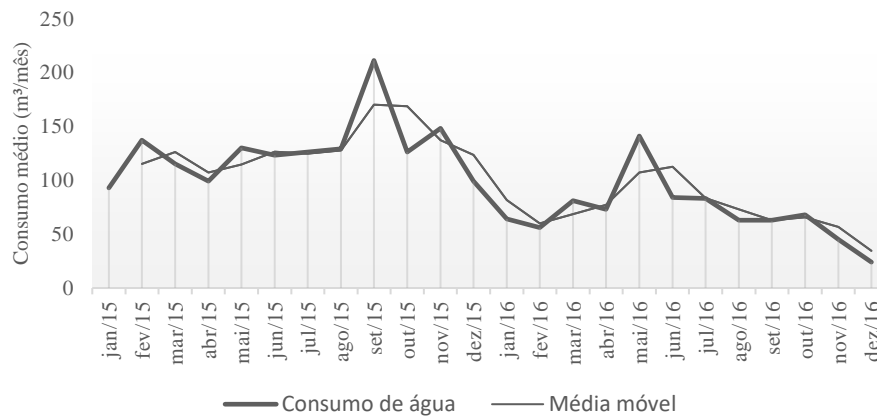
Figura 17 – População diária: UBS



### 5.1.1. Consumo predial

Verificou-se uma redução no consumo ao longo dos anos analisados. Em 2015, o consumo manteve-se na média mensal de 128 m<sup>3</sup>, com elevação no mês de setembro (211 m<sup>3</sup>). Em 2016, a média mensal foi de 70 m<sup>3</sup>, registrando aumento em maio (141 m<sup>3</sup>), Figura 18. O consumo médio mensal de água foi de 99 m<sup>3</sup>/mês e apresentou grandes variações nos meses de maio e setembro (136 e 137 m<sup>3</sup>/mês, respectivamente). O consumo mínimo foi registrado no mês de dezembro (62 m<sup>3</sup>/mês), Figura 19.

Figura 18 – Evolução do consumo de água dos anos de 2015 e 2016 (m<sup>3</sup>/mês): UBS



O consumo diário médio equivalente foi de 1,03 m<sup>3</sup>. Os valores chegaram a um máximo de 1,63 m<sup>3</sup> no meio da semana (quarta-feira), e o menor valor foi registrado na segunda-feira, 0,55 m<sup>3</sup>, Figura 20. Apesar de o funcionamento da UBS finalizar às 12h nos sábados, o consumo de água foi superior a outros dias da semana, justificado pela realização da limpeza pesada em todo o estabelecimento. No domingo, não há registro de consumo porque os atendimentos são realizados de segunda a sábado.

Figura 19 – Consumo mensal médio: UBS

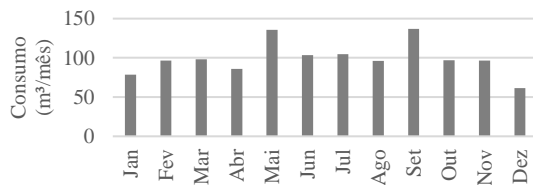
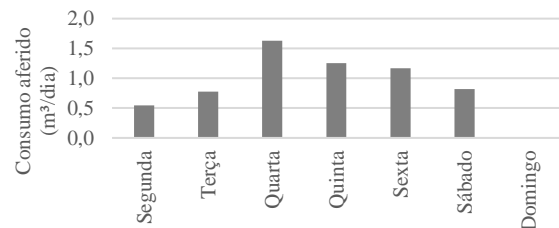


Figura 20 – Consumo diário médio: UBS



### 5.1.2. Indicadores de consumo predial e de usos finais de água

Os resultados demonstraram um consumo predial médio de 1.190,50 m<sup>3</sup>/ano, com uma demanda mensal equivalente a 99,21 m<sup>3</sup>/mês e foram obtidos indicadores de consumo per capita (17,98 l/p/d) e por área (4,02 l/m<sup>2</sup>/d). A Tabela 24 faz um resumo dos valores medianos de vazão (Q), tempo por uso (T), frequência diária (F) e indicadores de consumo de água (IC) para

cada aparelho consumidor. Os dados de frequência apresentados na tabela referem-se à somatória do número de usos por dia de todos os equipamentos com as mesmas características do estabelecimento.

Para gerar os indicadores de consumo por funcionário (l/func/d) e paciente (l/pac/d) foi considerada a população total. Os indicadores mais representativos foram verificados nas bacias sanitárias dos banheiros dos funcionários (11,05 l/func/d) e nas bacias sanitárias dos banheiros dos pacientes (5,88 l/pac/d).

Tabela 24 – Indicadores de usos finais de água: UBS

<b>USOS FINAIS DE ÁGUA</b>	<b>Q</b>	<b>T (s)</b>	<b>F</b>	<b>C (l/d)</b>	<b>IC</b>
<b>Administrativo e copa</b>					<b>1,08 l/func/d</b>
Lavatório (2)	0,04 l/s	16	9	6,15	0,10 l/func/d
Pia de cozinha com filtro (1)	0,06 l/s	7	159	61,66	0,98 l/func/d
<b>Atendimento</b>					<b>3,83 l/func/d</b>
Lavatório (15)	0,05 l/s	18	160	152,21	2,42 l/func/d
Pia (4)	0,03 l/s	11	127	48,73	0,77 l/func/d
Bacia sanitária (3)	9,00 lpf	---	47	522,00	0,64 l/func/d
<b>Assistência médica</b>					<b>0,03 l/pac/d</b>
Lavatório (1)	0,05 l/s	10	5	2,54	0,02 l/pac/d
Pia (3)	0,03 l/s	6	8	1,51	0,01 l/pac/d
<b>Banheiro de pacientes</b>					<b>7,88 l/pac/d</b>
Lavatório (5)	0,27 l/s	17	50	236,41	2,00 l/pac/d
Bacia sanitária (4)	9,00 lpf	---	62	696,00	5,88 l/pac/d
<b>Banheiro de funcionários</b>					<b>13,38 l/func/d</b>
Lavatório (6)	0,06 l/s	17	137	138,54	2,20 l/func/d
Chuveiro (4)	0,08 l/s	106	1	8,64	0,14 l/func/d
Bacia sanitária (4)	9,00 lpf	---	62	696,00	11,05 l/func/d
<b>Lavagem de pisos</b>					<b>0,43 l/m<sup>2</sup>/d</b>
Tanque (2)	0,09 l/s	44	59	225,14	0,28 l/m <sup>2</sup> /d
Torneira de uso geral (5)	0,27 l/s	22	20	122,37	0,15 l/m <sup>2</sup> /d
<b>Irrigação</b>					<b>3,33 l/m<sup>2</sup>/d</b>
Torneira de jardim (1)*	0,24 l/s	1800	1	525,69	3,33 l/m <sup>2</sup> /d
<b>Vazamento</b>					
Lavatório (1)	0,001 l/s	86400	1	65,32	---
Ducha higiênica (2)**	0,00001 l/s	86400	1	0,96	---

Em parêntesis, o número de aparelhos hidrossanitários.

l/s = litro por segundo; lpf = litro por fluxo; s = tempo por uso em segundos; l/d = litro por dia; l/func/d = litro por funcionário por dia; l/pac/d = litro por paciente por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

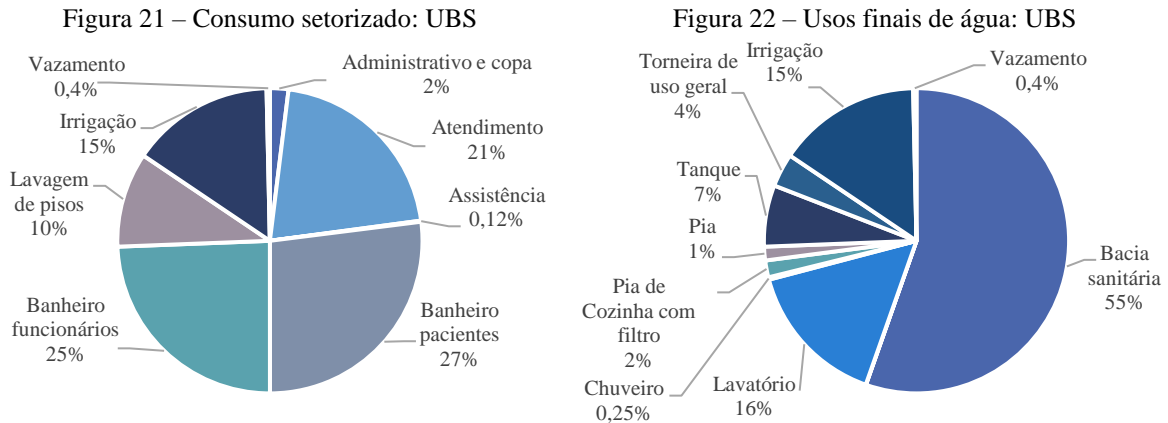
\* Irrigação realizada apenas 1 vez ao dia.

\*\* As duchas higiênicas da sala de curativos e do banheiro dos pacientes não registram consumo durante o monitoramento, mas apresentaram vazamentos.

### 5.1.3. Diagnóstico do consumo setorizado

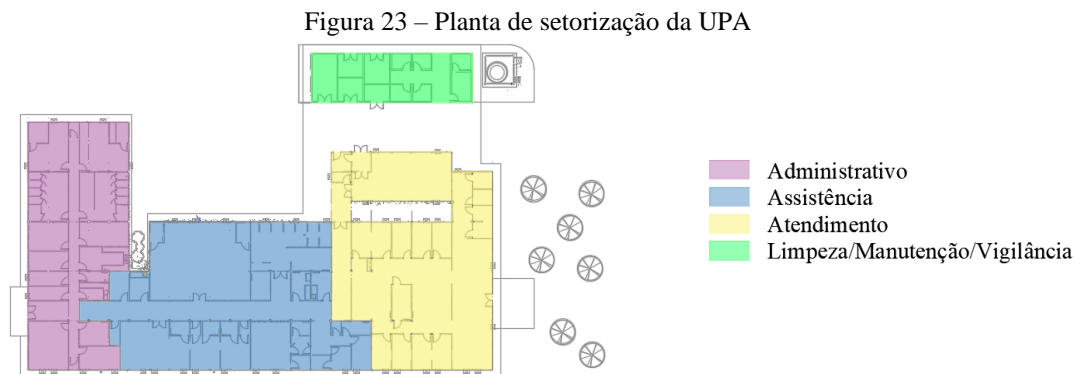
Os resultados da estimativa do volume de água diário identificaram que o banheiro dos pacientes (933,05 l/d) foi responsável pelo maior consumo, seguido pelo banheiro dos funcionários (843,18 l/d) e o do setor de atendimento (723,27 l/d), Figura 21. No setor de atendimento, encontram-se as salas destinadas ao atendimento dos pacientes (consultórios médicos, sala de acolhimento, curativos, medicação e coleta de exames).

A estimativa do volume de água por uso final dos equipamentos hidráulicos indicou que os maiores consumos foram resultantes das bacia sanitárias (1.914,00 l/d), lavatórios (535,84 l/d) e irrigação (525,69 l/d) da horta. Os vazamentos foram responsáveis por 0,4% do consumo (13,12 l/d), Figura 22. Ao final, foi obtida uma discrepância de 5,98% a partir da análise do consumo por uso final (3.456,71 l/d) e consumo predial medido pela concessionária (3.261,64 l/d).



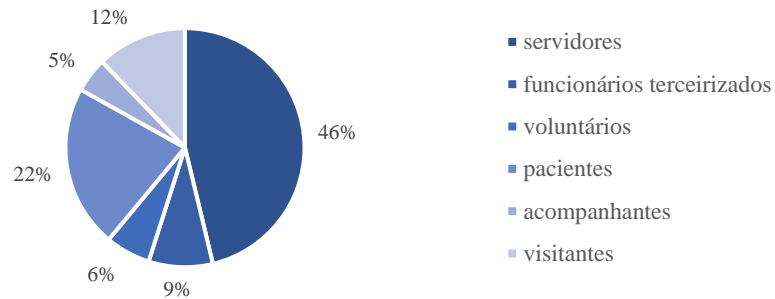
## 5.2. Unidade de pronto atendimento – UPA

A unidade de pronto atendimento Núcleo Bandeirante foi inaugurada em 2013 e oferece atendimento de urgência e emergência 24h. Caracteriza-se por uma edificação térrea, com área construída de 1.547,45 m<sup>2</sup> e área verde aproximada de 954,92 m<sup>2</sup>. A Figura 23 apresenta a setorização do edifício.



A população é formada por 197 servidores efetivos, 26 voluntários e 37 funcionários terceirizados. O número médio de atendimentos mensal é de 2.830 (392 internações, 336 pacientes odontológicos, 1.906 atendimentos em emergência de clínica médica e 196 exames diversos solicitados por outras unidades). Em média, o número de acompanhantes por mês é de 600 pessoas e o número de visitantes, 1.560. A população total diária é de 426 p/d e a relação entre o número de pessoas por área construída é de 4,70 p/m<sup>2</sup>. O maior índice da população está representado pelo número de servidores (46%), Figura 24.

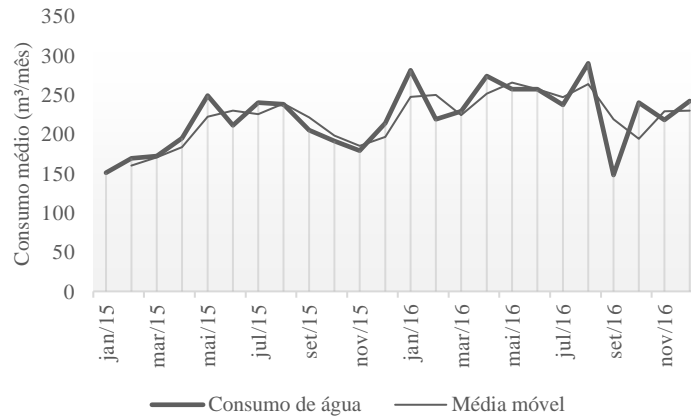
Figura 24 – População diária: UPA



**5.2.1. Consumo predial**

Verificou-se um aumento de consumo gradativo ao longo dos meses (2015 – 2016), com pico registrado no mês de maio/2015 (249 m<sup>3</sup>) e agosto/2016 (290 m<sup>3</sup>). O consumo mais baixo foi registrado em setembro/2016 (148 m<sup>3</sup>), Figura 25. O consumo médio mensal de água foi de 221,09 m<sup>3</sup>/mês, sendo o consumo máximo registrado no mês de agosto (264 m<sup>3</sup>/mês) e mínimo em setembro (176,5 m<sup>3</sup>/mês), Figura 26.

Figura 25 – Evolução do consumo de água dos anos de 2015 e 2016 (m<sup>3</sup>/mês): UPA



O consumo diário médio foi de 6,76 m<sup>3</sup>, com máximo de 7,65 m<sup>3</sup> do meio da semana (quarta-feira) e o menor na segunda-feira (4,64 m<sup>3</sup>). Verificou-se uma diminuição do consumo no sábado, mas no domingo foi praticamente equivalente ao consumo registrado durante a semana, Figura 27.

Figura 26 – Consumo mensal médio: UPA

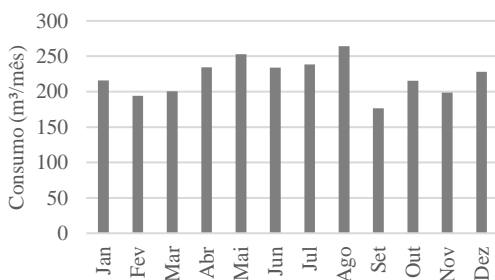
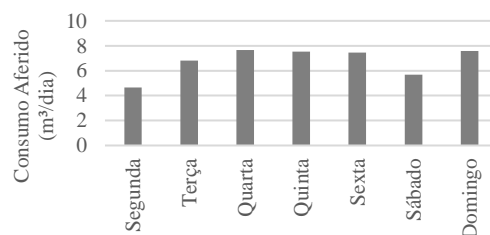


Figura 27 – Consumo diário médio: UPA



### 5.2.2. Indicadores de consumo e usos finais de água

Resultados demonstraram um consumo predial médio de 2.653,00 m<sup>3</sup>/ano, com uma demanda mensal equivalente a 221,08 m<sup>3</sup>/mês e foram obtidos indicadores de consumo per capita (17,05 l/p/d), por área (4,70 l/m<sup>2</sup>/d) e por leito (484,57 l/leito/d). A Tabela 25 faz um resumo dos valores medianos de vazão (Q), tempo por uso (T), frequência diária (F) e indicadores de consumo de água (IC) para cada aparelho consumidor. Os indicadores de consumo mais representativos foram as bacias sanitárias dos banheiros dos pacientes (7,10 l/pac/d) e bacias sanitárias dos banheiros dos funcionários (6,22 l/fun/d).

Tabela 25 – Indicadores de usos finais de água: UPA

USOS FINAIS DE ÁGUA	Q	T (s)	F	C (l/d)	IC
<b>Administrativo</b>					<b>0,06 l/fun/d</b>
Lavatório (2)	0,08 l/s	18	10	15,02	0,06 l/fun/d
<b>Copas &amp; refeitório</b>					<b>5,65 l/fun/d</b>
Pia de cozinha (3)	0,08 l/s	22	770	1405,62	5,41 l/fun/d
Filtro (2)	0,04 l/s	33	54	64,01	0,25 l/fun/d
Buffet de banho maria (1)	0,16 l/s	301	2	77,63	0,40 l/r/d
<b>Atendimento</b>					<b>0,85 l/fun/d</b>
Lavatório (10)	0,04 l/s	11	261	114,11	0,44 l/fun/d
Pia (4)	0,05 l/s	13	69	41,82	0,16 l/fun/d
Filtro (2)	0,04 l/s	33	54	64,01	0,25 l/fun/d
<b>Assistência médica</b>					<b>4,99 l/pac/d</b>
Lavatório (1)	0,07 l/s	10	22	15,08	0,16 l/pac/d
Pia (3)	0,04 l/s	12	137	62,21	0,66 l/pac/d
Pia para expurgo (1)*	0,04 l/s	5400	0,4	92,57	0,98 l/pac/d
Expurgo (1)	6,00 lpf	---	0,4	2,57	0,03 l/pac/d
Equipamento de laboratório (1)	0,04 l/s	1050	7	298,09	3,16 l/pac/d
<b>Banheiro de pacientes</b>					<b>9,13 l/pac/d</b>
Lavatório (8)	0,07 l/s	10	180	120,61	1,28 l/pac/d
Chuveiro (3)	0,08 l/s	95	10	71,80	0,76 l/pac/d
Bacia sanitária (7)	6,00 lpf	---	120	669,33	7,10 l/pac/d
<b>Banheiro de funcionários</b>					<b>9,44 l/fun/d</b>
Lavatório (14)	0,07 l/s	15	674	644,82	2,48 l/fun/d
Chuveiro (8)	0,08 l/s	95	27	191,46	0,74 l/fun/d
Bacia sanitária (8)	6,00 lpf	---	122	1617,20	6,22 l/fun/d
<b>Lavagem de pisos</b>					<b>0,06 l/m<sup>2</sup>/d</b>
Tanque (2)	0,20 l/s	22	22	95,24	0,06 l/m <sup>2</sup> /d
<b>Vazamento</b>					
Lavatório do banheiro: manutenção e vigilância	0,0001 l/s	86400	1	10,00	---
Bacia sanitária banheiro: uso dos pacientes	0,0017 l/s	86400	1	144,00	---
Ducha higiênica (3)**	0,00001 l/s	86400	1	1,09	---

Em parêntesis, o número de aparelhos hidrossanitários.

l/s = litro por segundo; lpf = litro por fluxo; s = tempo por uso em segundos; l/d = litro por dia; l/fun/d = litro por funcionário por dia; l/pac/d = litro por paciente por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

\* Pia para expurgo: utilizada três vezes por semana

\*\* Ducha higiênica do banheiro dos funcionários e setor de atendimento não registram consumo durante o monitoramento, mas apresentaram vazamentos.

### 5.2.3. Diagnóstico do consumo setorizado

Resultados da estimativa do volume de água diário identificaram que o banheiro dos funcionários (2.454,11 l/d) foi responsável pelo maior consumo, seguido pelo setor administrativo (1.562,28 l/d), Figura 28. A estimativa do volume de água por uso final dos equipamentos hidráulicos indicou que os maiores consumos foram registrados na bacia sanitária (2.286,53 l/d), pia de cozinha (1.405,62 l/d) e lavatório (909,63 l/d). Os vazamentos foram responsáveis por 3% do consumo (154 l/d), Figura 29. Ao final, foi obtida uma discrepância de -19,95% a partir da análise do consumo por uso final (5.818,27 l/d) e consumo predial medido pela concessionária (7.268,49 l/d).

Figura 28 – Consumo setorizado: UPA

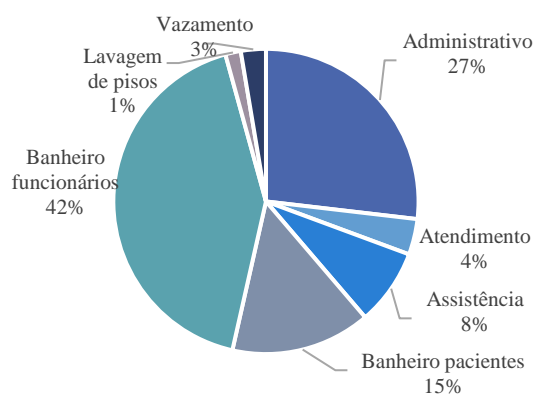
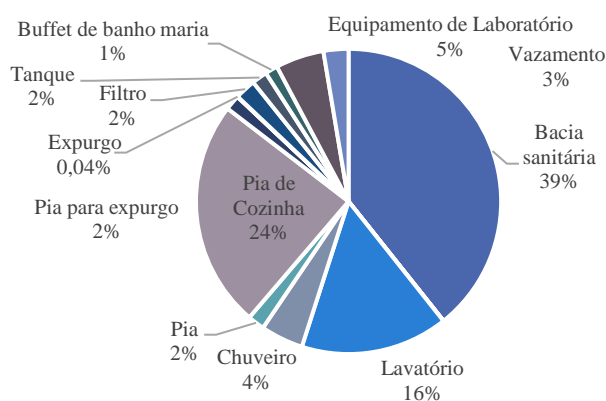


Figura 29 – Usos finais de água: UPA

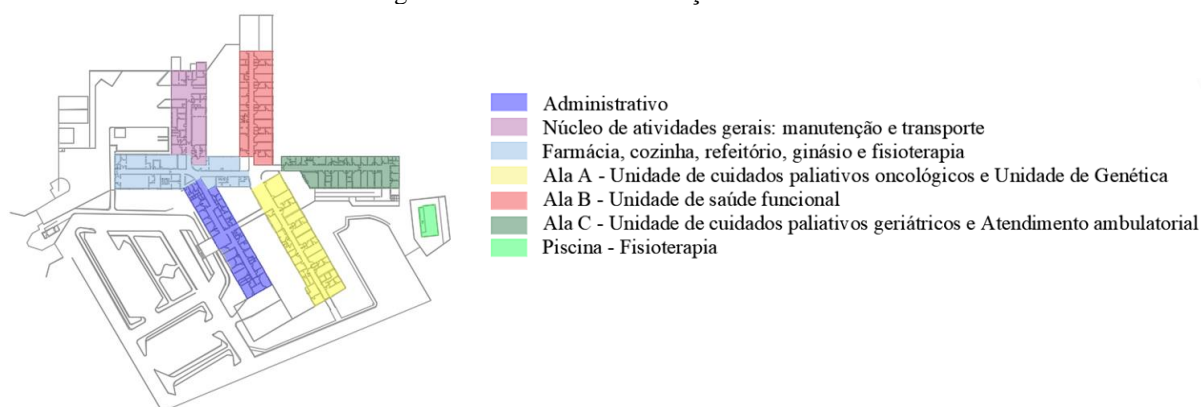


### 5.3. Hospital

O Hospital de Apoio de Brasília foi inaugurado em 1994 e possui uma organização pavilhonar predominantemente térrea para o desenvolvimento de suas atividades de atendimento ambulatorial e internações, cuidados paliativos oncológicos, reabilitação física, genética (triagem neonatal e doenças raras), Figura 30. A edificação sofreu alterações na estrutura física ao longo do tempo em função do uso, novos equipamentos e necessidades de trabalho, o que implicou no remanejamento dos espaços e adaptação do existente.

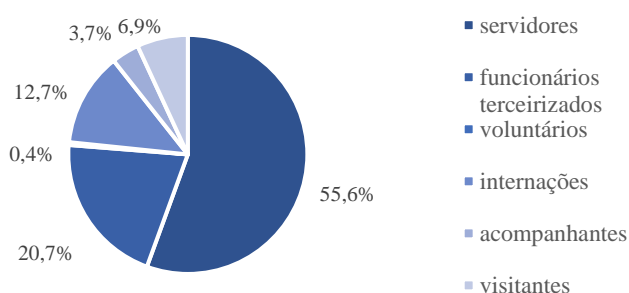
Com uma área construída de 4.520,00 m<sup>2</sup>, o HAB possui um sistema de distribuição indireta de água potável para abastecer diferentes pontos de consumo em banheiros, cozinha, refeitório, copas, lavanderia, lavatórios e pias de uso geral em alas de atendimento, assistência e administrativo. As torneiras de uso geral para lavagem de pisos, torneiras de jardim e o registro da piscina de fisioterapia possuem uma rede de distribuição direta de água da concessionária local.

Figura 30 – Planta de setorização do HAB



O hospital possui 59 leitos distribuídos em 21 enfermarias e é composto por uma população fixa (funcionários públicos e terceirizados) de 341 pessoas e uma população flutuante (internações, acompanhantes, visitantes e atendimento ambulatorial) de aproximadamente 132 pessoas. O maior índice da população total diária é representado pelo número de servidores (55,6%), Figura 31.

Figura 31 – População diária: HAB



### 5.3.1. Consumo predial

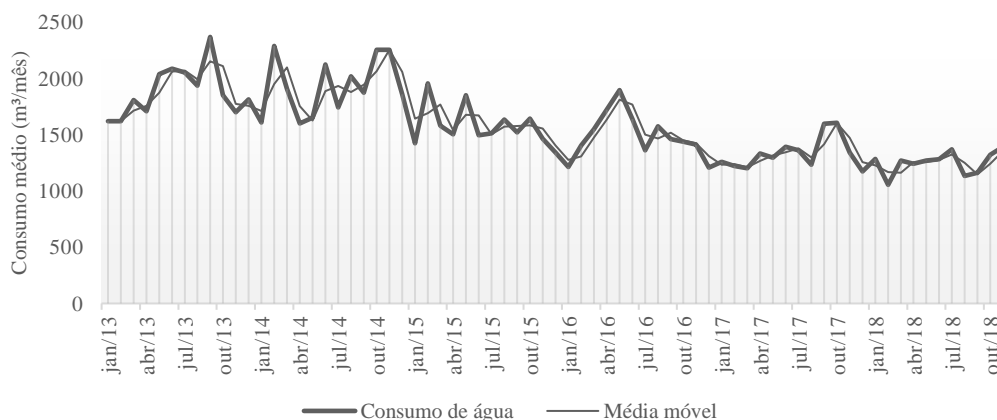
Verificou-se uma redução no consumo ao longo dos anos, principalmente no segundo semestre de 2016 até o final de 2018, que pode ter sido provocada pelo racionamento de água no Distrito Federal em 2016, devido à crise hídrica. Com a diminuição da oferta de água, as atividades de limpeza foram restringidas à parte interna do edifício. Nas áreas externas, a limpeza passou a ser realizada em caso de extrema necessidade devido às condições de higiene.

No ano de 2013, houve um aumento de consumo gradativo, registrando seu ápice em setembro. Em 2014, o consumo variou ao longo dos meses, com picos mais elevados nos meses de fevereiro, junho, outubro e novembro, e menores consumos em abril e maio. Em 2015, o consumo teve uma diminuição gradativa, com apenas dois registros de elevação, entre fevereiro e maio. O ano de 2016 iniciou com aumento no consumo que se prolongou até maio e nos demais meses verificou-se redução no consumo. Em 2017, observa-se um consumo regular



entre os meses com pequena elevação nos meses de agosto e setembro. Em 2018, foi registrado um dos menores consumos mensais quando comparado aos demais anos analisados, Figura 32.

Figura 32 – Evolução do consumo de água dos anos de 2013 a 2018 (m<sup>3</sup>/mês): HAB



O consumo médio mensal de água apresentou pequenas variações devido ao número de atendimentos realizados e internações. O consumo máximo foi registrado no mês de maio (1.668 m<sup>3</sup>/mês) e mínimo em janeiro (1.402 m<sup>3</sup>/mês), com uma média de consumo de 1.582 m<sup>3</sup>/mês, Figura 33. O consumo diário médio aferido foi equivalente a 42,80 m<sup>3</sup>, com máximo de 60,45 m<sup>3</sup> durante o início da semana e valores mínimos nos finais de semana, 15,31 m<sup>3</sup> ao sábado e 4,18 m<sup>3</sup> no domingo, Figura 34.

Figura 33 – Consumo mensal médio: HAB

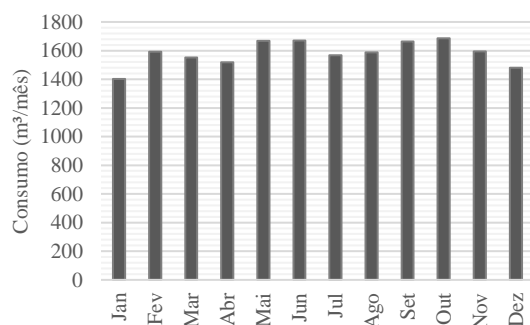
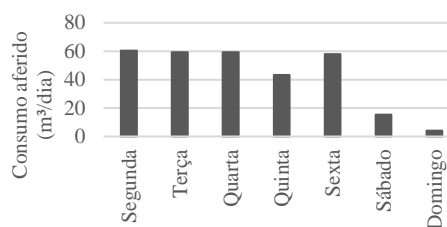


Figura 34 – Consumo diário médio: HAB



Esse consumo reduzido pode ser justificado pela menor ocupação do edifício aos finais de semana, tanto pela população fixa quanto pela flutuante. Os pacientes da Ala de internação B recebem alta temporária, e o número de acompanhantes e visitantes apresenta-se em menor número, o que conseqüentemente diminui o número de roupas na lavanderia e a quantidade de alimentos preparados na cozinha. Outro fator relevante é a diminuição dos atendimentos ambulatoriais, odontológicos e exames, realizados apenas de segunda a sexta. O principal consumo de água nos finais de semana é decorrente da lavagem terminal programada (processo de limpeza que inclui lavagem de pisos, paredes dos banheiros, janelas e lixeiras).

### 5.3.2. Indicadores de consumo predial e usos finais de água

Os resultados demonstraram um consumo predial médio de 18.408,38 m<sup>3</sup>/ano, com uma demanda mensal equivalente a 1.534,03 m<sup>3</sup>/mês e foram obtidos indicadores de consumo per capita (113,46 l/p/d), por área (11,16 l/m<sup>2</sup>/d) e por leito (854,81 l/leito/d). A Tabela 26 faz um resumo dos valores medianos de vazão (Q), tempo por uso (T), frequência diária (F), consumo diário (C) e indicadores de consumo de água (IC) para cada aparelho consumidor. Os indicadores de consumo de água mais representativos foram gerados pelas pias de uso geral do setor de assistência médica (39,90 l/pac/d) e bacias sanitárias dos banheiros dos funcionários (27 l/fun/d).

Tabela 26 – Indicadores de usos finais de água: HAB

<b>USOS FINAIS DE ÁGUA</b>	<b>Q</b>	<b>T (s)</b>	<b>F</b>	<b>C (l/d)</b>	<b>IC</b>
<b>Administrativo</b>					<b>4,0 l/fun/d</b>
Lavatório (2)	0,06 l/s	13	51	41,21	0,12 l/fun/d
Pia de uso geral (3)	0,18 l/s	72	102	1318,80	3,87 l/fun/d
<b>Cozinha/Refeitório/Copa</b>					<b>29,7 l/ref/d</b>
Lavatório (3)	0,06 l/s	434	2	63,74	0,24 l/ref/d
Pia de cozinha (16)	0,18 l/s	72	546	7033,61	26,93 l/ref/d
Filtro (11)	0,07 l/s	122	77	664,81	2,55 l/ref/d
<b>Atendimento</b>					<b>6,5 l/fun/d</b>
Lavatório (16)	0,06 l/s	13	407	329,69	0,97 l/fun/d
Pia de uso geral (4)	0,18 l/s	72	136	1758,40	5,16 l/fun/d
Filtro (2)	0,07 l/s	122	14	120,87	0,35 l/fun/d
<b>Assistência Médica</b>					<b>58,5 l/pac/d</b>
Lavatório (6)	0,06 l/s	13	153	123,63	0,94 l/pac/d
Pia de uso geral (12)	0,18 l/s	72	409	5275,21	67,99 l/pac/d
Pia de expurgo (1)	0,04 l/s	5400	1,0	216,00	2,78 l/pac/d
Expurgo (1)	6 lpf	---	3	18,00	0,23 l/pac/d
Tanque (1)	0,18 l/s	72	34	439,60	5,67 l/pac/d
Equipamento laboratorial: triagem neonatal	---	---	---	45,46	0,59 l/pac/d
Equipamento laboratorial: análises clínicas	---	---	---	332,48	4,29 l/pac/d
Cadeira odontológica (1)	0,01 l/s	2400	4	31,68	9,68 l/pac/d
<b>Banheiros de Pacientes</b>					<b>24,0 l/pac/d</b>
Lavatório (31)	0,07 l/s	13	772	673,35	5,09 l/pac/d
Chuveiro (29)	0,04 l/s	198	189	1366,47	17,61 l/pac/d
Bacia sanitária (33)	9 lpf	---	123	1109,38	14,30 l/pac/d
Mictório (2)	3 lpf	---	7	22,41	0,29 l/pac/d
<b>Banheiros de Funcionários</b>					<b>28,9 l/fun/d</b>
Lavatório (36)	0,03 l/s	11	2019	380,50	1,1 l/fun/d
Chuveiro (21)	0,04 l/s	102	77	276,12	0,8 l/fun/d
Bacia sanitária (30)	9 lpf	---	1022	9198,00	27,0 l/fun/d
<b>Manutenção, Lavagem e Limpeza</b>					<b>10.280,9</b>
Lavagem de piso - torneira de uso geral (10)	0,18 l/s	2.177	2	783,54	1,28 l/m <sup>2</sup> /d
Máquina de lavar roupas (2)	1.028 l/c	---	8	8.225,93	25,8 l/kg/d
Registro de gaveta da piscina (1)*	1,1 l/s	1200	0,29	1.271,43	20,0 l/m <sup>2</sup> /d
<b>Vazamento</b>					<b>4.320,00</b>
Ducha de piscina	0,005 l/s	86400	1	432,00	---
Lavatório do consultório 9 (Ala C)	0,002 l/s	86400	1	172,80	---
Lavatório banheiro masculino (Ala C)	0,001 l/s	86400	1	103,68	---
Lavatório do ambulatório (Ala C)	0,0002 l/s	86400	1	17,28	---
Lavatório do banheiro feminino (Ala C)	0,003 l/s	86400	1	241,92	---
Tanque DML (Ala C)	0,0001 l/s	86400	1	8,64	---

Pia da sala de curativos (Ala B)	0,001	l/s	86400	1	103,68	---
Pia de cozinha da copa (Ala B)	0,0001	l/s	86400	1	8,64	---
Pia do posto de enfermagem (Ala A)	0,003	l/s	86400	1	259,20	---
Lavatório banheiro feminino (Ala A)	0,001	l/s	86400	1	51,84	---
Pia da Cozinha (Ala A)	0,004	l/s	86400	1	311,04	---
Lavatório da guarita	0,0002	l/s	86400	1	17,28	---
Chuveiro da genética ambulatorial	0,010	l/s	86400	1	2592,00	---

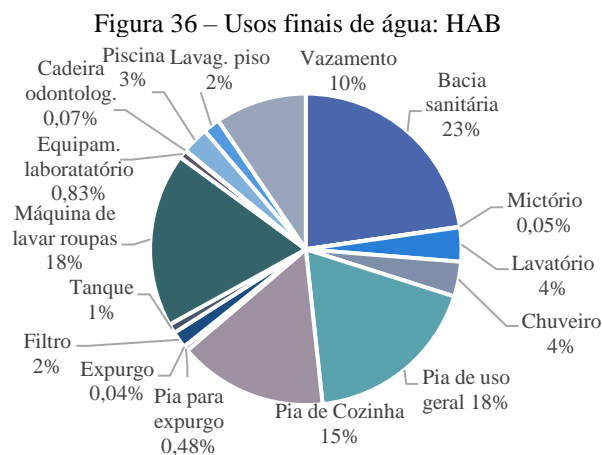
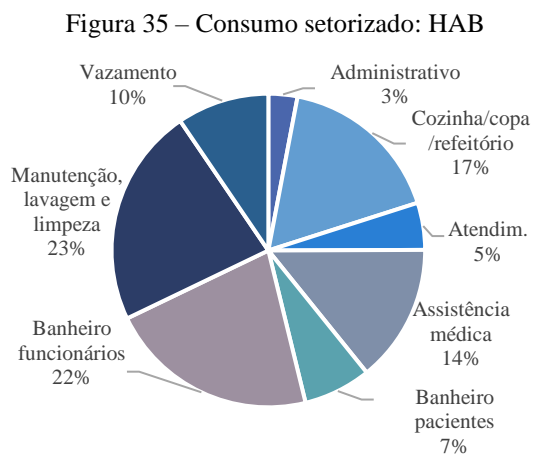
Em parêntesis, o número de aparelhos hidrossanitários.

l/s = litro por segundo; lpf = litro por fluxo; l/c = litro por ciclo de lavagem; s = tempo por uso em segundos; l/d = litro por dia; l/d.u = litro por dia de uso; l/p/d = litro por pessoa por dia; l/kg/d = litro por quilo de roupa por dia; l/ref/d = litro por refeição por dia; l/fun/d = litro por funcionário por dia; l/pac/d = litro por paciente por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

\* O registro de gaveta era aberto duas vezes por semana durante a limpeza da piscina.

### 5.3.3. Diagnóstico do consumo setorizado

Os resultados da estimativa do volume de água diário identificaram que o setor de manutenção, lavagem e limpeza foram responsáveis pelos maiores consumos (10.280 l/d), seguido pelos banheiros dos funcionários (9.854,62 l/d) e cozinha/refeitório/copa (7.762,16 l/d), Figura 35. A estimativa do volume de água por uso final dos equipamentos hidráulicos indicou que os maiores consumos foram resultantes das bacias sanitárias (10.307 l/d), pias de uso geral (8.352 l/d), máquina de lavar roupas (8.225 l/d) e pias de cozinha (7.033 l/d). Os vazamentos foram responsáveis por 10% do consumo (4.320 l/d), Figura 36.



Ressalta-se que a denominação ‘pias de cozinha’ foi utilizada para todas as pias presentes nas cozinhas e copas. A denominação ‘pias de uso geral’ foi destinada às demais pias, de utilização variada, presentes na sala de Central de Material e Esterilização (CME), posto de enfermagem, laboratórios e outros. Os banheiros caracterizados como administrativos incluem todos aqueles presentes no edifício, com exceção daqueles das enfermarias. Ao final, foi obtida uma discrepância de -9,90% a partir da análise do consumo por uso final (45.440,34 l/d) e consumo predial medido pela concessionária (50.433,90 l/d).

#### 5.4. Modelos representativos dos estabelecimentos assistenciais de saúde

Os dados resultantes das análises estatísticas encontram-se indicados na Tabela 27. O número de amostragem por tipologia foi representado por 97 UBS, 5 UPA e 11 hospitais. Foram analisados dados de área construída, população, leitos, produção ambulatorial e consumo predial e obtidos os valores mínimo, máximo e mediano.

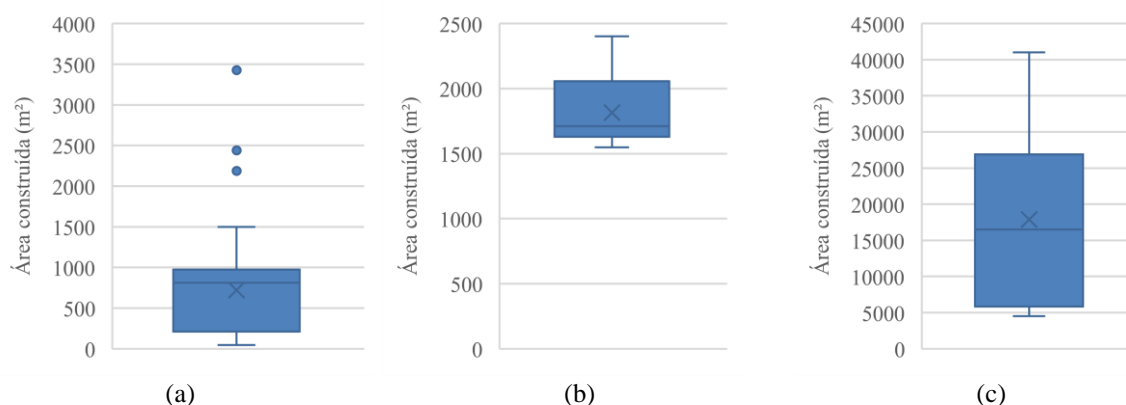
Tabela 27 – Médias estatísticas dos estabelecimentos assistenciais de saúde

Tipologia	UBS (n = 97)			UPA (n = 5)			Hospital (n = 11)		
	Min.	Máx.	Med.	Min.	Máx.	Med.	Min.	Máx.	Med.
Área construída (m <sup>2</sup> )	44,30	3.426,66	811,00	1.547,45	2.401,57	1.710,00	4.520,00	41.000,00	16.480,47
População	7	157	52	185	275	207	482	3.903	2.068
Leitos	---	---	---	13	19	16	54	468	239
Produção ambulatorial	49	54.154	2.262	4.465	6.472	4.713	3.034	103.862	45.009
Consumo predial (m <sup>3</sup> /mês)	4,33	421,95	44,83	159,54	967,04	221,08	1.102,95	11.420,13	3.377,83
Indicador de consumo per capita (l/p/d)	5,63	169,18	31,74	20,57	154,33	33,63	47,81	106,87	79,56
Indicador de consumo por leito (l/leito/d)	---	---	---	276,06	484,57	411,56	442,44	1.119,18	671,51
Indicador de consumo por área (l/m <sup>2</sup> /d)	0,17	13,17	3,8	2,18	18,59	6,7	4,84	13,97	9,4

l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia; l/leito/d = litro por leito por dia

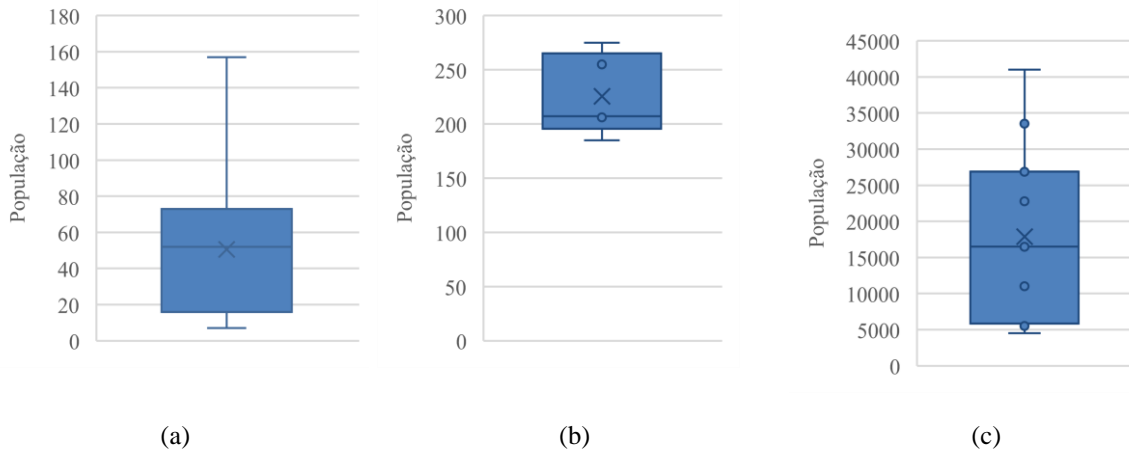
Após análise, verificou-se uma relação direta entre tipologia e área construída, tendo como menores áreas aquelas pertencentes às UBS. Destaca-se que algumas UPA possuem áreas similares às das UBS. A maioria das UBS encontram-se na faixa mediana de 811,00 m<sup>2</sup>, as UPA 1.710,00 m<sup>2</sup> e os hospitais, 16.480,47 m<sup>2</sup>, Figura 37.

Figura 37 – Área construída (m<sup>2</sup>): UBS (a), UPA (b) e Hospital (c)



Dados relativos à população demonstraram uma mediana de 52 pessoas nas UBS, 207 nas UPA e 2.068 nos hospitais. Em relação às três tipologias, a população dos hospitais foi mais elevada, justificada pelo grande número de serviços ofertados e, conseqüentemente, um aumento no número de atendimentos, Figura 38. A população representa o somatório do número de servidores, funcionários terceirizados, voluntários e leitos.

Figura 38 – População: UBS (a), UPA (b) e Hospital (c)



Apenas as UPA e hospitais possuem leitos hospitalares destinados a atender pacientes sob supervisão médica e/ou enfermagem. Os resultados indicaram uma mediana de 16 leitos nas UPA e 239 nos hospitais. Há uma grande variação entre a quantidade de leitos por hospitais. Esse fato justifica-se pelo número de leitos necessários para o atendimento da população por estabelecimento, determinado em função do tempo de permanência dos pacientes, que é variável de acordo com o porte dos hospitais e a tipologia dos leitos.

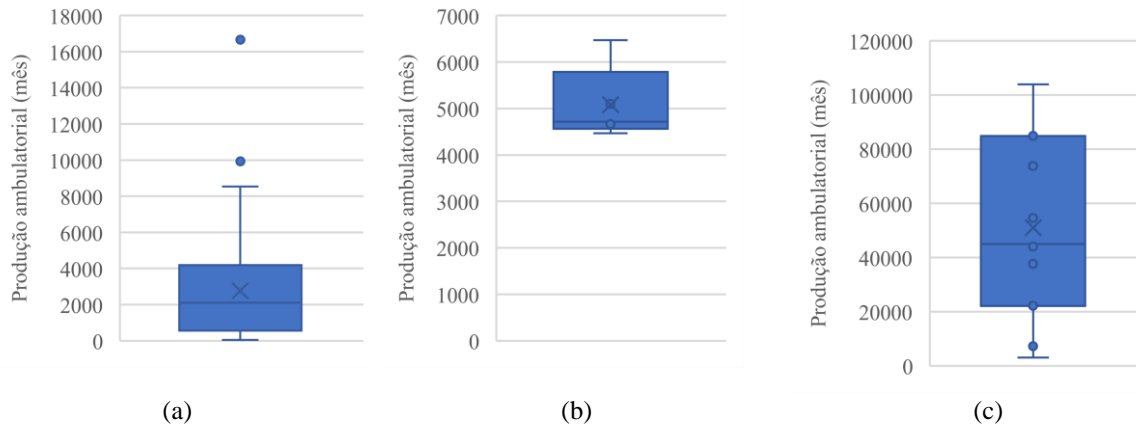
Nas UPA, existem apenas leitos de observação, necessários para prestar os primeiros socorros sob supervisão multiprofissional e elaboração de diagnósticos por um período inferior a 24 horas, e nos hospitais, leitos de internação, destinados à permanência de pacientes internados, Figura 39.

Com relação à produção ambulatorial (consultas, exames e cirurgias), os resultados demonstraram uma mediana de 2.262 atendimentos nas UBS, 4.713 nas UPA e 45.009 nos hospitais. Verificou-se que a maioria das UPA encontram-se na faixa mediana, e os hospitais apresentaram os maiores números de atendimento, Figura 40.

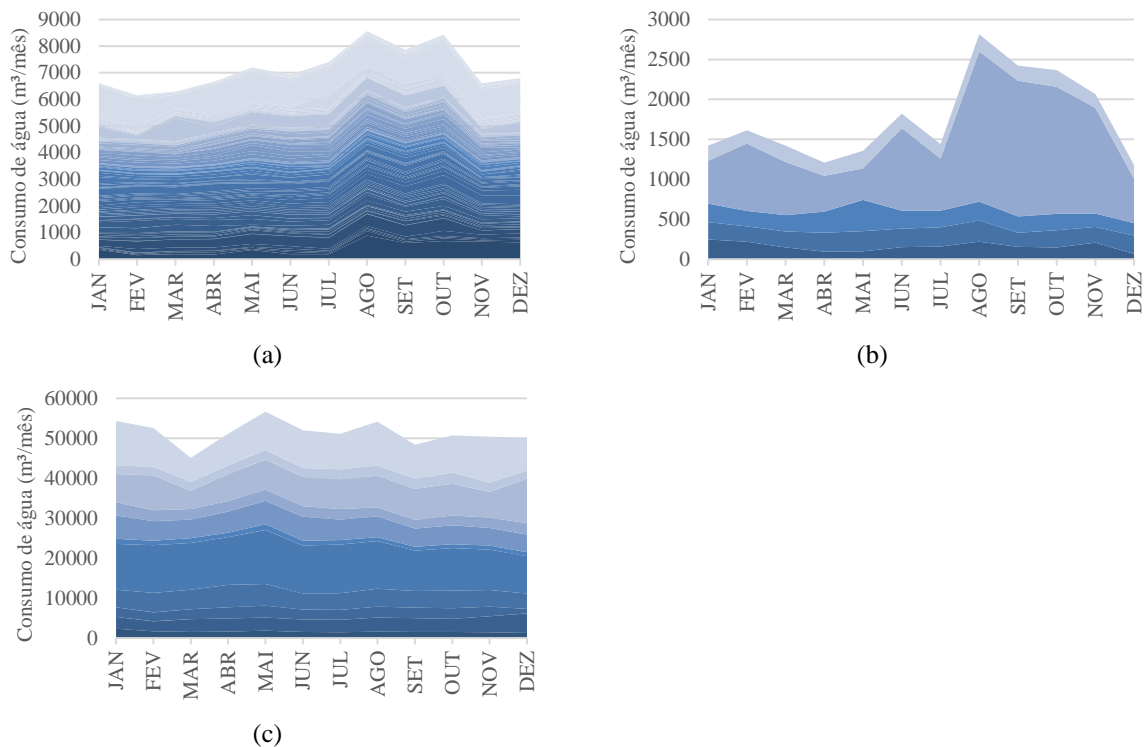
Figura 39 – Leitos: UPA (a) e Hospital (b)



Figura 40 – Produção ambulatorial: UBS (a), UPA (b) e Hospital (c)



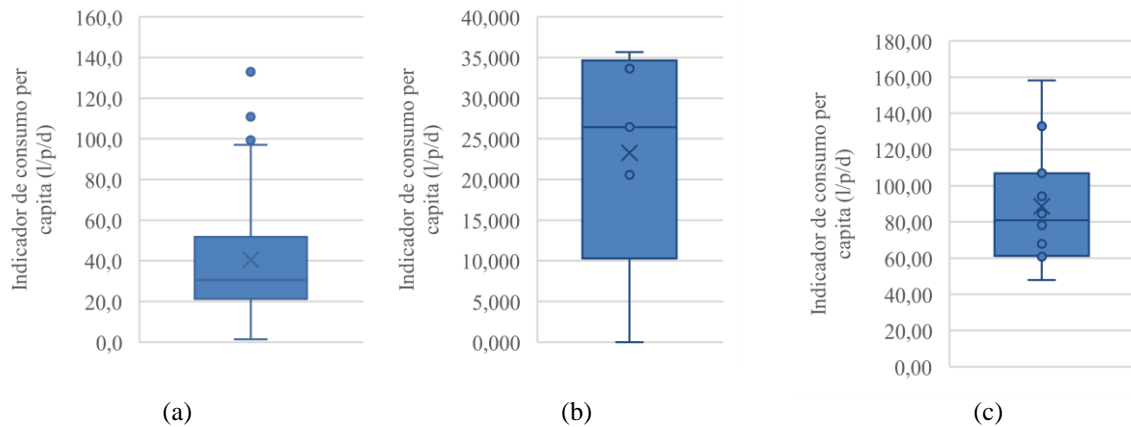
O consumo predial teve grande relação com a população com os serviços ofertados. Os maiores consumos foram registrados nos hospitais e os menores nas UBS. As UBS obtiveram uma mediana de 44,83 m<sup>3</sup>/mês, as UPA 221,08 m<sup>3</sup>/mês e os hospitais 3.377,83 m<sup>3</sup>/mês. A Figura 41 apresenta a variação de consumo de água para UBS (a), UPA (b) e Hospitais (c).

Figura 41 – Consumo predial médio de água (m<sup>3</sup>/mês)

O indicador de consumo per capita da UBS foi de 31,74 l/p/d, 33,63 l/p/d da UPA e 79,56 l/p/d dos hospitais. Observou-se uma relação direta entre consumo de água e população, visto que o consumo é aumentado em função do elevado número de servidores e voluntários necessários para atender as variadas especialidades médicas; do número de funcionários terceirizados para realização de limpeza e manutenção dos estabelecimentos; e número de leitos para atender pacientes em regime de observação ou internação dependendo da tipologia.

Destaca-se que o indicador de consumo dos hospitais teve uma grande variação por estabelecimento dependendo do tipo de serviços ofertados à população. Alguns realizam atendimentos de ordem gerais e assistem pacientes em várias especialidades médicas, tanto clínicas quanto cirúrgicas, e outros, especialidades específicas e dispõem de número menor de pessoas para ofertar os serviços, Figura 42.

Figura 42 – Indicador de consumo per capita (l/p/d): UBS (a), UPA (b) e Hospital (c)



Os indicadores de consumo por leito apresentaram variações entre 276,06 l/leito/d e 484,57 l/leito/d nas UPA, e entre 442,44 l/leito/d e 1.119,18 l/leito/d nos hospitais, e observa-se uma grande variação do indicador de consumo das UPA, Figura 43. Quanto ao indicador de consumo por área, foi obtido 3,80 l/m<sup>2</sup>/d (UBS), 6,70 l/m<sup>2</sup>/d (UPA) e 9,40 l/m<sup>2</sup>/d (hospital). Resultados demonstraram que os hospitais tiveram os indicadores de consumo por área mais elevados, Figura 44.

Figura 43 – Indicador de consumo por leito (l/leito/d): UPA (a) e Hospital (b)

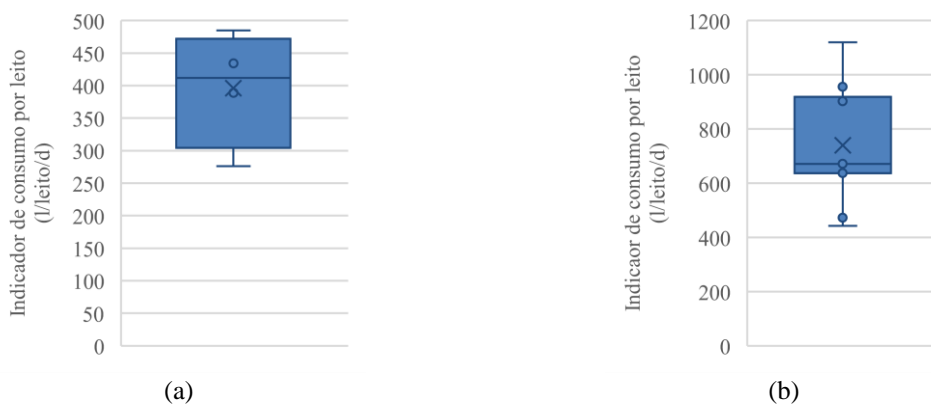
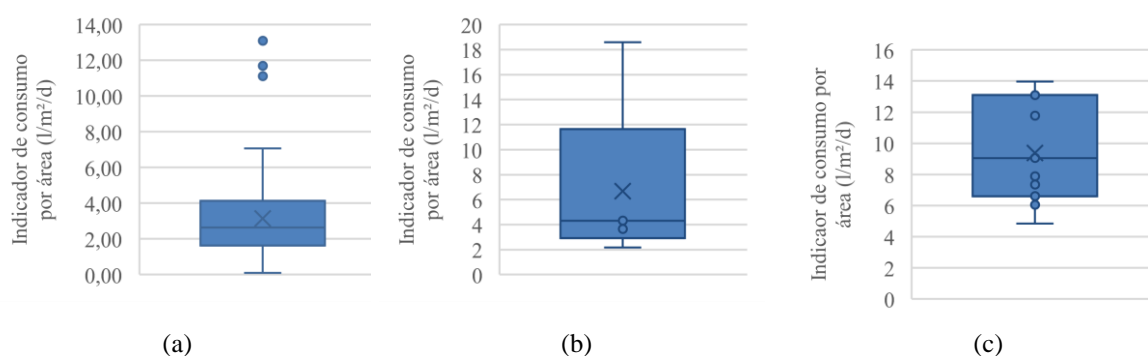
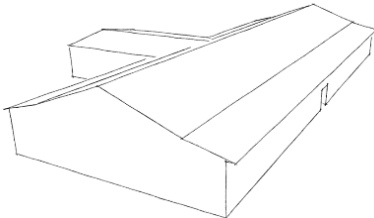
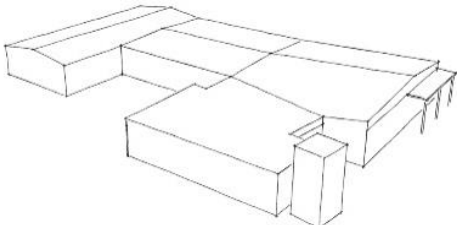
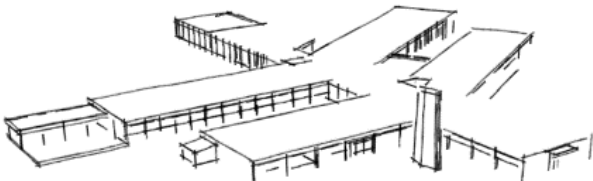


Figura 44 – Indicador de consumo por área (l/m<sup>2</sup>/d): UBS (a), UPA (b) e Hospital (c)

A Tabela 28 apresenta os modelos representativos gerados por tipo de estabelecimento.

Tabela 28 – Modelos representativos: UBS, UPA e Hospital

Tipologia	Características	Mediana
<b>Unidade básica de saúde – UBS (n = 97)</b>		
	Área cobertura	910 m <sup>2</sup>
	Área construída	811 m <sup>2</sup>
	Nº de pavimentos	1
	Nº de pessoas	52
	Produção ambulatorial	2.262
	Consumo mensal	44,83 m <sup>3</sup> /mês
	Consumo per capita	31,74 l/p/d
Consumo por área	3,80 l/m <sup>2</sup> /d	
<b>Unidade de pronto atendimento – UPA (n = 5)</b>		
	Área cobertura	1.815,80 m <sup>2</sup>
	Área construída	1.710 m <sup>2</sup>
	Nº de pavimentos	1
	Nº de pessoas	207
	Nº de leitos	16
	Produção ambulatorial	4.713
	Consumo mensal	221,08 m <sup>3</sup> /mês
	Consumo per capita	33,63 l/p/d
Consumo por área	6,70 l/m <sup>2</sup> /d	
Consumo por leito	411,56 l/leito/d	
<b>Hospital (n = 11)</b>		
	Área cobertura	8.257,00 m <sup>2</sup>
	Área construída	16.480,47 m <sup>2</sup>
	Nº de pavimentos	2
	Nº de pessoas	2.068
	Nº de leitos	239
	Produção ambulatorial	45.009
	Consumo mensal	3.377,83 m <sup>3</sup> /mês
	Consumo per capita	79,56 l/p/d
Consumo por área	9,40 l/m <sup>2</sup> /d	
Consumo por leito	671,51 l/leito/d	

l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia; l/leito/d = litro por leito por dia

#### 5.4.1. Indicadores de consumo por uso final de água dos modelos

Após utilização do fator de correção (Tabela 29) nos dados dos modelos representativos, os indicadores de consumo mais elevados foram resultantes das bacias sanitárias: 15,9 l/p/d



(UBS), 14,0 l/p/d (UPA) e 12,4 l/p/d (hospitais). Os indicadores de consumo por uso final dos estabelecimentos de saúde são apresentados na sequência (Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32).

Tabela 29 – Médias quantitativas dos modelos representativos

<b>Médias quantitativas</b>	<b>UBS (n=97)</b>	<b>UPA (n=5)</b>	<b>Hospital (n=11)</b>
Consumo diário base (l/d)	1.267	7.271	88.983
Consumo estimado (l/d)	2.931	5.741	35.911
Fator de correção	0,4	1,3	2,5

l/d = litro por dia

Tabela 30 – Indicadores por uso final de água corrigidos: UBS

<b>Uso final de água</b>	<b>Estimado (l/d)</b>	<b>Corrigido (l/d)</b>	<b>Indicadores</b>
Bacia sanitária	1.914	827	15,9 l/p/d
Lavatório	536	232	4,5 l/p/d
Chuveiro	9	4	0,1 l/p/d
Pia de cozinha	62	27	0,5 l/p/d
Pia de uso geral	50	22	0,4 l/p/d
Lavagem de piso (tanque e torneira de uso geral)	348	150,02	0,2 l/m <sup>2</sup> /d
Vazamento	13	6	---
<b>Total Estimado (l/d)</b>	<b>2.931</b>	<b>1.267</b>	

l/d = litro por dia; l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

Tabela 31 – Indicadores por uso final de água corrigidos: UPA

<b>Uso final de água</b>	<b>Estimado (l/d)</b>	<b>Corrigido (l/d)</b>	<b>Indicadores</b>
Bacia sanitária	2.287	2.896	14,0 l/p/d
Lavatório	910	1.152	5,6 l/p/d
Chuveiro	263	333	1,6 l/p/d
Pia de cozinha	1.406	1.780	8,6 l/p/d
Pia de uso geral	104	132	0,6 l/p/d
Expurgo	131	121	0,6 l/p/d
Filtro	128	162	0,8 l/p/d
Equipamento de laboratório	298	378	1,8 l/p/d
Lavagem de piso (tanque)	95	121	0,1 l/m <sup>2</sup> /d
Vazamento	155	196	---
<b>Total Estimado (l/d)</b>	<b>5.741</b>	<b>7.271</b>	

l/d = litro por dia; l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

Tabela 32 – Indicadores por uso final de água corrigidos: Hospital

<b>Uso final de água</b>	<b>Estimado (l/d)</b>	<b>Corrigido (l/d)</b>	<b>Indicadores</b>
Bacia sanitária	10.307	25.540	12,4 l/p/d
Mictório	22	56	0,03 l/p/d
Lavatório	1.612	3.995	1,9 l/p/d
Chuveiro	1.643	4.070	2,0 l/p/d
Pia de cozinha	7.034	17.428	8,4 l/p/d
Pia de uso geral	8.792	21.785	10,5 l/p/d
Expurgo	234	580	0,28 l/p/d
Filtro	786	1.947	0,9 l/p/d
Equipamento de laboratório	378	936	0,5 l/p/d
Lavagem de piso (tanque)	784	1.941	0,1 l/m <sup>2</sup> /d
Vazamento	4.320	10.704	---
<b>Total Estimado (l/d)</b>	<b>35.911</b>	<b>88.983</b>	

l/d = litro por dia; l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

Os resultados da estimativa do volume de água diário registraram um consumo na bacia sanitária de 827 l/d (UBS), 2.896 l/d (UPA) e 25.540 l/d (hospitais). Apesar do elevado consumo de água nos hospitais, estes obtiveram os menores indicadores de consumo por pessoa quando comparado aos demais estabelecimentos (12,4 l/p/d).

Outros equipamentos com elevados consumos foram identificados na UBS: lavatórios (232 l/d), Figura 45; na UPA: pias de cozinha (1.780 l/d) e lavatórios (1.152 l/d), Figura 46. Nos hospitais: pias de uso geral (21.785 l/d) e pias de cozinha (17.428 l/d), Figura 47. Os vazamentos corresponderam a 0,4% (UBS), 2,7% (UPA) e 12% (hospitais).

Figura 45 – Consumo diário de água da UBS (l/d)

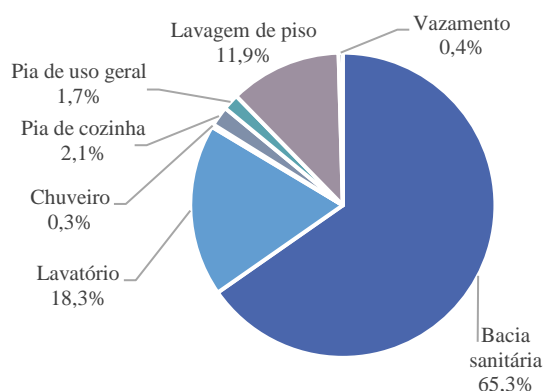


Figura 46 – Consumo diário de água da UPA (l/d)

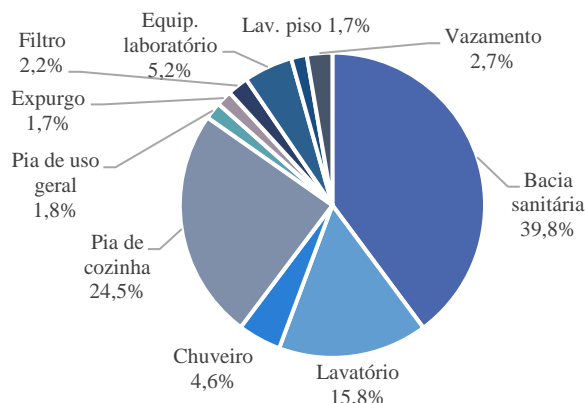
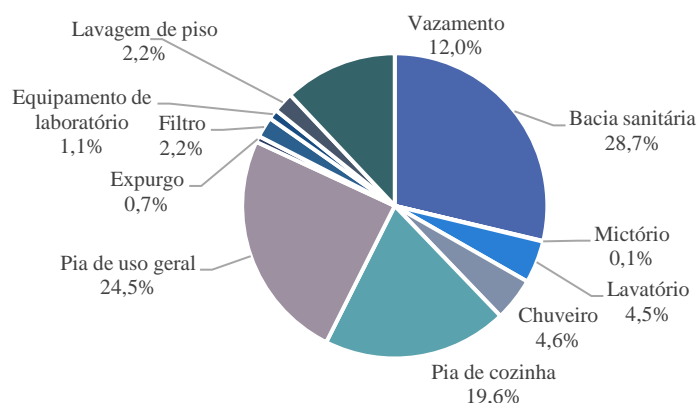


Figura 47 – Consumo diário de água do hospital (l/d)



#### 5.4.2. Modelo de previsão de demanda de água

Os modelos representativos para UBS, UPA e hospital foram validados após análise estatística dos dados (Apêndice C). Verificou-se que as variáveis (número de funcionários, área construída e produção ambulatorial) estão positivamente relacionadas com o consumo predial de água. Significa que há uma tendência de quanto maior a demanda mensal de água, maior será o número de funcionários, área construída e produção ambulatorial.

A análise de correlação é significativa para  $p < 0,001$  e indicou que o Log de demanda mensal de água está positivamente relacionado com o log número de funcionários, log área

construída e log produção ambulatorial, com um coeficiente  $r = 0,913$ ,  $r = 0,858$  e  $r = 0,788$ , respectivamente.

O diagnóstico realizado com a regressão múltipla indicou que o log número de funcionários, log área construída e log produção ambulatorial são capazes de prever a demanda mensal de água dos estabelecimentos assistenciais de saúde, e o modelo foi considerado estatisticamente significativo [ $F(3,92) = 160,132$ ;  $p < 0,001$ ;  $R^2 = 0,839$ ]. O número de funcionários ( $\beta 1,030$ ;  $t 7,634$ ;  $p < 0,001$ ), área construída ( $\beta 0,049$ ;  $t 0,369$ ;  $p > 0,001$ ) e produção ambulatorial ( $\beta -0,182$ ;  $t -1,797$ ;  $p > 0,001$ ) são previsores da demanda de água. A Equação 24 descreve essa relação.

$$D_{EAS} = 0,038 + (1,304 \times N_{Fun}) + (0,063 \times A_c) + (-0,208 \times P_{Amb}) \quad (24)$$

$D_{EAS}$  = demanda de água nos estabelecimentos assistenciais de saúde (l/d)

$N_{Fun}$  = número de funcionários

$P_{Amb}$  = produção ambulatorial

$A_c$  = área construída (m<sup>2</sup>)

$b_0$  = intercepto y

$b_{1,2 \text{ e } 3}$  = inclinação

## 5.5. Síntese do capítulo

Neste capítulo foram realizados estudos de caso nos três tipos de estabelecimentos de saúde (UBS, UPA e hospital). Para tanto, foi aplicado o método delineado no Capítulo 4 para realização da auditoria do consumo de água, análise estatística dos dados, composição de modelos representativos e para geração de um modelo de previsão de demanda urbana de água.

Resultados da análise estatística demonstraram que existe uma forte correlação entre demanda de água e: número de funcionários, área construída e produção ambulatorial. A variável que melhor se relacionou com o consumo de água foi o número de funcionários. Estudos anteriores também verificaram forte correlação entre consumo de água e número de funcionários (GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016) e com a área construída (GARCÍA SANZ-CALCEDO *et al.*, 2017; GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016).

Com relação aos usos finais de água, os resultados indicaram que as bacias sanitárias foram responsáveis pelos maiores consumo, 65% (UBS), 39% (UPA) e 28% (hospital). Os vazamentos corresponderam a 0,4%, 2,7% e 12%, respectivamente, e o consumo de água para lavagem de pisos foi de 11,86% na UBS, apenas 1,7% na UPA e 2,2% no hospital, embora a atividade seja realizada diariamente nos estabelecimentos.

Na UBS, a limpeza de rotina é realizada todos os dias e a limpeza pesada apenas aos finais de semana. Na UPA, há um cronograma de limpeza dos ambientes que ocorre com frequência semanal ou quinzenal, dependendo do setor, e devido ao método de limpeza em função do tipo de piso, o consumo de água é reduzido. Por sua vez, no hospital, a limpeza é realizada duas vezes ao dia, e as limpezas específicas caracterizadas como “terminal programada” ocorrem apenas aos finais de semana.

Estudos anteriores realizados em hospitais encontraram um consumo por uso final de apenas 17% nas bacias sanitárias e o consumo mais elevado foi representado pelos mictórios, com 28%. No entanto, esses dados de usos finais são limitantes. Os resultados foram obtidos a partir de dados de consumo de edificações comerciais e industriais (GAITÁN; TEIXEIRA, 2020) e a partir de outras pesquisas (PRASETYADI; KOONSRISUK, 2020).

A construção dos modelos representativos foi embasada a partir de uma amostragem de 113 estabelecimentos de saúde para gerar indicadores de consumo predial (Tabela 33) e indicadores de consumo por uso final de água (Tabela 34). Esses dados podem servir como base para futuros estudos, como também, para o desenvolvimento de estratégias de conservação da água e o dimensionamento de sistemas de uso não potável.

Tabela 33 – Indicadores de consumo predial: UBS, UPA e Hospital

Indicadores de consumo	UBS	UPA	Hospital
Per capita	31,74	33,63	79,56 l/p/d
Por área	3,80	6,70	9,40 l/m <sup>2</sup> /d
Por leito	---	411,56	671,51 l/leito/d

l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia; l/leito/d = litro por leito por dia

Tabela 34 – Indicadores de consumo por uso final: UBS, UPA e Hospital

Uso final de água	UBS	UPA	Hospital
Bacia sanitária	15,9 l/p/d	14,0 l/p/d	12,4 l/p/d
Mictório	---	---	0,03 l/p/d
Lavatório	4,5 l/p/d	5,6 l/p/d	1,9 l/p/d
Chuveiro	0,1 l/p/d	1,6 l/p/d	2,0 l/p/d
Pia de cozinha	0,5 l/p/d	8,6 l/p/d	8,4 l/p/d
Pia de uso geral	0,4 l/p/d	0,6 l/p/d	10,5 l/p/d
Expurgo	---	0,6 l/p/d	0,28 l/p/d
Filtro	---	0,8 l/p/d	0,9 l/p/d
Equipamento de laboratório	---	1,8 l/p/d	0,5 l/p/d
Lavagem de piso	0,2 l/m <sup>2</sup> /d	0,1 l/m <sup>2</sup> /d	0,1 l/m <sup>2</sup> /d

l/p/d = litro por pessoa por dia; l/m<sup>2</sup>/d = litro por área de superfície por dia

Verificou-se que o indicador de consumo base por leito para hospitais (671,51 l/leito/d) encontra-se na faixa intermediária dos demais estudos prévios. Foi identificado um mínimo de 283,29 litro/leito/dia (GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018) e um máximo de 1.618,00 litro/leito/dia (OLIVEIRA, 1999).

Por outro lado, o indicador de consumo por área identificado nesta pesquisa (9,40 l/m<sup>2</sup>/d) encontra-se próximo ao máximo quando comparado aos estudos anteriores. Foi identificado um mínimo de 0,63 litro/m<sup>2</sup>/dia (RAJAGOPALAN; ELKADI, 2014) e máximo de 9,89 litro/m<sup>2</sup>/dia (GOMES; BITTAR; FERNANDES, 2016). Não foi possível comparar os indicadores de consumo das demais tipologias (UBS e UPA) devido à ausência de dados nos estudos prévios.

Para a composição de um modelo de previsão de demanda urbana de água para os estabelecimentos assistenciais de saúde foram analisados os dados contínuos dos estabelecimentos de saúde (UBS, UPA e Hospital), realizados testes de normalidade da distribuição dos dados, teste de homogeneidade da variância, análise de correlação e regressão linear múltipla. Após análise estatística, o modelo foi validado e verificado que as variáveis (número de funcionários, área construída e produção ambulatorial) correlacionaram positivamente com o consumo predial. Com isso, foi gerado um único modelo de previsão de demanda urbana contendo as três variáveis analisadas nesse processo.

Estudos anteriores construíram modelos a partir de uma pequena amostragem de estabelecimentos e poucos aplicaram testes estatísticos (GARCÍA SANZ-CALCEDO *et al.*, 2017; GÓMEZ-CHAPARRO; GARCÍA SANZ-CALCEDO; ARMENTA-MÁRQUEZ, 2018; GONZÁLEZ *et al.*, 2016; GONZÁLEZ; GARCÍA SANZ-CALCEDO; SALGADO, 2018). Além do número reduzido de modelos de previsão de demanda urbana de água, as variáveis foram desagregadas, resultando em uma equação para cada variável independente (leito, área construída, número de funcionários, número de altas hospitalares, número de internações, número de cirurgias com hospitalização, número de internações ou número de atendimentos de emergência). Outro fator limitante é que os modelos são baseados na realidade europeia (Espanha e Alemanha).

## 6. RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS BENEFÍCIOS PROMOVIDOS PELO EMPREGO DE ESTRATÉGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA

Este capítulo apresenta os benefícios ambientais e financeiros para os estabelecimentos de saúde do Distrito Federal com base na implementação de estratégias conservadoras de água (equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável). Os resultados estão divididos em: (i) economia de água promovida pela redução do consumo de água (m<sup>3</sup>/ano) e (ii) economia de água promovida pela redução da exploração dos recursos hídricos (R\$/m<sup>3</sup>/ano). Os benefícios foram avaliados na escala (micro) da edificação e na escala (macro) urbana.

### 6.1. Enquadramento dos estabelecimentos por Região Administrativa

Para a análise dos benefícios na escala urbana, os estabelecimentos foram enquadrados por Região Administrativa. Os resultados da demanda de água por estabelecimento e por Região Administrativa são apresentados na Tabela 35. A demanda de água de todos os 197 estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal é de 893.655,00 m<sup>3</sup>/ano.

Tabela 35 – Demanda de água por Região Administrativa do Distrito Federal

RA	N	Tipologia	Demanda de água	
			(m <sup>3</sup> /edif./ano)	(m <sup>3</sup> /ano)
Brasília	6	UBS	1.686	10.118
	5	Hospital	29.980	149.901
Gama	15	UBS	690	10.355
	1	Hospital	137.042	137.042
Taguatinga	7	UBS	2.453	17.173
	2	Hospital	69.600	139.200
Brazlândia	9	UBS	406	3.654
	1	Hospital	29.412	29.412
Sobradinho	6	UBS	1.939	11.634
	1	UPA	4.002	4.002
	1	Hospital	2.576	2.576
Planaltina	19	UBS	185	3.515
	1	Hospital	30.911	30.911
Paranoá	8	UBS	81	648
	1	Hospital	61.106	61.106
Núcleo Bandeirante	2	UBS	124	248
	1	UPA	2.653	2.653
Ceilândia	16	UBS	1.030	16.477
	1	UPA	1.915	1.915
	1	Hospital	54.444	54.444
Guará	5	UBS	870	4.351
	1	Hospital	13.236	13.236
Cruzeiro	2	UBS	786	1.571
	12	UBS	735	8.814
Samambaia	1	UPA	11.605	11.605
	1	Hospital	31.674	31.674
Santa Maria	8	UBS	470	3.760
	1	Hospital	90.633	90.633
São Sebastião	18	UBS	545	9.811

	1	UPA	2.271	2.271
Recanto das Emas	11	UBS	662	7.286
	1	UPA	2.695	2.695
Lago Sul	1	UBS	448	448
Riacho Fundo I	2	UBS	523	1.046
Lago Norte	1	UBS	786	786
Candangolândia	1	UBS	1.812	1.812
Águas Claras	2	UBS	38	76
Riacho Fundo II	5	UBS	583	2.913
Sudoeste/Octogonal	1	UBS	786	786
Varjão	1	UBS	868	868
Park Way	1	UBS	786	786
Estrutural	3	UBS	1.219	3.657
Sobradinho II	6	UBS	182	1.092
Itapoã	3	UBS	520	1.561
SIA	1	UBS	786	786
Vicente Pires	1	UBS	786	786
Fercal	2	UBS	786	1.571
<b>Total</b>	<b>197</b>			<b>893.655</b>

## 6.2. Benefícios ambientais

A maioria dos estabelecimentos são antigos e poucos utilizam equipamentos economizadores de água. Embora alguns já tenham sido reformados, não foram identificados uso de sistemas de aproveitamento de água de chuva ou reúso de águas cinzas para reduzir o consumo de água potável e minimizar os impactos ambientais com a exploração dos recursos hídricos. Por sua vez, as unidades de pronto atendimento utilizam torneiras temporizadas de pressão com sistema hidromecânico nos lavatórios dos banheiros e consultórios médicos, além de bacias sanitárias com caixa acoplada nos banheiros. No entanto, as bacias não têm a função de duplo acionamento para descarga.

### 6.2.1. Equipamentos economizadores de água

A escolha dos equipamentos economizadores para simulação da redução do consumo de água potável foi definida em função dos usos e das características tipológicas dos estabelecimentos. Foram analisadas as substituições das torneiras dos lavatórios e bacias sanitárias para UBS; torneiras dos lavatórios, mecanismos de descarga para as bacias sanitárias com caixa acoplada e torneiras das cozinhas e copas para UPA; e torneiras dos lavatórios, bacias sanitárias e torneiras das cozinhas e copas para hospital. Não foi proposta a troca dos chuveiros por ducha devido à necessidade de grandes intervenções no sistema hidráulico e de aquecimento.

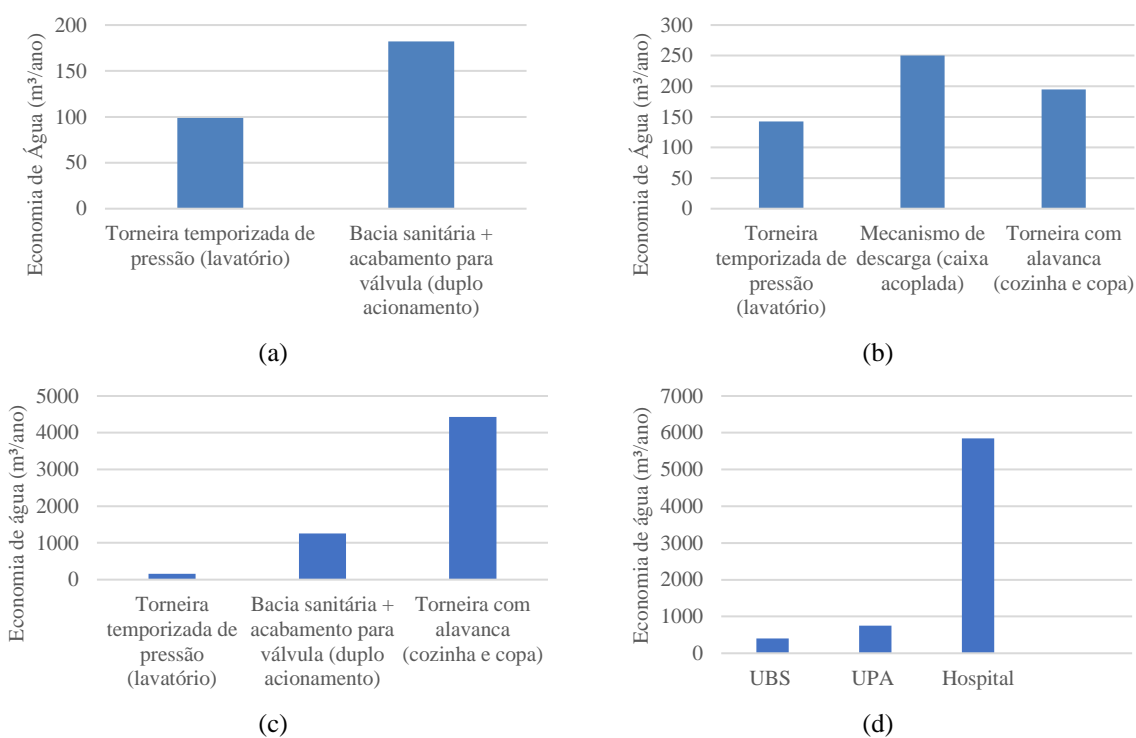
Na UBS, o uso de torneiras temporizadas de pressão para os lavatórios e da bacia sanitária com consumo de 6 litros por fluxo juntamente com o acabamento para válvula com tecnologia de duplo acionamento resultou em uma economia de 281 m<sup>3</sup>/ano. O maior potencial

de redução do consumo de água potável foi verificado com o uso da bacia sanitária (33%), Figura 48(a). Equipamentos como torneiras para cozinhas e copas não foram considerados para a análise por causa do baixo consumo.

Apesar de a UPA utilizar bacia sanitária com caixa acoplada, não há sistema de descarga com duplo acionamento. Portanto, o uso do mecanismo de descarga para caixa acoplada universal duplo hydro proporcionou uma economia de 250 m<sup>3</sup>/ano, gerando o maior potencial de redução (9%). A economia de água gerada pelo uso de torneira temporizada de pressão para lavatório, torneira com alavanca para copa e cozinha e mecanismo de descarga para caixa acoplada pode chegar a 588 m<sup>3</sup>/ano, Figura 48(b).

O uso de torneira temporizada de pressão para lavatório, torneira com alavanca para cozinha e copa, e bacia sanitária com consumo de 6 litros por fluxo juntamente com o acabamento para válvula com tecnologia de duplo acionamento resultou em uma economia de 5.846 m<sup>3</sup>/ano no hospital, Figura 48(c). O potencial de redução de água potável das bacias sanitárias e torneira de pressão foi de apenas 3% e 0,4%, respectivamente, enquanto foi obtido 11% com o uso da torneira para cozinha e copa. Conforme apresentado na Figura 48(d), a tipologia hospital pode gerar as maiores economias de água potável.

Figura 48 – Economia de água potável com o emprego de equipamentos economizadores: UBS (a), UPA (b), hospital (c) e equipamentos agrupados por tipologia (d)



Considerando que todos os estabelecimentos das regiões administrativas do Distrito Federal façam uso de equipamentos economizadores, a economia de água poder chegar a



65.475 m<sup>3</sup>/ano (UBS), 5.480 m<sup>3</sup>/ano (UPA) e 158.937 m<sup>3</sup>/ano (hospitais), conforme apresentado na Tabela 74 – Tabela 76 (Apêndice D).

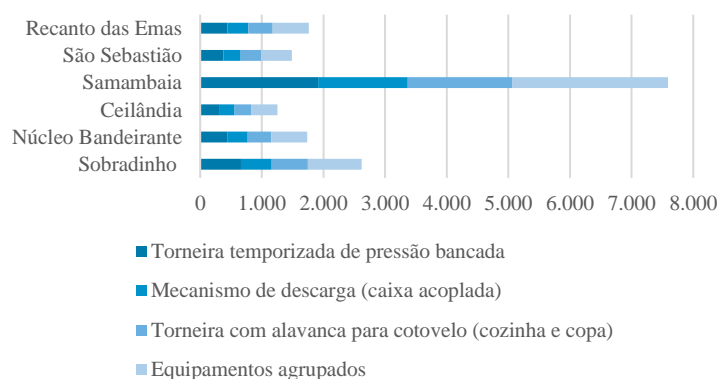
A economia de água para as UPA foi menor quando comparada às demais tipologias devido à quantidade reduzida de estabelecimentos na Região Administrativa. Os hospitais apresentaram o maior potencial de redução de água potável. A Tabela 36 apresenta o potencial de redução do consumo de água potável  $P$  (%) e a economia de água gerada com o emprego de equipamentos economizadores na escala da edificação  $E_{edif}$  e urbana  $E_{urb}$ .

Tabela 36 – Potencial de redução de água potável: equipamentos economizadores

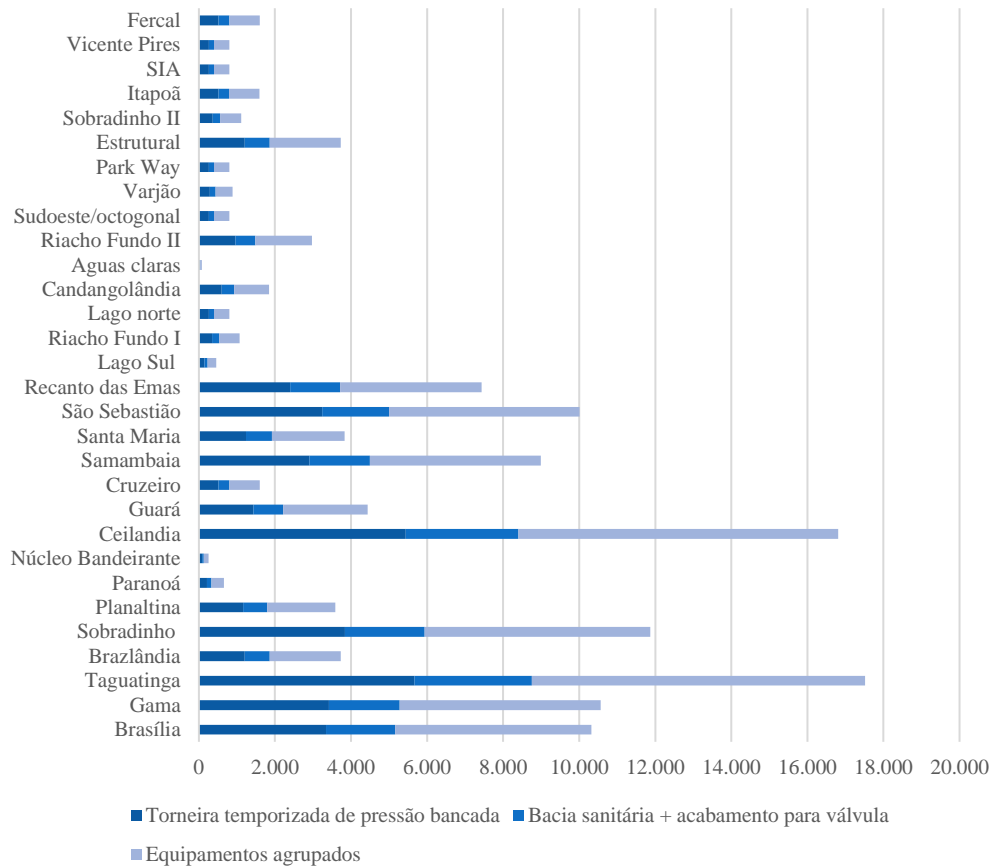
Equipamentos economizadores de água	UBS			UPA			Hospital		
	P (%)	$E_{edif}$ m <sup>3</sup> /ano	$E_{urb}$ m <sup>3</sup> /ano	P (%)	$E_{edif}$ m <sup>3</sup> /ano	$E_{urb}$ m <sup>3</sup> /ano	P (%)	$E_{edif}$ m <sup>3</sup> /ano	$E_{urb}$ m <sup>3</sup> /ano
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	18%	99	23.109	5%	142	1.332	0,4%	162	4.446
Bacia sanitária + acabamento para válvula descarga (duplo acionamento)	33%	182	42.366	---	---	---	3%	1.254	34.455
Mecanismo de descarga para caixa acoplada	---	---	---	9%	250	2.338	---	---	---
Torneira com alavanca (cozinha e copa)	---	---	---	7%	195	1.810	11%	4.429	120.037

Os benefícios ambientais promovidos pela redução na exploração de recursos hídricos com a economia de água potável são apresentados na Figura 49. O potencial mínimo de redução foi verificado na RA Águas Claras (UBS), RA Ceilândia (UPA), RA Sobradinho (Hospital) e o potencial máximo na RA Taguatinga (UBS), RA Samambaia (UPA) e RA Paranoá (Hospital).

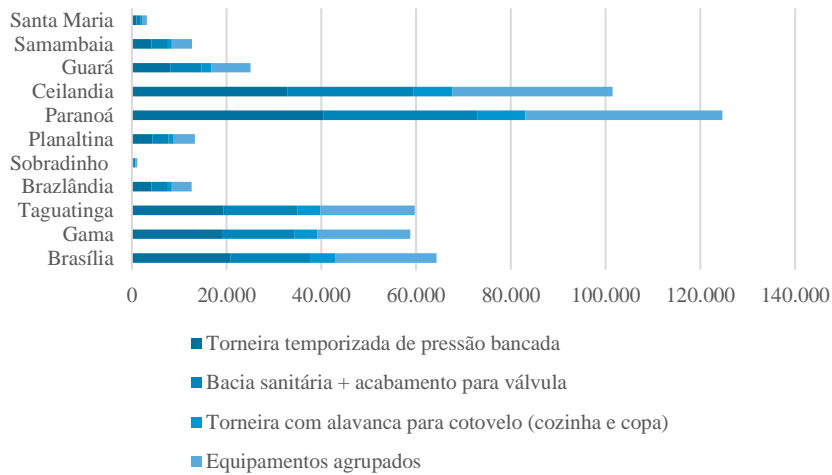
Figura 49 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando equipamentos economizadores de água em UPA (a), UBS (b) e hospital (c)



(a)



(b)

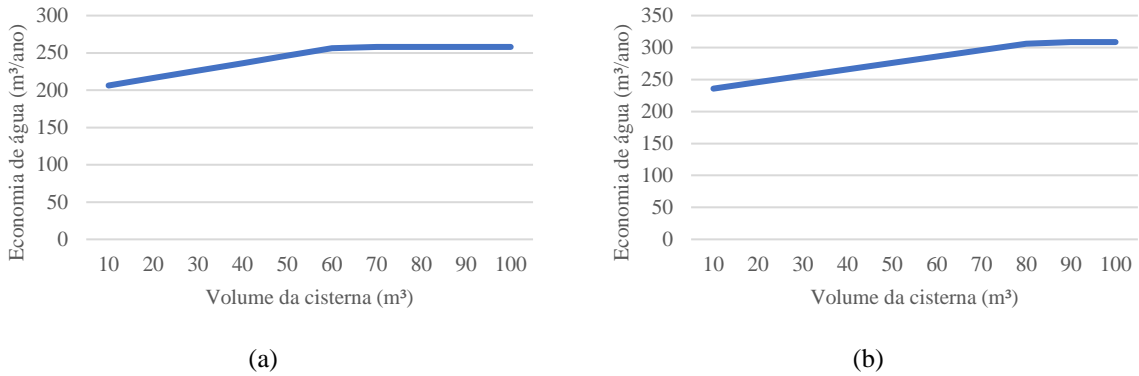


(c)

**6.2.2. Sistemas de aproveitamento de água de chuva**

Resultados demonstraram que o uso da água de chuva para o cenário lavagem de pisos não é viável devido à pequena demanda para UBS e UPA. No entanto, os demais cenários analisados para UBS indicaram que a economia de água potável variou entre 206 e 258 m<sup>3</sup>/ano para o uso em descarga sanitária e 236 e 309 m<sup>3</sup>/ano, para lavagem de pisos & descarga sanitária, conforme apresentado na Figura 50.

Figura 50 – Economia anual de água por volume de cisterna – UBS: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)



Com os dados resultantes dos cenários analisados para a UPA, verificou-se que a economia de água potável variou entre 750 e 1.027 m³/ano para o uso em descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo) e 786 e 888 m³/ano para lavagem de pisos & descarga sanitária, Figura 51. Em hospital, foi obtida uma variação entre 597 e 602 m³/ano para lavagem de pisos, 6.415 e 8.518 m³/ano para descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo), 5.305 e 7.370 m³/ano para o uso em máquina de lavar roupas e 9.899 e 10.218 m³/ano para lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas, Figura 52.

Figura 51 – Economia anual de água por volume de cisterna – UPA: descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo) (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)

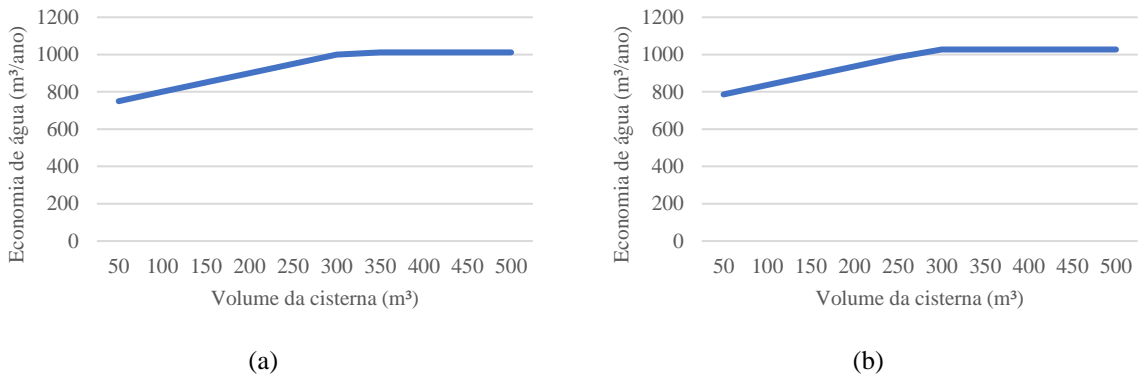
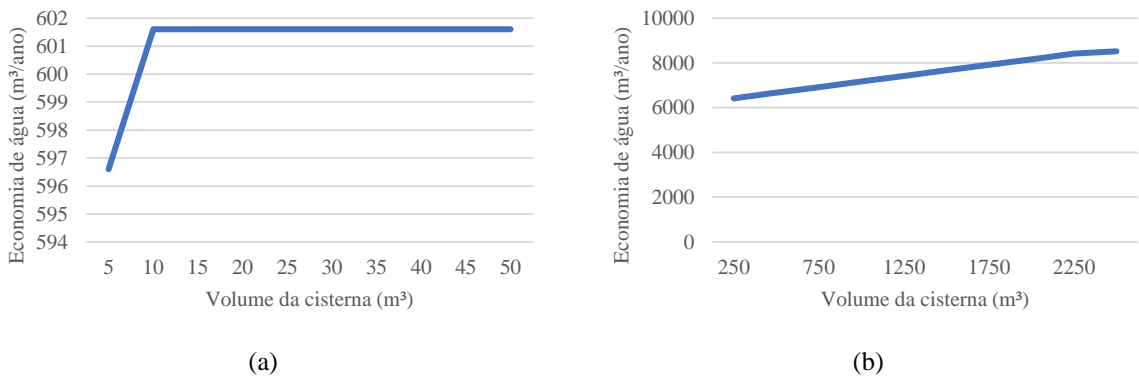
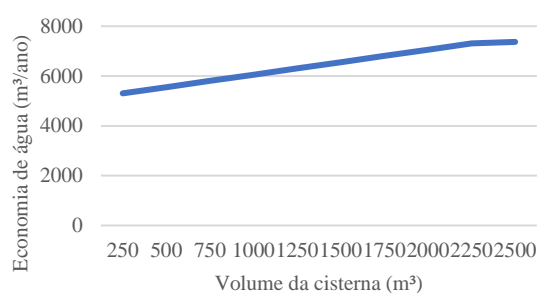
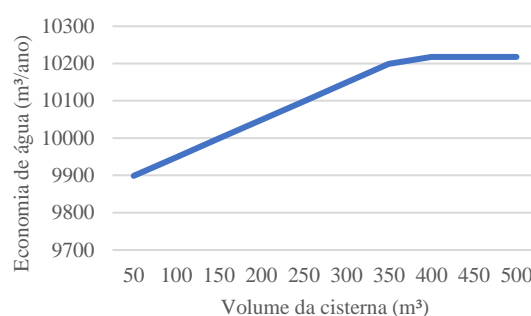


Figura 52 – Economia anual de água por volume de cisterna – Hospital: lavagem de pisos (a), descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo) (b), máquina de lavar roupas (c) e lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas (d)





(c)



(d)

O sistema de aproveitamento de água de chuva mostrou-se viável para UBS quando foram utilizadas cisternas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 m³ para atender a demanda 2 (Descarga sanitária) e cisternas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 m³ para atender a demanda 3 (Lavagem de pisos e descarga sanitária).

Para UPA, cisternas de 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 m³ para atender a demanda 2 (Descarga sanitária) e cisternas de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 m³ para atender a demanda 3 (Lavagem de pisos e descarga sanitária). Para hospital, cisternas de 5 e 10 m³ para atender a demanda 1 (Lavagem de pisos), cisternas de 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500 e 1750, 2000 e 2250 m³ para atender a demanda 2 (Descarga sanitária) e demanda 3 (Máquina de lavar roupas), e cisternas de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 m³ para atender a demanda 4 (Lavagem de pisos, descarga sanitária e máquina de lavar roupas).

Observa-se que na medida em que há um aumento da capacidade de armazenamento da cisterna, as economias geradas pelo aproveitamento de água de chuva também aumentam. Porém, existe um ponto em que por mais que se aumente o volume da cisterna, as economias geradas pelo sistema ficam estagnadas. Isso é devido ao limite da oferta (área de cobertura disponível) e demanda (usos não potáveis).

Com isso, a capacidade de armazenamento ideal foi definida com o menor volume de armazenamento de água pluvial ( $V_c$ ) capaz de promover o maior nível de economia de água, Tabela 37. Em situações em que a demanda de água não potável foi superior a 50% da oferta de água de chuva, a implementação do sistema de aproveitamento foi considerada inviável tecnicamente por não possuir uma área de cobertura grande o suficiente.

Se todas as RAs utilizassem cisternas de 90 m³ para lavagem de pisos & descarga sanitária, a redução poderia alcançar 72.630,38 m³/ano para UBS. Para UPA, cisternas de 300 m³ podem promover reduções de 9.600,92 m³/ano e para hospitais, 276.332,90 m³/ano com cisternas de 400 m³, Tabela 37. No Apêndice D (Tabela 77 – Tabela 79) estão apresentadas as simulações de diferentes cisternas para identificação da economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 37 – Potencial de redução de água potável: AAC

Tipologia	Cenário	$V_c$ m <sup>3</sup>	P (%)	$E_{edif}$ m <sup>3</sup> /ano	$E_{urb}$ m <sup>3</sup> /ano
UBS	Descarga sanitária	60	47%	256	60.314,09
UBS	Lavagem de pisos & descarga sanitária	90	57%	309	72.630,38
UPA	Descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)	350	38%	1.012	9.455,51
UPA	Lavagem de pisos & descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)	300	38%	1.027	9.600,92
Hospital	Lavagem de pisos	10	1%	597	16.270,01
Hospital	Descarga sanitária (bacia san., mict. e expurgo)	2250	20%	8.415	227.570,73
Hospital	Máquina de lavar roupas	2250	18%	7.305	197.564,68
Hospital	Lav. de pisos, desc. san. & máq. de lavar roupas	400	25%	10.218	276.332,90

$V_c$  = volume de armazenamento de água pluvial;  $P$  (%) = potencial de redução do consumo de água potável;  $E_{edif}$  = economia de água gerada na escala da edificação;  $E_{urb}$  = economia de água gerada na escala urbana

Os benefícios ambientais promovidos pela redução na exploração de recursos hídricos com a economia de água potável são apresentados na Figura 53, Figura 54 e Figura 55. O potencial mínimo de redução foi verificado na RA Águas Claras (UBS), RA Ceilândia (UPA), RA Sobradinho (Hospital) e o potencial máximo na RA Taguatinga (UBS), RA Samambaia (UPA) e RA Paranoá (Hospital).

Figura 53 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas AAC em UBS: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)

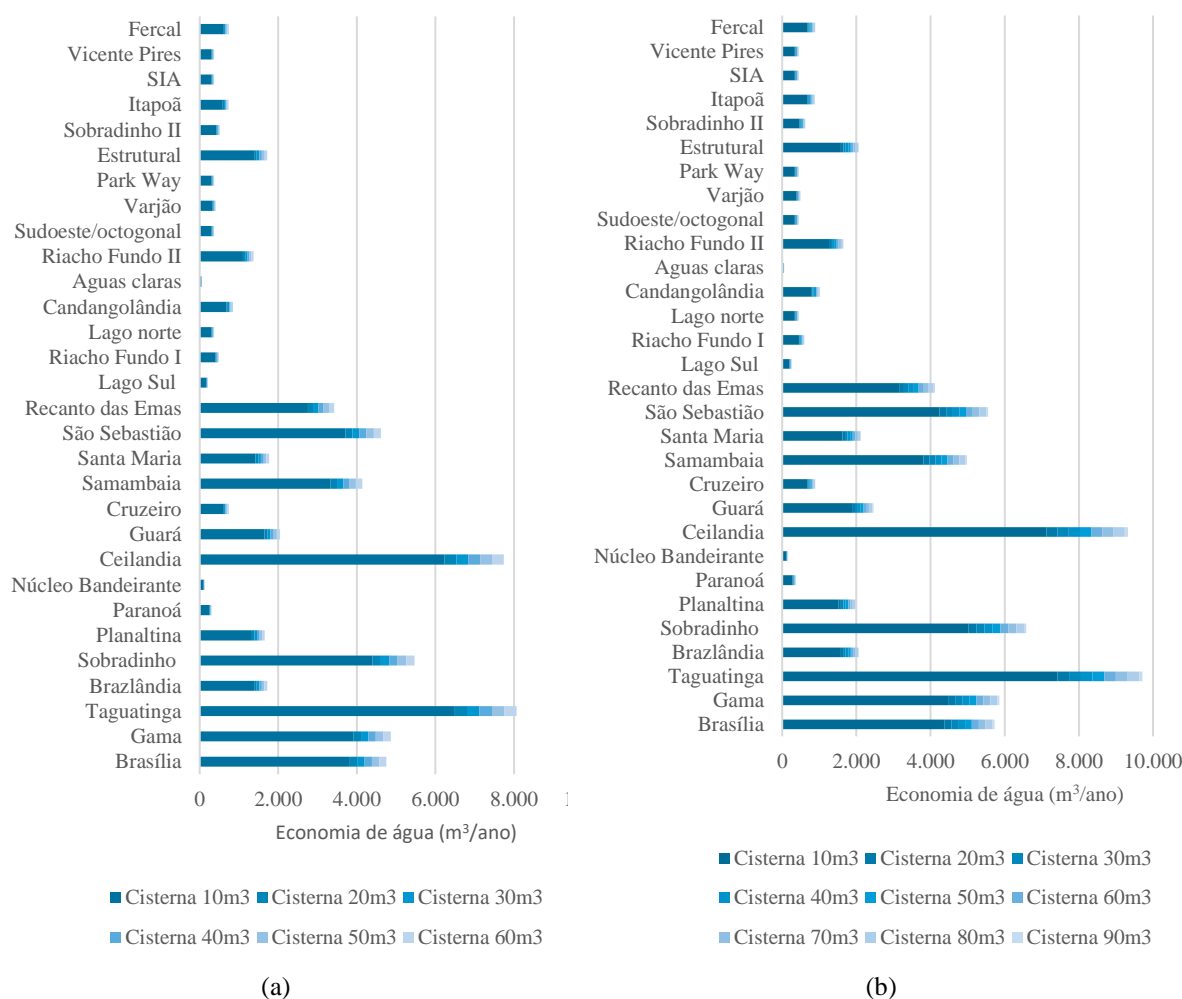


Figura 54 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas AAC em UPA: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)

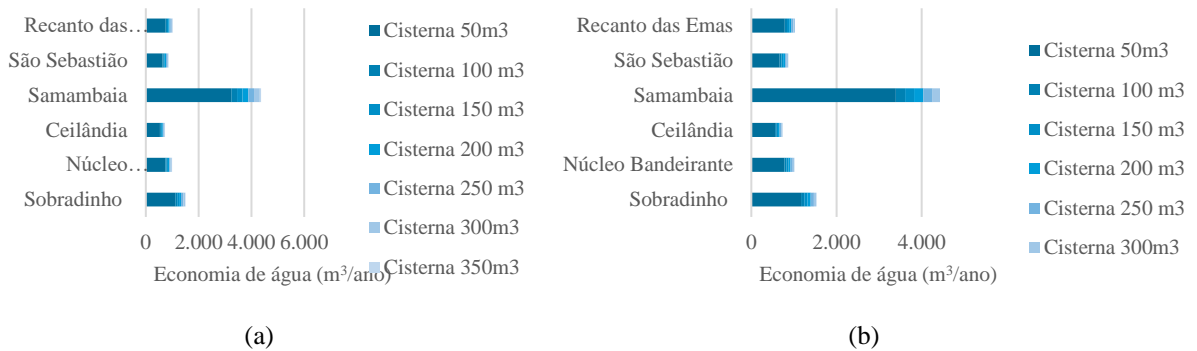
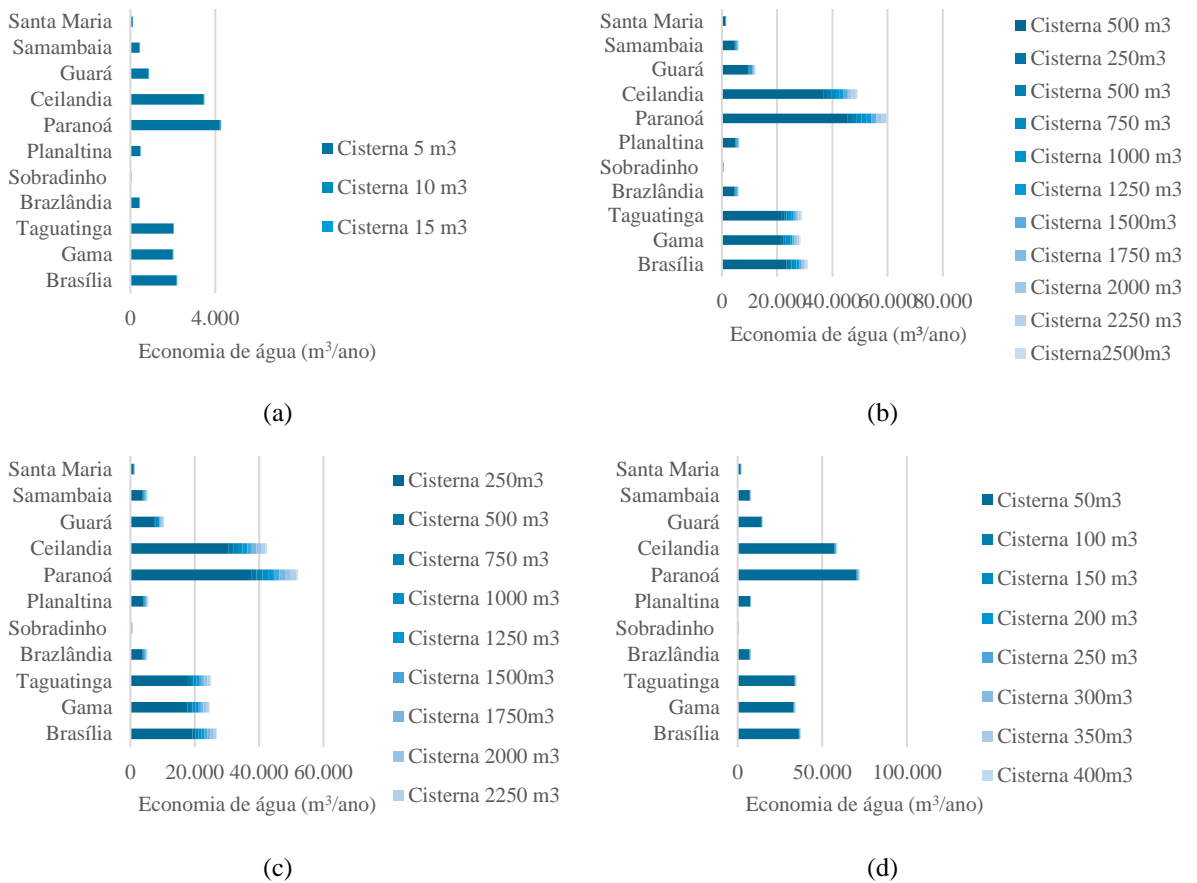


Figura 55 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas AAC em hospital: lavagem de pisos (a), descarga sanitária (b), máquina de lavar roupas (c) e lavagem de pisos & máquina de lavar roupas (d)

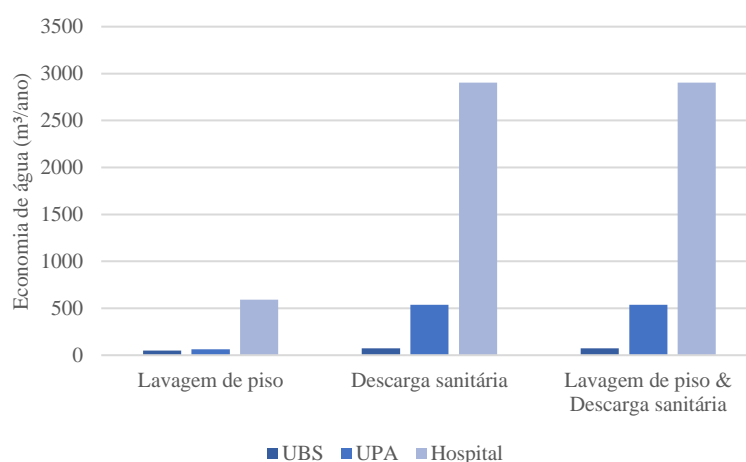


### 6.2.3. Sistemas de reúso de águas cinzas

Verificou-se que para a UBS, a oferta de águas cinzas para o uso em lavagem de pisos pode gerar uma redução de água potável de 51 m³/ano. No entanto, o sistema de reúso de águas cinzas apresentou melhor aproveitamento para o uso em descarga sanitária, promovendo uma economia de água de 75 m³/ano. Como a demanda para lavagem de pisos & descarga sanitária é maior que a oferta, a proposta é inviável devido à economia assemelhar-se ao cenário anterior.

Na UPA, houve baixa demanda para o uso em lavagem de pisos, no entanto o sistema de reúso de águas cinzas provou ser capaz de gerar economia de água de 537 m<sup>3</sup>/ano para o uso em descarga sanitária (bacia sanitária & expurgo), apesar de a demanda ser maior que a oferta. Em hospital, os resultados demonstraram que os sistemas podem ser indicados para lavagem de pisos, com economia de água de 593 m<sup>3</sup>/ano, mas terá maiores benefícios com a utilização em descarga sanitária, com economia de 2.903 m<sup>3</sup>/ano. De maneira geral, os sistemas de reúso de águas cinzas provaram ser capazes de gerar economias de água em todos os modelos representativos analisados, Figura 56.

Figura 56 – Economia de água potável pelo reúso de águas cinzas para UBS, UPA e hospital



Considerando que todos os estabelecimentos das regiões administrativas do Distrito Federal façam uso de sistemas de reúso de águas cinzas para os cenários que obtiveram maiores benefícios, verificou-se que as reduções podem chegar a 17.566,42 m<sup>3</sup>/ano nas UBS (cenário descarga sanitária), 5.014,68 m<sup>3</sup>/ano nas UPA (cenário descarga sanitária: bacia sanitária e expurgo) e 52.289,90 m<sup>3</sup>/ano nos hospitais (cenário descarga sanitária: bacia sanitária, mictório e expurgo), (Tabela 80 – Tabela 82, Apêndice D).

A Tabela 38 faz um resumo do potencial de redução do consumo de água potável pelo reúso de águas cinzas na escala da edificação e urbana. Observa-se que o potencial de redução é menor nos hospitais, no entanto, resultou nas maiores economias anuais de água.

Tabela 38 – Potencial de redução de água potável: RAC

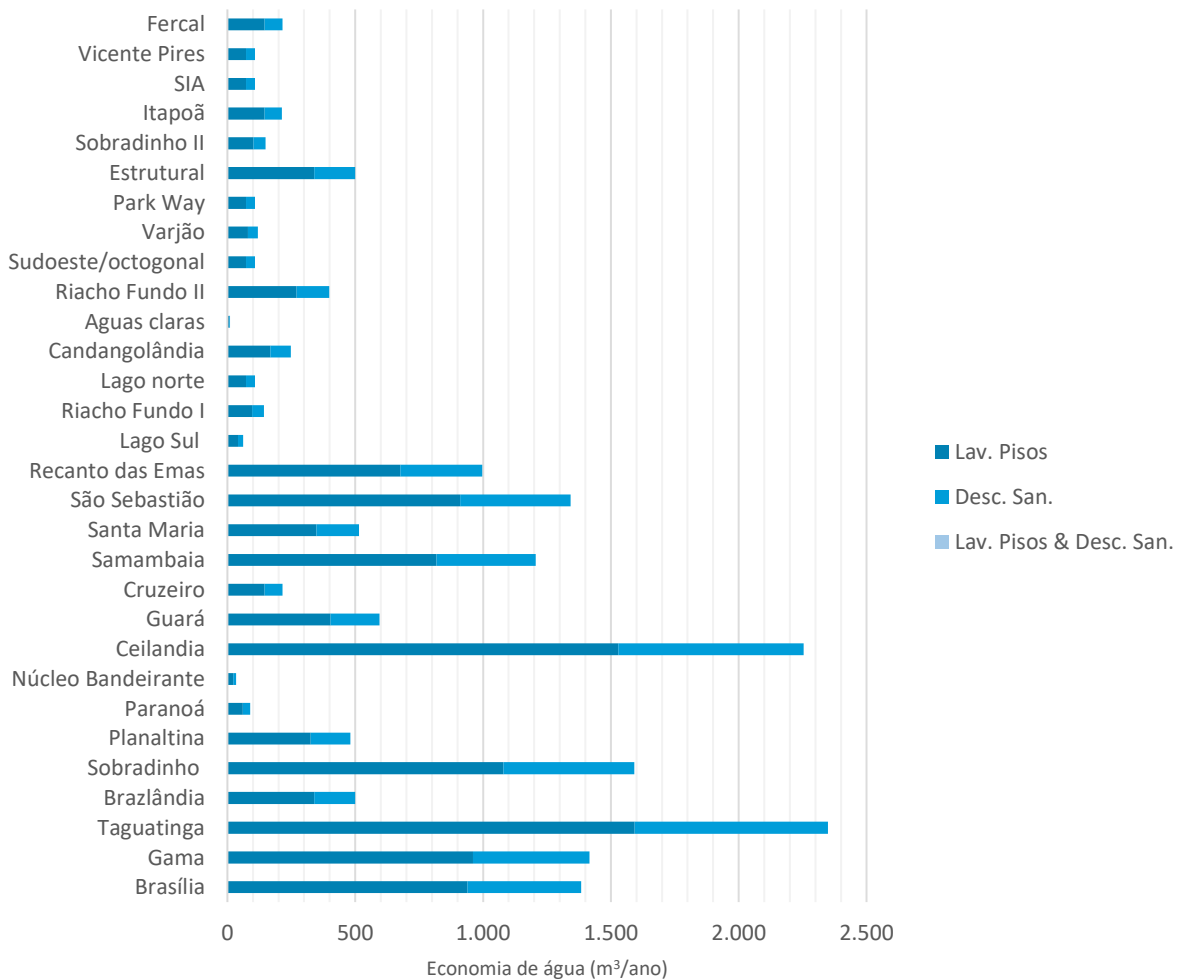
Tipologia	Cenário	P (%)	$E_{edif}$ m <sup>3</sup> /ano	$E_{urb}$ m <sup>3</sup> /ano
UBS	Lavagem de pisos	9%	50,61	11.911,68
UBS	Descarga sanitária	14%	74,63	17.566,42
UBS	Lavagem de pisos & Descarga sanitária	14%	74,63	17.566,42
UPA	Lavagem de pisos	2%	61,56	575,36
UPA	Descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)	20%	536,54	5.014,68
UPA	Lavagem de pisos & Descarga Sanitária (BS e exp.)	20%	536,54	5.014,68
Hospital	Lavagem de pisos	1%	593,30	10.684,95

Hospital	Descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo)	7%	2.903,47	52.289,90
Hospital	Lavagem de pisos & Descarga sanitária (BS, mic. e expurgo)	7%	2.903,47	52.289,90

$P$  (%) = potencial de redução do consumo de água potável;  $E_{edif}$  = economia de água gerada na escala da edificação;  $E_{urb}$  = economia de água gerada na escala urbana

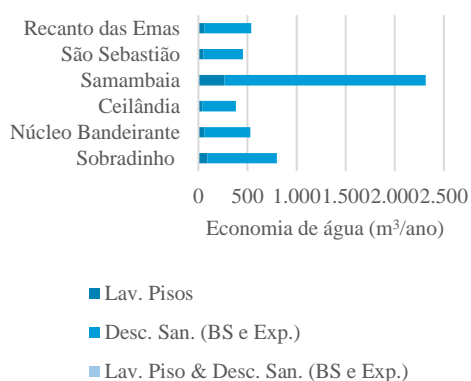
O potencial mínimo de redução foi verificado na RA Águas Claras e o máximo na RA Taguatinga para as UBS, mínimo na RA Ceilândia e máximo na RA Samambaia para as UPA e potencial mínimo de redução na RA Sobradinho e máximo na RA Brasília para os hospitais. A Figura 57 apresenta os benefícios ambientais por tipologia gerados pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistemas de reúso de águas cinzas.

Figura 57 – Benefícios ambientais pela redução na exploração dos recursos hídricos utilizando sistema RAC em UBS (a), UPA (b) e Hospitais (c)

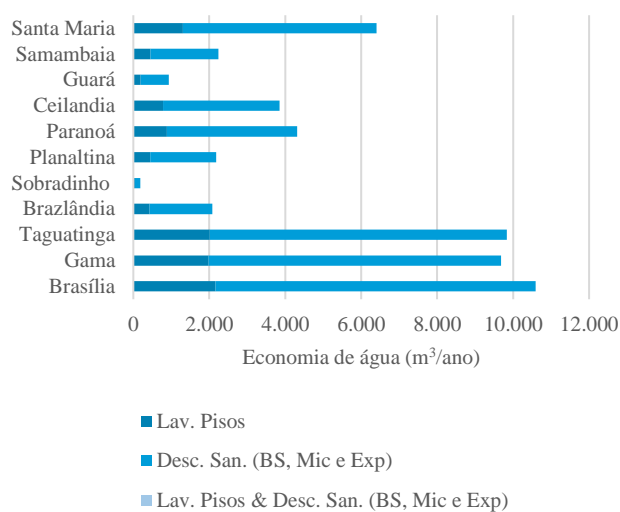


(a)





(b)



(c)

### 6.3. Benefícios financeiros

Embora os benefícios ambientais resultaram em economias de água pela redução do consumo de água potável, faz-se necessário avaliar os benefícios financeiros promovidos pelo uso das estratégias conservadoras ao longo de sua vida útil.

#### 6.3.1. Equipamentos economizadores de água

O emprego de equipamentos economizadores de água provou ser viável financeiramente em todas as tipologias. Com base nas simulações utilizando taxa de juros de até 30% a.a., verificou-se viabilidade para o uso de torneiras temporizadas de pressão para os lavatórios e bacia sanitária com consumo de 6 litros por fluxo e válvula com tecnologia de duplo acionamento na UBS, Figura 58a.

Para UPA, o uso de torneiras temporizadas de pressão para os lavatórios, mecanismo de descarga para caixa acoplada e torneira com alavanca para cozinha e copa, foi considerado viável, Figura 58b.

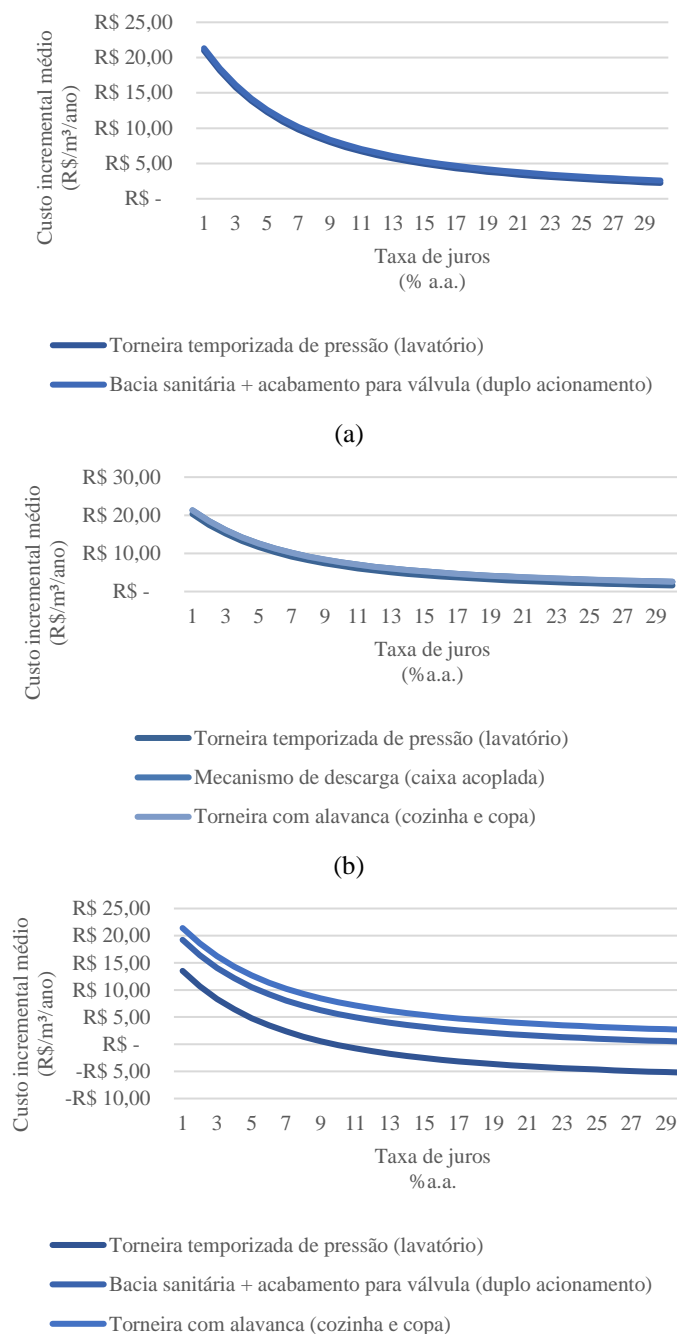
A utilização de bacia sanitária com consumo de 6 litros por fluxo e válvula com tecnologia de duplo acionamento, e torneira com alavanca para cozinha e copa em hospital também apresentaram viabilidade financeira. Por sua vez, o uso de torneiras temporizadas de pressão para os lavatórios em hospital deixa de ser viável com taxa de juros acima de 9% a.a., Figura 58c.

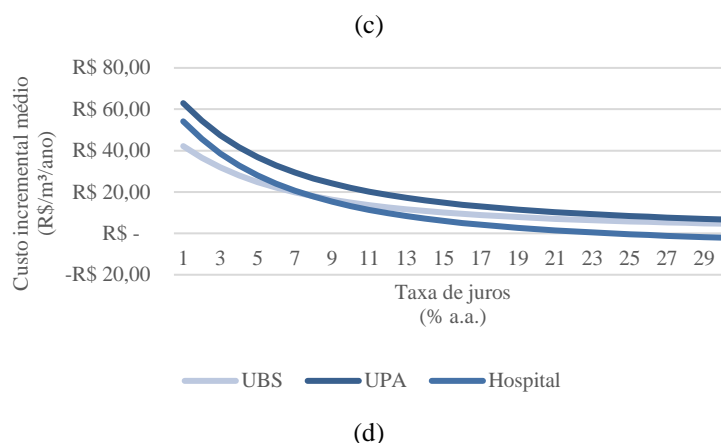
Os equipamentos que apresentaram o maior potencial de redução de água potável podem gerar um custo incremental médio por m³ de água economizada de R\$ 2,45 a R\$ 21,20 na UBS (bacia sanitária e acabamento para válvula) e R\$ 2,66 a R\$ 21,40 em hospital (torneira com alavanca para cozinha e copa). Por sua vez, na UPA, o mecanismo de descarga para caixa

acoplada (R\$ 2,56 a R\$ 21,30) e a torneira com alavanca para cozinha e copa apresentaram um custo incremental médio similar (R\$ 2,57 a R\$ 21,32).

Quando comparadas as três tipologias, observa-se que o custo por m<sup>3</sup> de água economizada na UBS é menor com as menores taxas de juros. Por outro lado, o emprego de equipamentos economizadores para hospital deixa de ser viável com taxas de juros acima de 23% a.a, Figura 58d. O emprego dos equipamentos economizadores pode gerar benefícios financeiros de R\$ 7.024,09 na UBS, R\$ 14.701,85 na UPA e R\$ 146.255,84 em hospital (Tabela 60 –Tabela 62, Apêndice D).

Figura 58 – Custo-benefício com o emprego de equipamentos economizadores de água: UBS (a), UPA (b), hospital (c) e equipamentos agrupados (d)





A Tabela 39 apresenta os resultados dos custos-benefícios com o emprego de equipamentos economizadores de água considerando as taxas de juros praticadas pelo mercado no período atual (12 % a.a.). Verificou-se que o investimento não é viável para hospitais quando utilizada a torneira temporizada de pressão para lavatório.

Tabela 39 – Cenário atual dos custos-benefícios por tipologia: equipamentos economizadores

Tipologia	Equipamentos economizadores de água	B (R\$/ano)	K (R\$)	PB (ano)	CIM (R\$/m <sup>3</sup> )
UBS	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	2.469,92	1.582,00	0,6	6,18
	Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	4.554,18	1.795,36	0,4	6,39
UPA	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	3.560,15	5.033,64	1,4	5,54
	Mecanismo de descarga (caixa acoplada)	6.264,38	1.671,20	0,3	6,50
	Torneira com alavanca (cozinha e copa)	4.877,32	1.207,03	0,2	6,51
Hospital	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	4.059,70	38.974,78	9,6	-1,29
	Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo)	31.376,70	86.177,30	2,7	4,43
	Torneira com alavanca (cozinha e copa)	110.819,45	15.825,50	0,1	6,60

B = Benefícios financeiros por ano (R\$); K = Custo capital (R\$); PB = Payback (anos); CIM = Custo incremental médio (R\$/m<sup>3</sup>)

### 6.3.2. Sistemas de aproveitamento de água de chuva

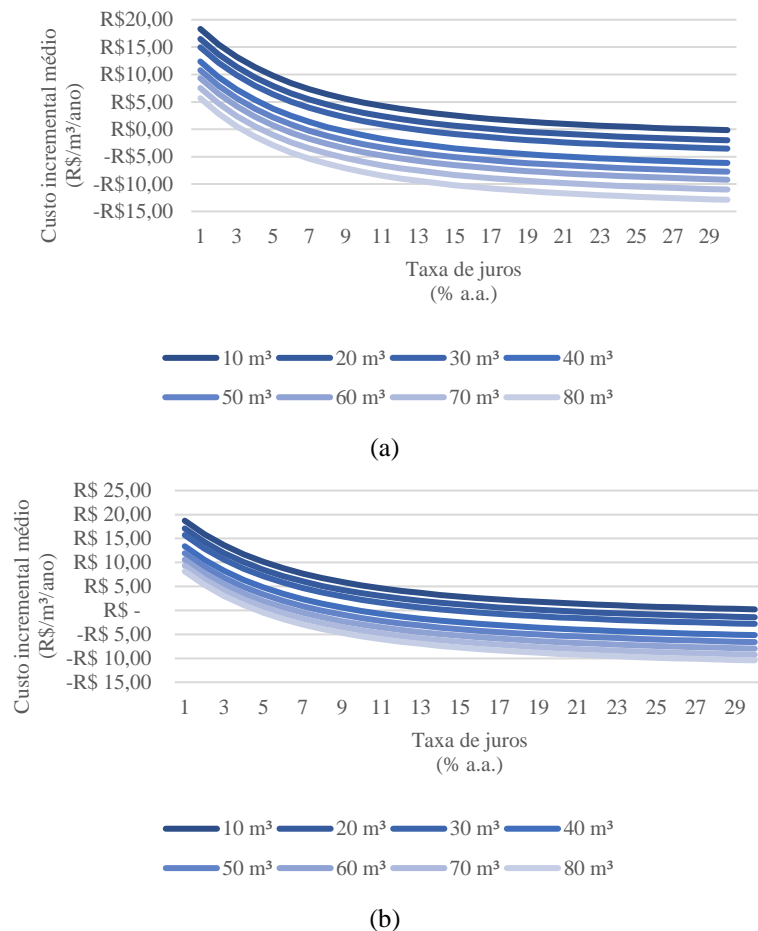
Na UBS, o emprego de sistema de aproveitamento de água de chuva mostrou-se inviável para o uso em lavagem de pisos devido à pequena demanda, gerando baixo potencial de redução de água potável e elevado custo de implantação. No entanto, o sistema é viável para o uso em descarga sanitária e pode gerar benefícios financeiros variando entre R\$ 5.160,18 e R\$ 6.411,19, dependendo do volume da cisterna, com retorno do investimento entre 4 e 14 anos. Para o uso em lavagem de pisos & descarga sanitária foram obtidos benefícios entre R\$ 5.898,79 e R\$ 7.720,37 e retorno de 3 a 18 anos. Conforme análise, o investimento deixa de ser viável para cisternas acima de 60 m<sup>3</sup> (cenário 2) e 90 m<sup>3</sup> (cenário 3), (Tabela 63 e Tabela 64, Apêndice D).

Considerando o uso das cisternas que obtiveram o maior potencial de redução de água potável na UBS, foi obtido um custo incremental médio de R\$ 0,71 (cenário 2) e R\$ 1,57

(cenário 3) por  $\text{m}^3$  de água economizada. O sistema deixa de ser viável quando a taxa de juros ultrapassar 5% a.a. (cenário 2) e 3% a.a. (cenário 3). No entanto, cisternas de  $10 \text{ m}^3$  podem gerar um custo de R\$ 9,74  $\text{m}^3$  (cenário 2) e R\$ 13,61  $\text{m}^3$  (cenário 3) de água economizada utilizando a mesma taxa de juros, Figura 59.

O sistema de aproveitamento de água de chuva também não apresentou viabilidade para o uso em lavagem de pisos na UPA. Para o uso em descarga sanitária, os benefícios compreendem entre R\$ 18.767,75 e R\$ 25.312,48, com retorno de 4 a 20 anos. Para o uso em lavagem de pisos & descarga sanitária, os benefícios variaram entre R\$ 19.676,01 e R\$ 25.701,14, com retorno de 4 a 17 anos. O investimento deixa de ser viável para cisternas acima de  $350 \text{ m}^3$  (cenário 2) e  $300 \text{ m}^3$  (cenário 3), (Tabela 65 e Tabela 66, Apêndice D).

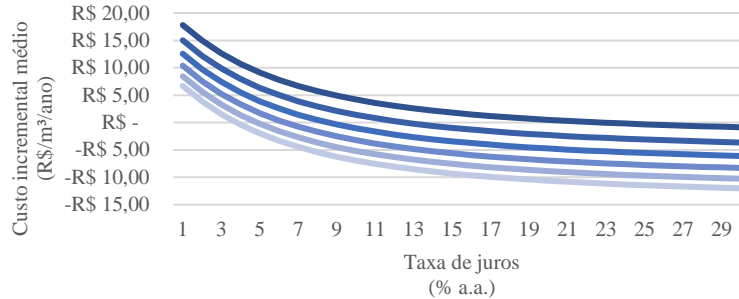
Figura 59 – Custo-benefício com uso de sistemas de AAC para UBS: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)



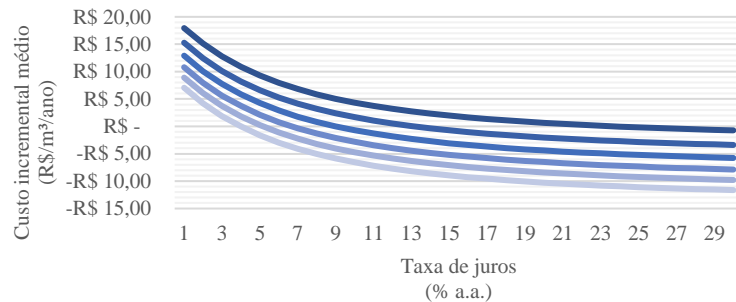
Para o uso de cisternas com maior potencial de redução de água potável, o custo incremental médio foi de R\$ 1,64 (cenário 2) e R\$ 0,91 (cenário 3) por  $\text{m}^3$  de água economizada, e o sistema deixou de ser viável quando a taxa de juros ultrapassou 2% a.a. e 3% a.a. para os mesmos cenários. No entanto, cisternas de  $50 \text{ m}^3$  podem gerar um custo-benefício de R\$ 14,97

m<sup>3</sup> (cenário 2) e R\$ 12,49 m<sup>3</sup> (cenário 3) de água economizada utilizando a mesma taxa de juros, Figura 60.

Figura 60 – Custo-benefício com uso de sistemas de AAC para UPA: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)



(a)



(b)

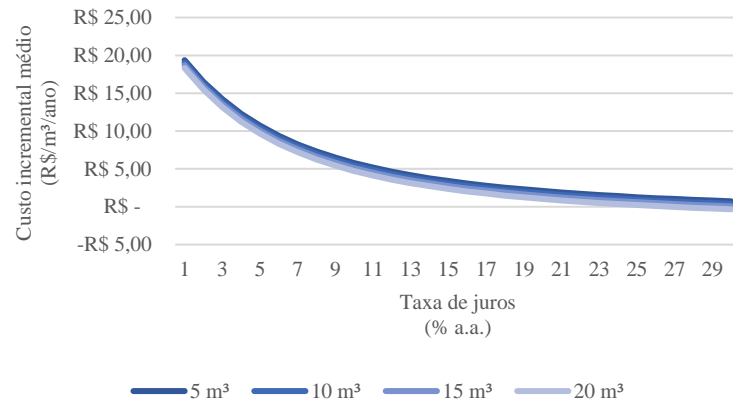
Para os hospitais, o uso de sistema de aproveitamento de água de chuva provou ser viável para todos os cenários, no entanto o potencial de redução de água potável para o cenário 1 foi de apenas 1%. Resultados da análise para o uso em lavagem de pisos geraram benefícios financeiros de R\$ 14.926,89 a R\$ 15.051,99, com retorno do investimento entre 2 e 3 anos. Para o uso em descarga sanitária, os benefícios compreenderam entre R\$ 160.494,20 e R\$ 2.929.434,46, com retorno de 2 a 14 anos. Para o uso em máquina de lavar roupas, foram obtidos benefícios de R\$ 132.734,48 a R\$ 182.774,48, com retorno entre 3 e 17 anos.

Com o uso do sistema para lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas (cenário 4), foram obtidos os melhores custos-benefícios. Os benefícios financeiros variaram entre R\$ 247.670,03 e R\$ 255.645,91, com retorno até 2 anos. O investimento deixa de ser viável para cisternas acima de 10 m<sup>3</sup> (cenário 1), 2.250 m<sup>3</sup> (cenário 2), 2.250 m<sup>3</sup> (cenário 3) e 400 m<sup>3</sup> (cenário 4) (Tabela 67 – Tabela 70, Apêndice D).

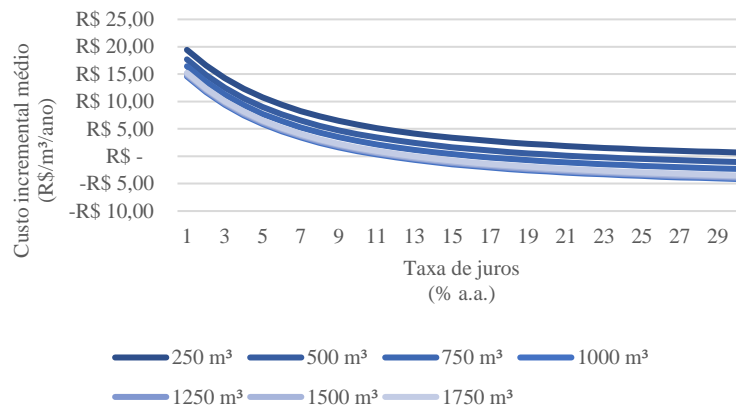
A utilização de cisternas com maior potencial de redução de água potável obteve um custo incremental médio de R\$ 3,06 (cenário 1) R\$ 1,21 (cenário 2) R\$ 1,05 (cenário 3) e R\$ 3,47 (cenário 4) por m<sup>3</sup> de água economizada e o sistema deixou de ser viável quando a taxa de juros foi superior a 15%, 5%, 4% e 15% a.a. para os cenários respectivos.

O custo-benefício identificado para cisternas de 5 e 10 m<sup>3</sup> para o cenário 1 foram bastante próximos. No entanto, cisternas de 250 m<sup>3</sup> podem gerar um custo incremental médio de R\$ 10,74 m<sup>3</sup> (cenário 2) e R\$ 11,91 m<sup>3</sup> (cenário 3). Para o cenário 4, cisternas de 50 m<sup>3</sup> resultaram em um custo de R\$ 5,11 m<sup>3</sup> de água economizada utilizando a mesma taxa de juros, Figura 61.

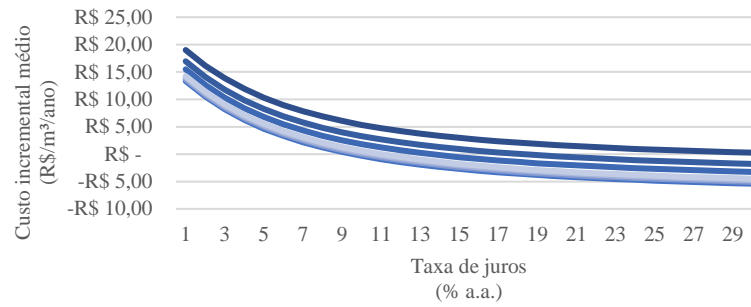
Figura 61 – Custo-benefício com uso de sistemas de AAC para hospitais: lavagem de pisos (a), descarga sanitária (b), máquina de lavar roupas (c) e lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas (d)



(a)

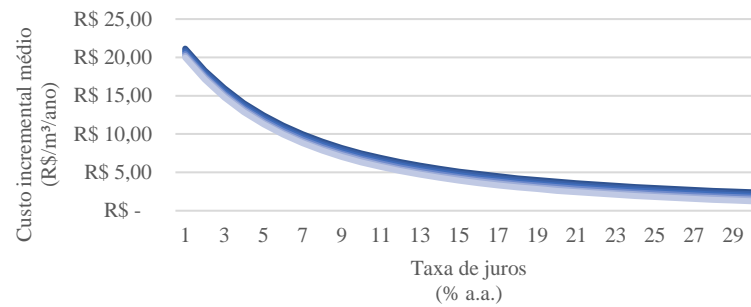


(b)



— 250 m³ — 500 m³ — 750 m³ — 1000 m³  
 — 1250 m³ — 1500 m³ — 1750 m³

(c)



— 50 m³ — 100 m³ — 150 m³  
 — 200 m³ — 250 m³ — 300 m³

(d)

Em geral, resultados pela análise do custo incremental médio de sistemas de aproveitamento de água de chuva para UBS, UPA e hospital indicaram que os maiores benefícios ( $B$ ) foram alcançados com o uso de cisternas com menor volume ( $V_c$ ). A Tabela 40 apresenta o resultado dos custos-benefícios com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva considerando a taxa de juros de 12 % a.a.

Tabela 40 – Cenário atual dos custos-benefícios por tipologia: AAC

Tipologia	Cenário	$V_c$ (m³)	$E_{edif}$ (m³/ano)	P (%)	B (R\$/ano)	K (R\$)	PB (ano)	CIM (R\$/m³)
UBS	Descarga sanitária	10	206	38%	5.160,19	18.052,63	4	3,73
UBS	Lavagem de pisos & descarga sanitária	10	236	43%	5.898,79	18.052,63	3	4,10
UPA	Descarga sanitária	50	750	28%	18.767,75	82.043,25	4	3,05
UPA	Lavagem de pisos & descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)	50	786	28%	19.676,01	82.563,70	4	2,90
Hospital	Lavagem de pisos	5	597	1%	14.926,89	36.825,18	2	4,64
Hospital	Descarga sanitária (bacia san., mictório e expurgo)	250	6.415	16%	160.494,20	398.934,46	2	4,64
Hospital	Máquina de lavar roupas	250	5.305	13%	132.734,48	398.934,46	3	4,21
Hospital	Lavagem de pisos, descarga san. & máq. de lavar roupas	50	9.899	24%	247.670,03	109.718,30	0,4	6,35

$V_c$  = volume de armazenamento de água pluvial;  $E_{edif}$  = economia de água gerada na escala da edificação;  $P$  (%) = potencial de redução do consumo de água potável;  $B$  = Benefícios financeiros por ano (R\$);  $K$  = Custo capital (R\$);  $PB$  = *Payback* (anos);  $CIM$  = Custo incremental médio (R\$/m<sup>3</sup>)

### 6.3.3. Sistemas de reúso de águas cinzas

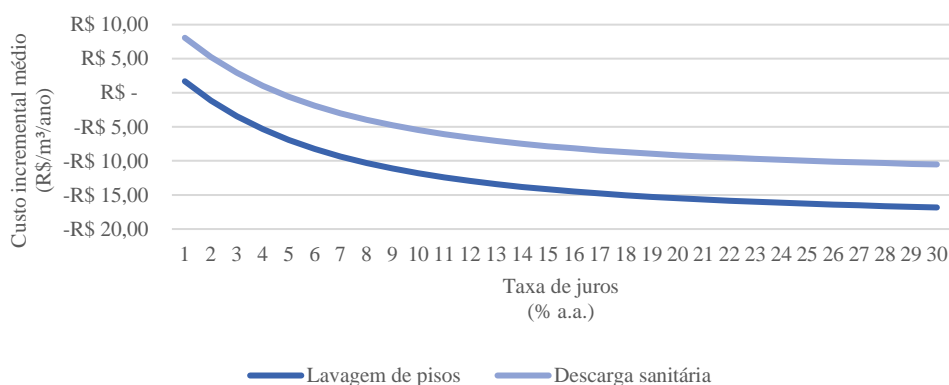
Os resultados indicaram que o uso da água não potável para lavagem de pisos (cenário 1) não é indicado para UBS, pois se a taxa de juros ultrapassar a 1% o investimento é inviabilizado (custo incremental médio de R\$ 1,69). Por sua vez, o sistema para o mesmo cenário anterior também não é indicado para a UPA devido ao período de retorno ser maior que o tempo de vida útil do sistema.

O uso em descargas sanitárias (cenário 2) irá promover maiores benefícios financeiros, tanto para UBS quanto UPA (R\$ 1.867,25, com retorno de 16 anos e R\$ 6.724,68, com retorno de 4 anos, respectivamente). Para os hospitais foi verificada a viabilidade de implantação do sistema para o uso para lavagem de pisos (cenário 1) e descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo) (cenário 2). Os maiores benefícios financeiros, no valor de R\$ 36.334,94 foram promovidos pelo uso em descarga sanitária, com retorno do investimento em 2 anos.

O uso do sistema para lavagem de pisos & descarga sanitária (cenário 3) foi inviabilizado para todas as tipologias, pois a economia de água potável, e os benefícios gerados foram os mesmos resultantes para o cenário 2 de cada tipologia. Resultados da análise de viabilidade financeira de sistemas de reúso de águas cinzas podem ser verificados no Apêndice D (Tabela 71–Tabela 73).

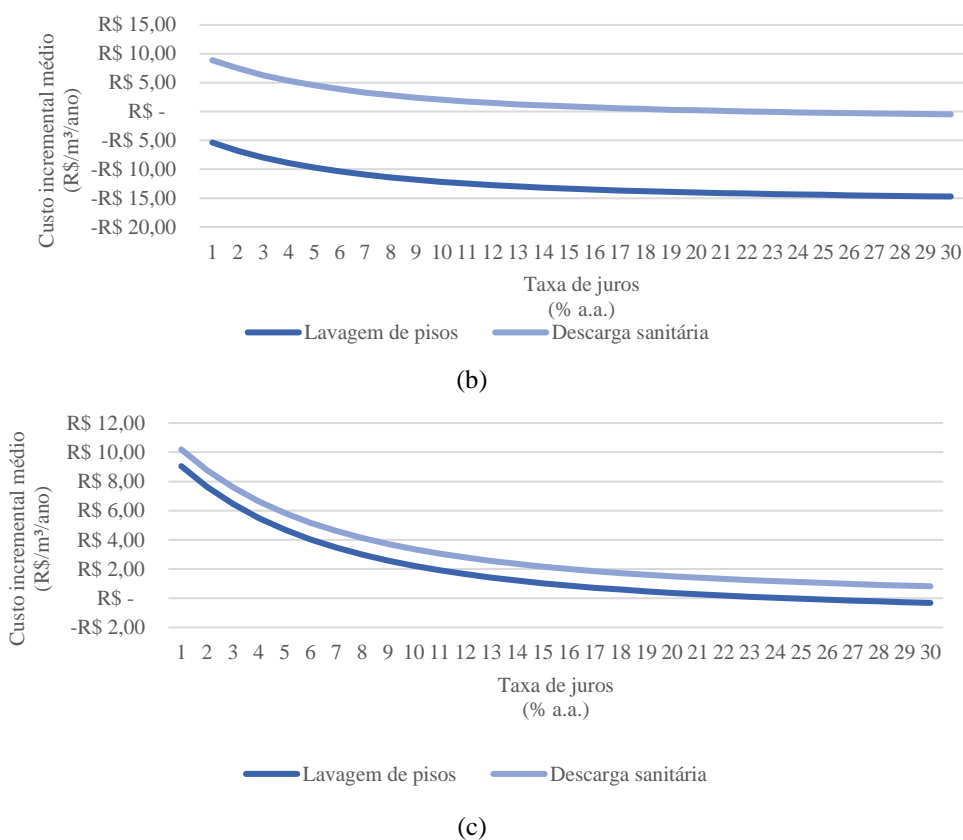
Analisando o cenário 2 para as tipologias, verificou-se um custo incremental médio de R\$ 1,03 para UBS, e o sistema deixou de ser viável com taxa de juros de 4% a.a. O custo variou entre R\$ 8,89 a R\$ 0,87 (UPA) e R\$ 9,88 a R\$ 1,86 (hospital) com taxa de juros de 1% a 15% a.a. Para o uso em lavagem de pisos de hospitais, custo entre R\$ 9,05 e 1,03, Figura 62.

Figura 62 – Custo-benefício com uso de sistemas RAC para: UBS (a), UPA (b) e hospital (c)



(a)





Com a taxa de juros de 12 % a.a., o sistema de reúso de águas cinzas é inviabilizado para todos os cenários da UBS. Para a UPA foi obtido um custo incremental médio de R\$ 1,49 (cenário 2) e para hospital, R\$ 1,65 (cenário 1) e R\$ 2,48 (cenário 2). Os maiores benefícios  $B$  foram alcançados com o uso de água não potável para a tipologia hospital.

Os valores negativos do custo incremental médio (CIM) indicam que os custos do sistema de reúso de águas cinzas são maiores que os benefícios gerados durante o tempo de vida desta medida de conservação e, portanto, é considerado inviável. Por outro lado, os valores positivos indicam que os benefícios gerados durante a vida útil são maiores do que os custos.

Nesse sentido, os valores mais elevados de CIM são as melhores opções pois indicam o nível de benefícios financeiros promovidos pela medida de conservação de água. A Tabela 41 apresenta o resultado dos custos-benefícios com a implantação do sistema de reúso de águas cinzas considerando a taxa de juros atual.

Tabela 41 – Cenário atual dos custos-benefícios por tipologia: RAC

Tipologia	Cenário	$E_{edif}$ (m³/ano)	B (R\$/ano)	K (R\$)	PB (ano)	CIM (R\$/m³)
UBS	Lavagem de pisos	51	1.266,17	29.723,11	24	-12,94
UBS	Descarga sanitária	75	1.867,25	29.723,11	16	-6,61
UPA	Lavagem de pisos	62	782,63	29.723,11	39	-12,75
UPA	Descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)	537	6.724,68	30.127,90	4	1,49

Hospital	Lavagem de pisos	593	7.434,65	30.382,34	4	1,65
Hospital	Descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo)	2.903	36.334,94	49.465,28	1	2,79

$E_{edif}$  = economia de água gerada na escala da edificação;  $B$  = Benefícios financeiros por ano (R\$);  $K$  = Custo capital (R\$);  $PB$  = Payback (anos);  $CIM$  = Custo incremental médio (R\$/m<sup>3</sup>)

#### 6.4. Custos-benefícios pelo uso das estratégias conservadoras de água

A implantação das estratégias conservadoras de água pode promover grandes reduções no consumo de água potável nos estabelecimentos assistenciais de saúde e minimizar os impactos ambientais pela exploração dos recursos hídricos. Os resultados da análise dos benefícios com o emprego de equipamentos economizadores provaram ser viáveis para todas as tipologias, considerando o uso de: torneira temporizada de pressão para lavatório (UBS e UPA), bacia sanitária com acabamento para válvula de descarga com duplo acionamento (UBS e hospital), mecanismo de descarga para caixa acoplada (UPA) e torneira com alavanca para cozinha e copa (UPA e hospital).

Para sistemas de aproveitamento de água de chuva, os resultados indicaram que o nível de investimento está relacionado ao volume da cisterna. Verificou-se que o valor da cisterna é o principal fator que eleva o custo do sistema e quanto maior o volume da cisterna, maior será o custo de capital. Embora as cisternas de maior capacidade tendem a promover maiores economias de água, as cisternas de menor capacidade alcançaram melhores índices de retorno de investimento por terem um menor custo de capital.

A partir da análise para sistemas de reúso de águas cinzas, observou-se que quanto maior a capacidade de tratamento, maior será a economia de água e retorno do investimento. Considerando os “cenários ótimos” para cada tipologia e a taxa de juros de 12% a.a. foram identificadas as melhores estratégias conservadoras de água potável e os respectivos benefícios ambientais e financeiros, Tabela 42.

Tabela 42 – Benefícios ambientais e financeiros por tipologia

Tipo	Estratégia conserv.	Equipamentos/ Cenários AAC ou RAC	P (%)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	B (R\$/ano)	K (R\$)	PB (ano)	CIM (R\$/m <sup>3</sup> )
UBS	EQ. ECON.	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	18	99	2.469,92	1.582,00	0,6	6,18
	EQ. ECON.	Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	33	182	4.554,18	1.795,36	0,4	6,39
	AAC	Lavagem de pisos & descarga sanitária (Vol. Cisterna 10m <sup>3</sup> )	43	236	5.898,79	18052,63	3,1	4,10
	RAC	Descarga sanitária	14	75	1.867,25	29.723,11	16	-6,61
UPA	EQ. ECON.	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	5	142	3.560,15	5.033,64	1,4	5,54
	EQ. ECON.	Mecanismo de descarga (caixa acoplada)	9	250	6.264,38	1.671,20	0,3	6,50

	EQ. ECON.	Torneira com alavanca (cozinha e copa)	7	195	4.877,32	1.207,03	0,2	6,51
	AAC	Descarga sanitária (BS e Exp.) (Vol. Cisterna 50m <sup>3</sup> )	28	750	18.767,75	82.043,25	4,4	3,05
	RAC	Descarga sanitária (BS e Exp.)	20	537	6.724,68	30.127,90	4,5	1,49
	EQ. ECON.	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	0,4	162	4.059,70	38.974,78	9,6	-1,29
	EQ. ECON.	Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	3	1.254	31.376,70	86.177,30	2,7	4,43
Hospital	EQ. ECON.	Torneira com alavanca (cozinha e copa)	11	4.429	110.819,4	15.825,50	0,1	6,60
	AAC	Lav.de pisos, des. san. & máq. de lavar roupas (Vol. Cisterna 50m <sup>3</sup> )	24	9.899	247.670,0	109.718,3	0,4	6,35
	RAC	Descarga sanitária (BS, Mic. e Exp.)	7	2.903	36.334,94	49.465,28	1,3	2,79

$E_{edif}$  = economia de água gerada na escala da edificação;  $P$  (%) = potencial de redução do consumo de água potável;  $B$  = Benefícios financeiros por ano (R\$);  $K$  = Custo capital (R\$);  $PB$  = Payback (anos);  $CIM$  = Custo incremental médio (R\$/m<sup>3</sup>)

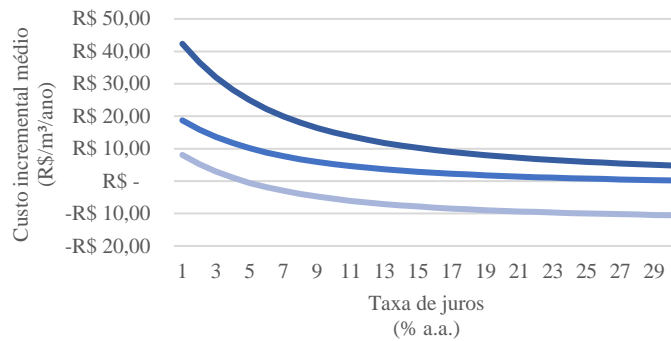
O emprego de equipamentos economizadores de água pode gerar um custo por m<sup>3</sup> de água economizada de R\$ 12,57 UBS, R\$ 18,55 UPA e R\$ 11,03 hospital. No entanto, a utilização de torneira temporizada de pressão para lavatório não é viável em hospital com a taxa de juros de 12% a.a. (-R\$ 1,29).

Com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi obtido o custo por m<sup>3</sup> de água economizada mais elevado, R\$ 6,35, enquanto o custo na UBS foi de R\$ 4,10 e na UPA, R\$ 3,05.

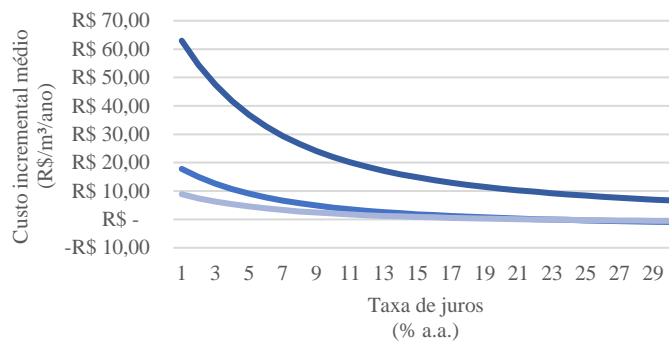
O sistema de reúso de águas cinzas foi a tecnologia que gerou os menores benefícios (R\$1,49 para a UPA e R\$ 2,48 para o hospital) e não apresentou viabilidade para UBS (R\$ - 6,61). Ressalta-se que quando o custo incremental médio resultante é negativo, a implantação da estratégia conservadora de água é inviabilizada devido aos custos serem maiores que os benefícios.

A Figura 63 apresenta a simulação dos custos por m<sup>3</sup> de água economizada para as três estratégias conservadoras de água. O emprego de equipamentos economizadores gerou os mais elevados custos por m<sup>3</sup> de água economizada para UBS e UPA, com a variação da taxa de juros até 30% a.a. Entretanto, na tipologia hospital, verificou-se que o sistema de aproveitamento de água de chuva poderá gerar custos mais elevados que o emprego de equipamentos economizadores com taxas de juros acima de 16 % a.a.

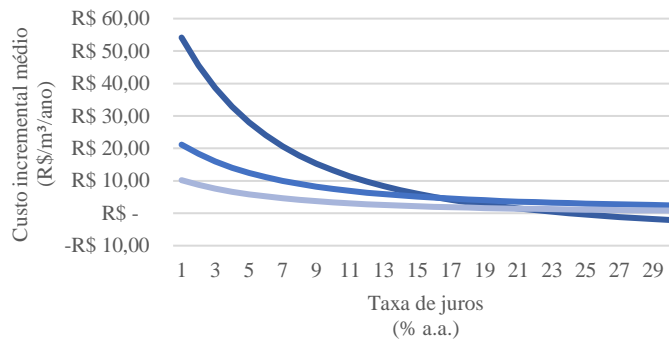
Figura 63 – Custo incremental médio *versus* taxa de juros: UBS (a), UPA (b) e hospital (c)



(a)



(b)



(c)

Na sequência, são apresentadas as análises dos custos-benefícios resultantes da implantação das estratégias conservadoras de água. Na UBS, o potencial de redução da demanda de água potável com o emprego dos equipamentos economizadores poderá chegar a 51%, com custo por m<sup>3</sup> de água economizada de R\$ 12,57, além de gerar uma economia de água potável de 281 m<sup>3</sup>/ano e uma redução dos gastos com água e esgoto de R\$ 1.773,43 por ano/estabelecimento, Figura 64.

A UPA apresentou um potencial de redução da demanda de água de 28% com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva e 22% com o emprego de equipamentos economizadores de água. Apesar do sistema de aproveitamento de água de chuva gerar uma economia de água potável de 750 m<sup>3</sup>/ano, obteve um custo por m<sup>3</sup> de água economizada de apenas R\$ 3,05. Logo, o emprego dos equipamentos economizadores poderá gerar maiores benefícios financeiros em função da redução das despesas com água e esgoto, R\$ 3.681,40, Figura 65.

Na tipologia hospital, apesar de o custo por m<sup>3</sup> de água economizada gerado pelo emprego dos equipamentos economizadores ter sido maior quando comparado ao sistema de aproveitamento de água de chuva (R\$ 11,03 e R\$ 6,35, respectivamente), a economia de água potável será menor (5.683 m<sup>3</sup>/ano e 9.899 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente). Nesse sentido, quando aplicado o indicador (R\$/m<sup>3</sup>/ano) à economia de água foi verificado que a estratégia mais viável para hospital foi o sistema de aproveitamento de água de chuva, resultando no maior valor economizado por estabelecimento (R\$ 62.828,66), Figura 66.

Figura 64 – Potencial de redução da demanda m<sup>3</sup>/ano (a), economia de água potável m<sup>3</sup>/ano (b), custo incremental médio R\$/m<sup>3</sup>/ano (c) e benefícios financeiros R\$/ano (d): UBS

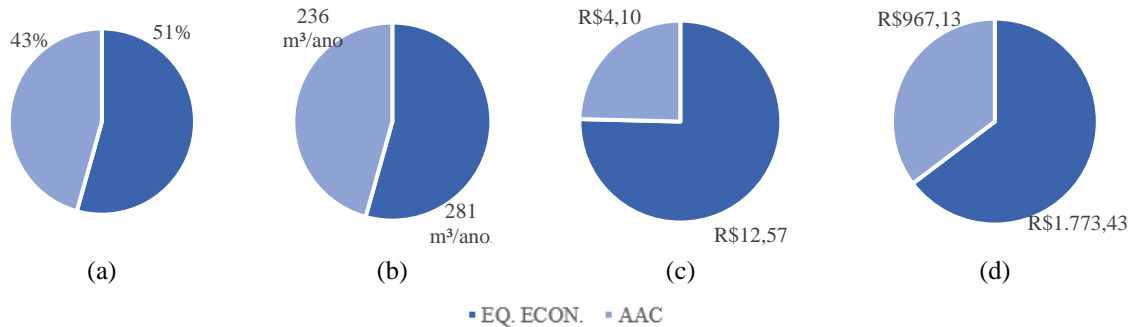


Figura 65 – Potencial de redução da demanda m<sup>3</sup>/ano (a), economia de água potável m<sup>3</sup>/ano (b), custo incremental médio R\$/m<sup>3</sup>/ano (c) e benefícios financeiros R\$/ano (d): UPA

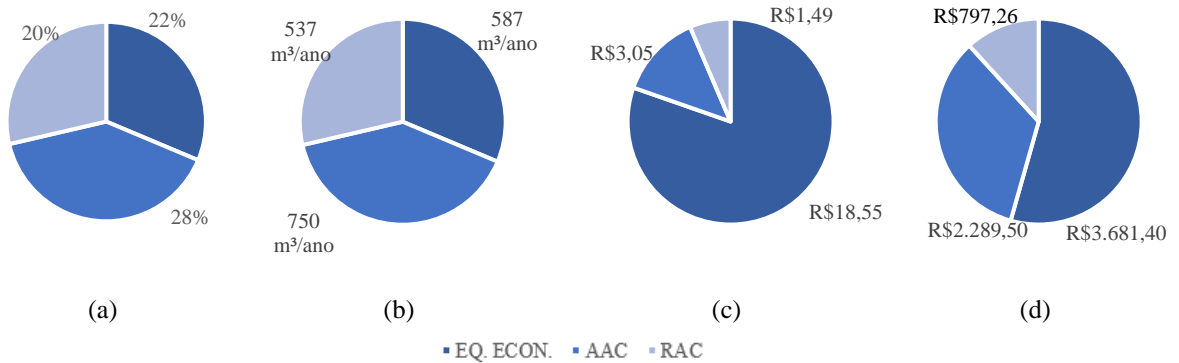
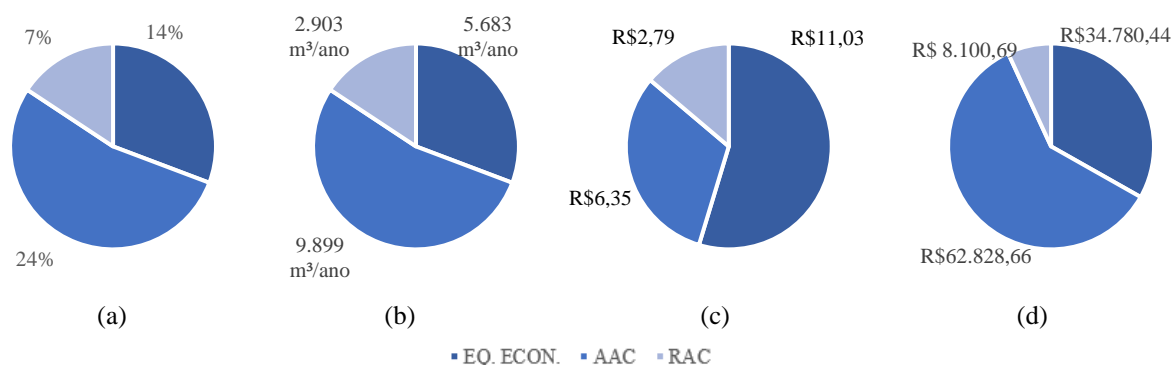


Figura 66 – Potencial de redução da demanda m<sup>3</sup>/ano (a), economia de água potável m<sup>3</sup>/ano (b), custo incremental médio R\$/m<sup>3</sup>/ano (c) e benefícios financeiros R\$/ano (d): hospital



Na Tabela 43 estão demonstradas as economias de água geradas por cada estratégia conservadora de água nos estabelecimentos assistenciais de saúde, considerando os cenários que geraram os maiores benefícios, tanto na escala da edificação ( $E_{edif}$ ) quanto na escala urbana ( $E_{urb}$ ), como também, o valor monetário economizado ( $V_{econ}$ ) com a diminuição da demanda de água potável.

Tabela 43 – Economia de água pela redução da demanda e valor economizado (m<sup>3</sup> e R\$)

Tipo	Estratégia conserv.	Equipamentos economizadores/ Cenários AAC ou RAC	$E_{edif}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$V_{econ}$ (R\$/ano)	$E_{urb}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$V_{econ}$ (R\$/ano)
UBS	EQ. ECON.	Torneira temporizada de pressão (lavatório) e bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	281	R\$1.773,43	65.475	413.620,48
	AAC	Lavagem de pisos & descarga sanitária (Vol. cisterna 10m <sup>3</sup> )	236	R\$967,13	55.494	227.641,08
UPA	EQ. ECON.	Torneira temporizada de pressão (lavatório), Mecanismo de descarga (caixa acoplada) e torneira com alavanca (cozinha e copa)	587	R\$3.681,40	5.480	34.353,10
	AAC	Descarga sanitária (BS e Exp.) (Vol. Cisterna 50m <sup>3</sup> )	750	R\$2.289,50	7.011	21.398,26
	RAC	Descarga sanitária (BS e Exp.)	537	R\$797,26	5.015	7.451,37
Hospital	EQ. ECON.	Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento) e torneira com alavanca (cozinha e copa)	5.846	R\$34.780,44	158.937	944.659,78
	AAC	Lav.de pisos, des. san. & máq. de lavar roupas (Vol. cisterna 50m <sup>3</sup> )	9.899	R\$62.828,66	267.712	1.699.178,00
	RAC	Descarga sanitária (BS, Mic. e Exp.)	2.903	R\$8.102,07	52.290	145.913,75

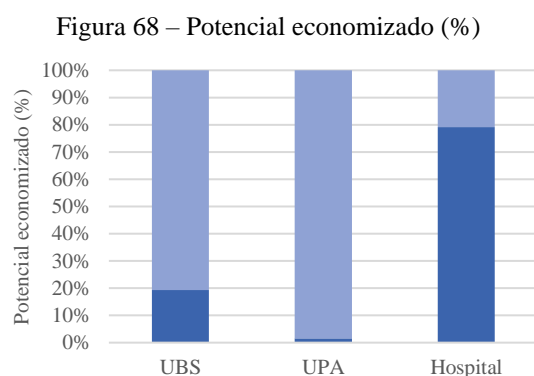
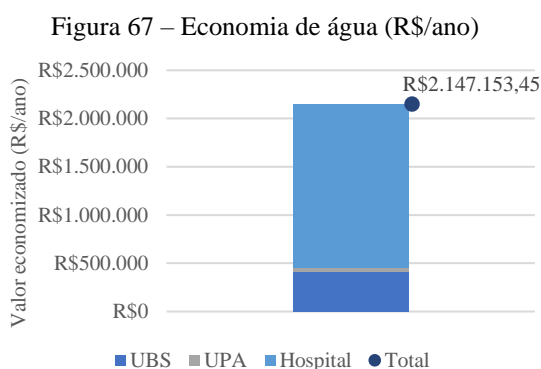
No cenário atual da economia brasileira, o emprego de equipamentos economizadores de água provou ser a estratégia mais viável para UBS e UPA, pois geraram os maiores benefícios ambientais e financeiros.

Considerando as condições aplicadas neste estudo, o emprego dos equipamentos economizadores em todas as unidades básicas de saúde e unidades de pronto atendimento do Distrito Federal poderá gerar uma redução da demanda de água potável de até 65.475 m<sup>3</sup>/ano

(UBS) e 5.480 m<sup>3</sup>/ano (UPA). A economia anual devido a redução das despesas poderá alcançar R\$ 413.622 para UBS e R\$ 34.353 para UPA.

Os hospitais terão maiores benefícios com a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva. Essa estratégia conservadora poderá gerar uma redução da demanda de água potável de até 267.712 m<sup>3</sup>/ano e benefícios financeiros de R\$ 1.699.178.

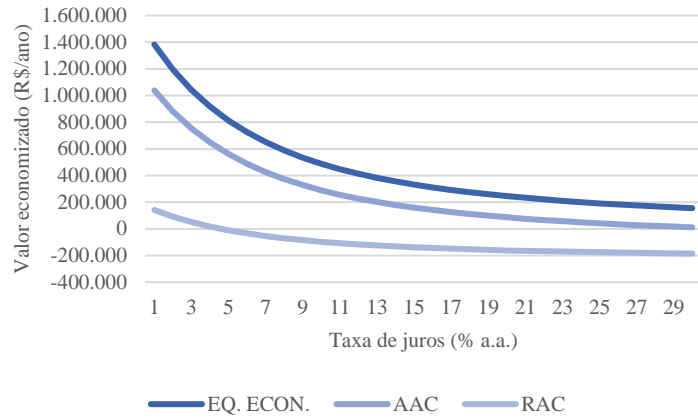
Com base nos cenários avaliados, oscilações financeiras no período analisado e das condições propostas pela pesquisa, os resultados encontrados indicam que a redução da demanda de água potável pode chegar a 338.667 m<sup>3</sup>/ano, quando projetada para todos os estabelecimentos de saúde do Distrito Federal, e a economia poderá aproximar ao valor de R\$ 2.147.153,45, Figura 67. O potencial economizado por cada estabelecimento em relação à economia total foi de 19% (UBS), 2% (UPA) e 79% (hospitais), Figura 68.



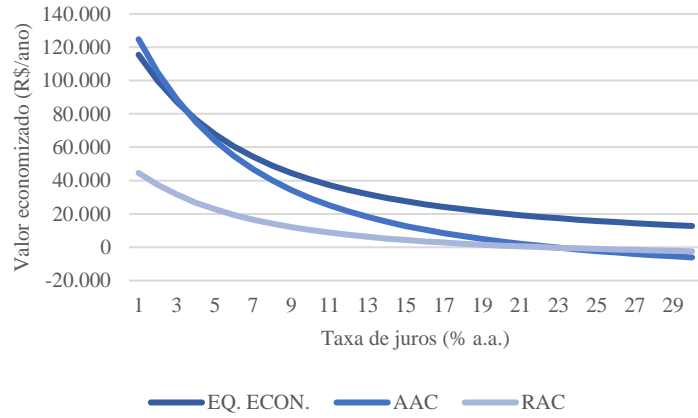
Como existem variáveis diversas que afetam o cenário econômico e, conseqüentemente, os investimentos em estratégias conservadoras de água, foram realizadas simulações do valor economizado em função da alteração da taxa de juros, Figura 69. Os cenários com taxa de juros até 30% a.a. indicaram que o emprego de equipamentos economizadores vai proporcionar maiores benefícios financeiros (R\$/m<sup>3</sup>/ano) para as unidades básicas de saúde e unidades de pronto atendimento. Para os hospitais, o maior valor economizado será obtido com o sistema de aproveitamento de água de chuva. O sistema de reúso de águas cinzas gerou os menores benefícios financeiros.

Considerando os “cenários ótimos” para cada tipologia e simulação da projeção dos benefícios financeiros para todos os estabelecimentos de saúde do DF, o valor economizado anualmente com a redução da demanda de água potável poderá variar entre R\$ 155.690 e R\$ 1.383.094 (UBS), R\$ 12.764 e R\$ 115.494 (UPA), e R\$ 644.947,79 e R\$ 5.661.657,01 (hospitais) em função da oscilação da taxa de juros (1% a.a. a 30% a.a.).

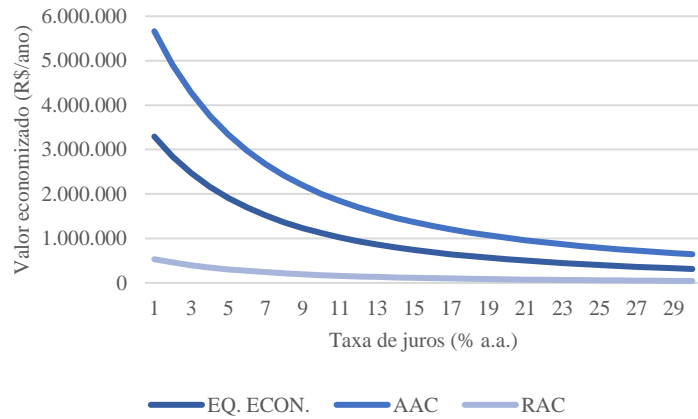
Figura 69 – Benefícios financeiros *versus* taxa de juros (a.a.): UBS (a), UPA (b), hospital (c) e cenários agrupados (d)



(a)

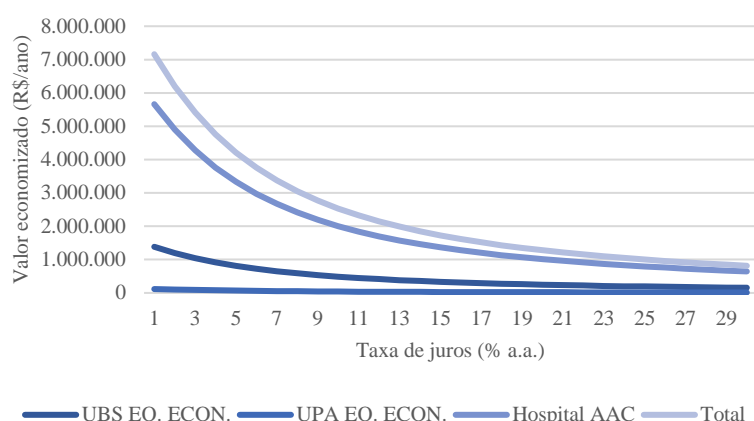


(b)



(c)





(d)

Outros cenários também foram analisados para identificar a melhor estratégia conservadora de água, considerando a variação das taxas de juros (baixa, média e alta). A Tabela 44 apresenta os benefícios financeiros gerados com o emprego de equipamentos economizadores, sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de água cinzas, quando aplicadas as taxas de juros de 4%, 9%, 12% e 20% a.a.

Em geral, as soluções viáveis para cada tipo de estabelecimento continuam sendo as mesmas independentemente das taxas de juros avaliadas neste estudo. No entanto, o valor economizado altera em função da oscilação da economia e será determinante para a escolha do melhor momento para investir.

Tabela 44 – Simulação da economia financeira para cenários variados

Tipo	Estratégia conserv.	Escala do edifício				Escala urbana			
		$V_{econ}$ (R\$/ano)				$V_{econ}$ (R\$/ano)			
		4%	9%	12%	20%	4%	9%	12%	20%
UBS	EQ. ECON.	3.936	2.293	1.773	1.053	918.052	534.774	413.623	245.627
	AAC	2.760	1.398	967	370	649.725	328.981	227.641	87.088
	RAC	77	-358	-496	-687	18.059	-83.923	-116.159	-160.859
UPA	EQ. ECON.	8.205	4.768	3.681	2.175	76.572	44.493	34.353	20.292
	AAC	8.045	3.672	2.290	373	75.191	34.317	21.398	3.484
	RAC	2.863	1.293	797	109	26.759	12.089	7.451	1.021
Hospital	EQ. ECON.	79.603	45.387	34.571	19.574	2.163.311	1.232.997	944.660	531.162
	AAC	139.062	81.138	62.828	37.440	3.760.881	2.194.346	1.699.178	1.012.549
	RAC	19.283	10.788	8.102	4.378	347.283	194.278	145.914	78.849

$V_{econ}$  = valor monetário economizado

## 6.5. Síntese do capítulo

Neste capítulo, foi identificado o potencial de redução do consumo de água potável, os custos e os benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores de água e sistemas prediais de água não potável na escala da edificação e na escala urbana.

Em função das características tipológicas e usos específicos de água de cada estabelecimento de saúde foram indicados equipamentos economizadores diferenciados para simulação do potencial de redução de água potável. Para instalação nos lavatórios foram propostas torneiras temporizada de pressão (UBS, UPA e hospital) e bacias sanitárias com acabamento para válvula com duplo acionamento, nas UBS e hospitalais. Na UPA, foram utilizados mecanismos de descarga para caixa acoplada devido ao tipo de equipamento instalado no estabelecimento. Para cozinhas e copas foram utilizadas torneiras com alavanca (UPA e Hospital).

O potencial de redução de água potável com a troca dos equipamentos convencionais por economizadores pode chegar a 51% na UBS, 22% na UPA e 14% no hospital. O maior potencial de redução de água potável foi resultante da bacia sanitária com acabamento para válvula de descarga com duplo acionamento na UBS (33%), mecanismo de descarga para caixa acoplada na UPA (9%) e torneira com alavanca para cozinha e copa no hospital (11%). O potencial de redução de água potável nos hospitais foi equivalente ao obtido por Calza, Nogueira e Siqueira (2012), entre 7% a 9%. Como os estudos prévios analisaram apenas a tipologia hospital, não foi possível comparar os resultados do potencial de redução de água potável encontrados para UBS e UPA.

A economia de água na escala do edifício foi de 281 m<sup>3</sup>/ano para UBS, 588 m<sup>3</sup>/ano para UPA e 5.846 m<sup>3</sup>/ano para hospital, e na escala urbana, 65.475 m<sup>3</sup>/ano, 5.480 m<sup>3</sup>/ano e 158.937 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente. Considerando os cenários com maiores potenciais de redução do consumo de água e taxa de juros de 12% a.a., a economia financeira obtida na escala do edifício foi de R\$ 1.773 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) para UBS, R\$ 3.681 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) para UPA e R\$ 34.571 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) para hospital, na escala do edifício. Na escala urbana foi R\$ 413.623 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), R\$ 34.353 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) e R\$ 944.660 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), respectivamente.

Para os sistemas de aproveitamento de água de chuva, os cenários que apresentaram os melhores custos-benefícios foram: lavagem de pisos & descarga sanitária para unidade básica de saúde (volume da cisterna 10 m<sup>3</sup>), descarga sanitária para unidade de pronto atendimento (volume da cisterna 50 m<sup>3</sup>) e lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas para hospital (volume da cisterna 50 m<sup>3</sup>).

O potencial de redução de água potável para cada cenário ótimo poderá alcançar 43% na UBS, 28% na UPA e 24% no hospital. As economias de água geradas pela redução do consumo de água potável na escala da edificação foram: 236 m<sup>3</sup>/ano para UBS, 750 m<sup>3</sup>/ano para UPA e 9.899 m<sup>3</sup>/ano para hospital. Na escala urbana, 55.494 m<sup>3</sup>/ano, 7.011 m<sup>3</sup>/ano e 267.712 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente. O resultado do potencial de redução de água potável com sistema de

aproveitamento de água de chuva nos hospitais foi similar ao encontrado por Fulton (2018), 25% e Bak, Dao e Han (2020), 22%.

Essas reduções potenciais de água potável podem gerar uma economia de R\$ 967 (R\$/ano) para UBS, R\$ 2.290 (R\$/ano) para UPA e R\$ 62.828 (R\$/ano) para hospital. Quando os benefícios financeiros foram projetados para a escala urbana, a economia alcançou R\$ 227.641 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), R\$ 21.398 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) e R\$ 1.699.178 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), respectivamente.

Quanto ao sistema de reúso de águas cinzas, verificou-se que as maiores economias foram geradas pelo uso da água não potável na descarga sanitária para UPA e hospital. O sistema provou ser inviável para unidades básicas de saúde com taxas de juros a 12% a.a. O potencial de redução de água potável pode alcançar 20% na UPA e 7% no hospital.

A economia de água pode chegar a 537 m<sup>3</sup>/ano para UPA e 2.903 m<sup>3</sup>/ano para hospital na escala do edifício, e 5.015 m<sup>3</sup>/ano e 52.290 m<sup>3</sup>/ano na escala urbana. Os benefícios financeiros obtidos na escala do edifício foram: R\$ 797 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) para UPA e R\$ 8.102 para hospital, e na escala urbana, R\$ 7.451 (R\$/m<sup>3</sup>/ano) e R\$ 145.914 (R\$/m<sup>3</sup>/ano), respectivamente.

Os sistemas de reúso de águas cinzas obtiveram um potencial de redução da demanda de água de apenas 7% na tipologia hospital. Resultado similar foi identificado por Boni (2009), 7,73%. Por sua vez, Bueno (2018) e Hoag (2008) encontraram potenciais de redução compreendidos entre 14% e 51%, porém, avaliaram apenas o potencial de redução do consumo de água da lavanderia.

De maneira geral, verificou-se que o sistema de reúso de águas cinzas possui um custo mais elevado quando comparado ao sistema de aproveitamento de água de chuva e o emprego de equipamentos economizadores de água. O sistema de reúso de águas cinzas gerou os menores custos-benefícios entre as três tipologias de estabelecimentos de saúde no DF.

O sistema de aproveitamento de água de chuva possui um custo de capital mais elevado quando comparado ao emprego de equipamentos economizadores, entretanto, foi capaz de promover os maiores benefícios para a tipologia hospital. Por sua vez, os equipamentos economizadores de água possuem baixo custo de capital e resultaram nos maiores benefícios para as tipologias UBS e UPA.

Considerando o atual cenário, o melhor plano de ação a ser adotado pela Secretaria de Saúde de Distrito Federal é o emprego de equipamentos economizadores de água para as unidades básicas de saúde e unidades de pronto atendimento do Distrito Federal, e sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospitais.

Em um cenário holístico, a implementação de um programa de conservação de água no Distrito Federal, considerando os cenários ótimos e taxas de juro a 12% a.a., poderá gerar uma

economia anual de água de 338.667 m<sup>3</sup>/ano e a economia anual devido à redução das despesas com serviços de água e esgoto pode alcançar o valor de R\$ 2.147.153 (R\$/ano). É importante destacar que as projeções das economias resultantes das análises, referem-se ao contexto avaliado no presente estudo para os estabelecimentos de saúde do Distrito Federal.

Considerando os custos de investimentos para implementação das estratégias conservadoras de água (cenários ótimos) em todos os estabelecimentos de saúde do DF (R\$ 2.394.002,02) e os benefícios financeiros gerados (R\$ 5.280.148,86), o investimento inicial poderá retornar em um prazo inferior a um ano, aproximadamente 6 meses, conforme indicado na Tabela 45.

Tabela 45 – Soluções viáveis para conservação de água em estabelecimentos de saúde no Distrito Federal

<b>Tipo</b>	<b>N</b>	<b>Cenários ótimos</b> (12% a.a.)	<b>B<sub>edif</sub></b> (R\$/ano)	<b>K<sub>edif</sub></b> (R\$)	<b>B<sub>urb</sub></b> (R\$/ano)	<b>K<sub>urb</sub></b> (R\$)	<b>PB</b> (ano)
UBS	175	Torneira temporizada de pressão para lavatório (0,04 l/s)	2.469,92	1.582,00	432.235,85	276.850,36	0,6
		Bacia sanitária + acabamento para válvula com duplo acionamento	4.554,18	1.795,36	796.981,50	314.188,00	0,4
<b>Total</b>		Equipam. economizadores	7.024,10	3.377,36	1.229.217,35	591.038,36	0,5
UPA	6	Torneira temporizada de pressão para lavatório (0,04 l/s)	3.560,15	5.033,64	21.360,89	30.201,86	1,4
		Mecanismo de descarga com duplo acionamento	6.264,38	1.671,20	37.586,28	10.027,20	0,3
		Torneira com alavanca de vazão reduzida para cozinha e copa (0,06 l/s)	4.877,32	1.207,03	29.263,91	7.242,18	0,2
<b>Total</b>		Equipam. economizadores	14.701,85	7.911,87	88.211,08	47.471,23	0,5
Hospital	16	AAC: Lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas	247.670,03	109.718,30	3.962.720,43	1.755.492,80	0,4
<b>Total: UBS, UPA e Hospital</b>			269.395,97	121.007,53	5.280.148,86	2.394.002,40	0,5

*B<sub>edif</sub>* = Benefícios financeiros por ano (R\$), na escala da edificação; *B<sub>urb</sub>* = Benefícios financeiros por ano (R\$), na escala da urbana; *K<sub>edif</sub>* = Custo capital (R\$) na escala da edificação; *K<sub>urb</sub>* = Custo capital (R\$) na escala urbana; *PB* = *Payback* (anos); N = número de estabelecimentos assistenciais de saúde no Distrito Federal

## 7. CONCLUSÃO

Esta pesquisa se propôs a identificar soluções viáveis em termos dos custos e dos benefícios ambientais e financeiros promovidos pela implementação de estratégias voltadas à conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal. Com base no método delineado foi possível caracterizar os tipos de estabelecimentos e gerar indicadores de consumo predial a partir de abordagens metodológicas quantitativas, e indicadores de consumo por uso final com abordagens qualitativas.

Foram criados modelos representativos de estabelecimentos assistenciais de saúde (UBS, UPA e Hospital) e gerado um modelo de previsão da demanda urbana de água. Com isso, foram analisados os benefícios ambientais e financeiros na escala (micro) da edificação e na escala (macro) urbana, e identificadas soluções viáveis de implementação das estratégias conservadoras de água pelo emprego de equipamentos economizadores e sistemas prediais de água não potável.

O método utilizado neste estudo poderá ser replicado para outras cidades. Os indicadores de consumo predial, indicadores de usos finais de água e modelo de previsão de demanda urbana de água gerados para os estabelecimentos de saúde do Distrito Federal poderão ser utilizados em outros estudos devido à ausência de dados para essa tipologia. Evidentemente, o método apresenta suas limitações, apesar do estudo ter quantificado a margem de erro e aplicado um fator de correção às amostras para criação dos modelos representativos.

Os resultados indicaram que as unidades básicas de saúde possuem em média, as menores áreas construídas (811,00 m<sup>2</sup>), população (N=52), produção ambulatorial (N=49) e consumo predial de água (44,83 m<sup>3</sup>/mês). As maiores áreas foram identificadas nos hospitais (16.480,47 m<sup>2</sup>), como também, população (N = 2.068), produção ambulatorial (N=45.009) e consumo predial de água (3.377,83 m<sup>3</sup>/mês).

Os hospitais apresentaram os maiores indicadores de consumo per capita (79,56 l/p/d) e por área (9,40 l/m<sup>2</sup>/d) quando comparados às unidades básicas de saúde (31,74 l/p/d e 3,80 l/m<sup>2</sup>/d) e às unidades de pronto atendimento (33,63 l/p/d e 6,70 l/m<sup>2</sup>/d). O indicador por leito também foi elevado (671,51 l/leito/d), enquanto o indicador das unidades de pronto atendimento foi de 411,56 l/leito/d.

Os maiores consumos por uso final de água foram identificados nas bacias sanitárias dos estabelecimentos (827 l/d na UBS, 2.896 l/d na UPA e 25.540 l/d nos hospitais). Apesar do elevado consumo nos hospitais, as bacias sanitárias obtiveram os menores indicadores (12,4 l/p/d no hospital, 14 l/p/d na UPA e 15,9 l/p/d na UBS).

O modelo de previsão de demanda urbana de água foi validado após análise estatística dos dados. A análise de correlação mostrou-se significativa para  $p < 0,001$  e indicou que a demanda mensal de água está positivamente relacionada com as variáveis: número de funcionários, área construída e produção ambulatorial, com um coeficiente  $r = 0,913$ ,  $r = 0,858$  e  $r = 0,788$ , respectivamente.

O emprego de equipamentos economizadores de água poderá gerar um potencial de redução do consumo de água potável de 51% nas UBS, 22%, nas UPA e 14% no hospital. O potencial de redução de água potável mais elevado foi resultante da bacia sanitária com acabamento para válvula de descarga com duplo acionamento na UBS (33%), mecanismo de descarga para caixa acoplada na UPA (9%) e torneira com alavanca para cozinha e copa no hospital (11%).

Em relação aos sistemas de aproveitamento de água de chuva, verificou-se que as cisternas com menores capacidades alcançaram os melhores índices de retorno do investimento, apesar de as cisternas com maiores volumes promoverem os maiores potenciais de redução do consumo de água potável. Nesse sentido, as cisternas que apresentaram os melhores benefícios ambientais e financeiros foram: cisterna de 10 m<sup>3</sup> para uso da água não potável em lavagem de pisos & descarga sanitária (UBS), cisterna de 50 m<sup>3</sup> para uso da água em descarga sanitária (UPA) e cisterna de 50 m<sup>3</sup> para lavagem de pisos, descarga sanitária & máquina de lavar roupas (hospital). Foi obtido um potencial de redução do consumo de água potável de 43% (UBS), 28% (UPA) e 24% (hospital). Com taxas de juros acima de 23% a.a., o emprego de equipamentos economizadores não é viável financeiramente para hospitais.

Os sistemas de reúso de águas cinzas com maiores capacidades de tratamento podem gerar as maiores economias de água com um menor tempo de retorno dos investimentos. Os maiores benefícios resultaram da utilização da água não potável em descarga sanitária. O potencial de redução do consumo de água potável foi de 14% (UBS), 20% (UPA) e 7% (hospital). Por sua vez, o sistema deixa de ser viável financeiramente com taxas de juros acima de 4% a.a. (UBS) e 22% a.a. (UPA).

Considerando os cenários “ótimos”, no qual resultarão nos maiores benefícios ambientais e financeiros para cada tipo de estabelecimento de saúde, as diretrizes de intervenção para um plano estratégico de conservação de água no Distrito Federal são: (i) UBS: torneira temporizada de pressão para lavatório e bacia sanitária com acabamento para válvula de descarga com duplo acionamento; (ii) UPA: torneira temporizada de pressão para lavatório, mecanismo de descarga para caixa acoplada e torneira com alavanca para cozinha e copa; e (iii) Hospital: sistema de aproveitamento de água de chuva para uso na lavagem de pisos, descarga

sanitária & máquina de lavar roupas (cisterna de 50 m<sup>3</sup>). É importante destacar que o uso da água da chuva em estabelecimentos assistenciais de saúde deve ser acompanhado de um monitoramento contínuo da água através de análises laboratoriais para garantir a qualidade e evitar riscos à saúde dos usuários. Além disso, há a necessidade de realizar uma manutenção periódica do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Os resultados deste estudo sugerem que os investimentos no plano de ação proposto para a conservação de água no Distrito Federal, considerando todo o estoque edificado e as condições aplicadas nesta pesquisa, podem gerar uma economia de aproximadamente 65.475 m<sup>3</sup>/ano e R\$ 413.620 (UBS); 5.480 m<sup>3</sup>/ano e R\$ 34.353 (UPA) e 267.712 m<sup>3</sup>/ano e R\$ 1.699.178 (hospital).

Em termos ambientais, a redução da demanda de água potável para abastecimento dos estabelecimentos de saúde do DF pode chegar a 338.667 m<sup>3</sup>/ano. No entanto, destaca-se que poderá haver limitações no estudo em decorrência das características e demandas de cada estabelecimento de saúde. Em vista disso, recomenda-se a realização de uma avaliação mais específica, *in loco*, antes da implantação de qualquer estratégia conservadora de água.

De maneira geral, as ações propostas para os estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal, fundamentadas nos modelos representativos por tipologia (unidade básica de saúde, unidade de pronto atendimento e hospital), abrem caminho para um planejamento estratégico voltado a conservação de água e redução da demanda de água potável. Os resultados podem auxiliar no planejamento e criação de políticas públicas pelo Governo do Distrito Federal, para garantir o desenvolvimento sustentável e preservação dos recursos hídricos.

### **7.1. Contribuição para o conhecimento**

Esta pesquisa contribui para o conhecimento com a: (i) geração de indicadores de consumo predial (por pessoa, por área e por leito), indicadores de consumo setorizado e de usos finais de água, (ii) modelo de previsão da demanda urbana de água para serem utilizadas como ferramentas de gestão e planejamento por agências reguladoras de recursos hídricos, companhias de abastecimento de água e tratamento de esgoto, profissionais da construção civil e gestores prediais, (iii) identificação do potencial de redução do consumo de água potável, (iv) indicador econômico de água (R\$/m<sup>3</sup>) para avaliar o custo por m<sup>3</sup> de água economizada a partir da comparação dos custos e benefícios entre as estratégias conservadoras e (v) ferramenta para tomada de decisões estratégicas para conservação de água. A partir do gráfico de apoio para a tomada de decisão são identificadas as economias de água (R\$/m<sup>3</sup>/ano) por taxa de juros (% a.a.) para cada estratégia conservadora de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.

## **7.2. Limitações da pesquisa**

Os resultados da pesquisa irão contribuir com o conhecimento, mas ainda serão necessários novos estudos para que os indicadores sejam representativos não apenas para o Distrito Federal, mas para as demais cidades. Apesar da limitação, os dados poderão ser utilizados para outros estabelecimentos em regiões diversas devido à falta de indicadores de consumo e de modelo de previsão de demanda urbana de água por tipo de estabelecimento.

Além da aplicação do método em outras regiões, é recomendado ampliar o número de amostras qualitativas. Os levantamentos *in loco* foram realizados em apenas um estabelecimento por tipologia devido à limitação de recursos e de equipe técnica para instalação dos equipamentos de medição de consumo de água. Evidentemente, os dados poderão apresentar uma margem de erro devido à limitação das amostras, no entanto, foram realizados testes estatísticos para validação dos resultados. Além disso, os valores foram corrigidos (fator de correção) e gerados modelos por tipologia para que os dados resultantes fossem representativos.

Outro fator limitante foi a falta de dados de pelo menos uma amostra em cada Região Administrativa do Distrito Federal. Devido à disponibilização das informações pela Secretaria de Infraestrutura de Saúde do Distrito Federal – SINFRA/SES DF e pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, não houve a possibilidade da escolha dos estabelecimentos com amostras mais representativas.

As análises enfatizaram nas economias e custos gerados pelas diferentes estratégias conservadoras de água e não em reformas prediais. O período pandêmico foi uma limitação para acessar as edificações e realizar o levantamento dos sistemas hidráulicos. Nesse sentido, investigações futuras poderão ser desenvolvidas com base nessas limitações.

## **7.3. Implicações e recomendações**

Apesar das limitações, a pesquisa gerou uma base de dados inédita para serem utilizadas por gestores públicos e profissionais da construção civil de outras localidades para dimensionamento de reservatórios, planejamento da demanda urbana de água e implementação de programas de conservação de água devido à ausência de dados específicos por tipologias dos estabelecimentos (UBS, UPA e hospital).

Os resultados poderão ser aplicados como ferramenta de tomada de decisão para garantir um planejamento estratégico pela Secretaria da Saúde do Distrito Federal voltado a redução da demanda de água potável e, conseqüentemente, significativas economias dos gastos públicos



com as contas de água e esgoto. Além da criação de políticas públicas voltadas a conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de um estudo mais aprofundado da composição da rede de instalação hidráulica de cada estabelecimento. Com isso, será possível avaliar soluções técnicas adequadas para a implementação das estratégias conservadoras de água em edificações existentes. Outra indicação, é a extensão do estudo para outras regiões do país a partir da replicação do método delineado por esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 13713**: Instalações hidráulicas prediais - Aparelhos automáticos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT. **NBR 16.783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019a.
- ABNT. **NBR 15.527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019b.
- AGANA, B. A.; REEVE, D.; ORBELL, J. D. An approach to industrial water conservation - A case study involving two large manufacturing companies based in Australia. **Journal of Environmental Management**, Austrália, v. 114, p. 445–460, 2013.
- AGAR, J. W. M. *et al.* Using water wisely: New, affordable, and essential water conservation practices for facility and home hemodialysis. **Hemodialysis International**, v. 13, n. 1, p. 32–37, 2009.
- ALCANTARA, I. R. M. G.; PAZOS, V. C.; BOEGER, L.; SANT'ANA, D. Técnicas de auditoria do consumo de água: relatos de experiência em campo. In: PANTOJA, João da Costa; BUZAR, Márcio Augusto Roma; PORTO, Naiara Guimarães de Oliveira (org.). **Tecnologia, ambiente e sustentabilidade**: coletânea de artigos. p. 142-156. Brasília: LaSUS FAU, 2021. Disponível em: <<https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/107>>. Acesso em: 23 jun. 2021.
- ALLEN, N. J.; MEYER, J. P. Organizational Socialization Tactics: A Longitudinal Analysis of Links to Newcomers' Commitment and Role Orientation. **Academy of Management Journal**, v. 33, n. 4, p. 847–858, 1990.
- ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília, 2020. 77p.
- ANEEL. **Ranking das tarifas**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 23 jan. 2022.
- ARMAS, J. R. DE. Variaciones del caudal y consumos de água relativos a una cama en el hospital "Abel Santamaria" en Pinar del Rio. **Ingeniería Hidráulica Y Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 1–2, 2002.
- ASANO, T; BURTON, F.; LEVERENZ, H. **Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications**. 1. ed. New York: McGraw Hill, 2007.
- AWWA. **Water Conservation Programs: a planning manual**. 1. ed. Denver: American Water Works Association, 2005.
- AWWA. **Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Health Care Facilities**. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, 2012.
- BAK, G.; DAO, A. D.; HAN, M. Improving the hydrological performance of a rainwater for drinking (RFD) system at a rural hospital in Vietnam. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development**, v. 10, n. 4, p. 916–926, 2020.
- BARRINGTON, D. J.; PRIOR, A.; HO, G. The role of water auditing in achieving water conservation in the process industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p. 356–361, 2013.

BATISTA, K. J. M.; SILVA, S. R.; RABBANI, E. R. K; ZLATAR, T. Systematic review of indicators for the assessment of water consumption rates at hospitals. **Water Science and Technology**, v. 20, n. 2, p. 373–382, 2020.

BAUMER. **Lavadora extratora hospitalar**. Disponível em: <<http://baumer.com.br>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

BILHAR, A. L. Análise de Viabilidade Econômica e Ambiental de um projeto. **Destaques Acadêmicos**, v. 5, p. 19–33, 2013.

BILLINGS, R. B.; JONES, C. V. **Forecasting urban water demand**. 2. ed. Denver: American Water Works Association, 2008.

BINT, L.; VALE, R.; ISAACS, N. **Water Efficiency in Office Buildings**. In: Adeyeye, Kemi (ed.). *Water Efficiency in Buildings: Theory and Practice*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 2013. p. 241–251.

BONI, S. DA S. N. **Gestão de água em edificações**: formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis. 2009. 258 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Processamento de Roupas de Serviços de Saúde**: prevenção de controle de riscos. 1. ed. Brasília: ANVISA, 2009. 126 p.

BRASIL. Banco Central do Brasil. **Taxa Selic**. Brasília: Bacen. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/>>. Acesso em: 26 fev. 2022a.

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento. **Histórico da parcela fixa da TLP**. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/>>. Acesso em: 26 fev. 2022b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o **Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de ações básicas de saúde. **Manual de lavanderia hospitalar**. Brasília: Centro de Documentação do Ministério da Saúde, 1986. Disponível em: <<https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/lavanderia.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

BROWN, C.; GERSTON, J.; COLLEY, S. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. **Texas Water Development Board**. 3. ed. Austin: Texas Water Development Board, 2005. 88 p.

BUONO, L. N. **Diagnóstico de uso de água no hospital de Londrina**: estudo de caso. 2018. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

CAESB. Companhia de Saneamento do Distrito Federal. **Tarifas e preços**. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html>>. Acesso em: 26 maio. 2021.

CALZA, L. F.; NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C. Diagnóstico preliminar e proposta de adequação para o uso eficiente da água no hospital universitário do oeste do Paraná. **Acta Iguazu**, v. 1, n. 4, p. 27–35, 2012.

CAMPOS, M. A. S.; CARVALHO, S. L.; MELO, S.K.; GONÇALVES, G. B. F. R.; SANTOS, J. R.; BARROS, R. L.; MORGADO, U. T. MA. A.; LOPES, E. S.; REIS, R. P. A. Impact of the COVID-19 pandemic on water consumption behaviour. **Water Supply**, v. 21, n. 8, p. 4058–4067, 2021.

- CARVALHO, I. D. C.; CALIJURI, M. L.; ASSEMAN, P. P.; SILVA, M. D. F. M.; MOREIRA NETO, R. F. M.; SANTIAGO, A. F.; SOUZA, M. H. B. Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 27–36, 2013.
- COBACHO, R.; ARREGUI, F. PARRA, J. C.; CABRERA JÚNIOR, E. Improving efficiency in water use and conservation in Spanish hotels. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 5, n. 3–4, p. 273–279, 2005.
- COLLETT, S.; SAMARIN, I.; BHALCHANDRA, R.; SOUNDARANAYAGAM, J. R.; GARAI, S.; CHANDY, M.; BHATTACHARYA, S. Water usage in a multi-speciality hospital and its effective management. **Journal of The Academy of Clinical Microbiologists**, v. 18, n. 2, p. 135, 2016.
- D’ALESSANDRO, D.; TEDESCO, P.; REBECCHI, A; CAPOLONGO, S. Water use and water saving in Italian hospitals: A preliminary investigation. **Annali dell’Istituto Superiore di Sanità**, v. 52, p. 56–62, 2016.
- DECA. **Economizadores**: catálogo 2017. Disponível em: <<https://www.deca.com.br>>. Acesso em: 8 out. 2019.
- DEOREO, W. B.; HEANEY, J. P.; MAYER, P. W. Flow trace analysis to assess water use. **American Water Works Association**, v. 88, p. 79–90, 1996.
- DETTENKOFER, M.; KUEMMERER, K.; SCHUSTER, A.; MUELLER, W. MUEHLICH, M.; SCHERRER, M.; DASCHVER, F. D. Environmental auditing in hospitals: First results in a University Hospital. **Environmental Management**, v. 25, n. 1, p. 105–113, 2000.
- DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística**: para engenharia e ciências. Joaquim Pinheiro Nunes da Silva (Trad.). São Paulo: Cengage Learning, 2006.
- DOCOL. **Economizadores**: catálogo 2017. Disponível em: <<https://www.docol.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2019.
- DRACO. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.dracoeletronica.com.br/>>. Acesso em: 19 nov. 2019.
- DURANTE, L. C.; MOREIRA, J. V. R.; STIZ, W. DE O. Consumo de água e equipamentos hidrossanitários eficientes em unidades de saúde. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 5, n. 36, p. 105–121, 2017.
- ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 85–104, 2002.
- EUROPEAN COMMISSION. **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects**: economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020. Bruxelas: Publications Office of the European Union, 2015.
- FABRIMAR. **Catálogo de produtos e informações técnicas**. Disponível em: <<https://www.fabrimar.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2019.
- FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 65–78, 2011.
- FELIZATTO, M. R.; NERY, F. C.; RODRIGUES, A. S.; SILVA, C. M. Water Reuse for Landscape Irrigation and Toilet Flushing in Brasília, Brazil. In: HETTIARACHCHI, H.; ARDAKANIAN, R. (Eds.). **Safe use of wastewater in agriculture**: good practice examples. Germany: UNU-FLORES, 2016. p. 78–97.

FERREIRA, S. M. M. C. **Uso eficiente da água em instalações coletivas e similares:** contributo para a caracterização do uso e aumento da eficiência. 2019. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa: 2009.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 323–333, 1999.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. **Índice Nacional do Custo da Construção**. Disponível em: <<https://portal.fgv.br/>>. Acesso em: 26 fev. 2022.

FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando o SPSS** [recurso eletrônico]. Lorí Viali (Trad.). 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FONSECA, M. DE C. **Análise financeira de um sistema de aproveitamento de água de chuva em unidade hospitalar**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

FULLER, S. **Life-Cycle Cost Analysis (LCCA)**. National Institute of Standards and Technology (NIST). Gaithersburg, Maryland, EUA, 2016. Disponível em: <<https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FULTON, L. V. A simulation of rainwater harvesting design and demand-side controls for large hospitals. **Sustainability**, v. 10, n. 5, 2018.

GAITÁN, M. C. P.; TEIXEIRA, B. A. D. N. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 133–144, 2020.

GARCÍA SANZ-CALCEDO, J.; LÓPEZ-RODRIGUEZ, F.; YUSAF, T.; AL-KASSIR, A. Analysis of the average annual consumption of water in the hospitals of Extremadura. **Energies**, v. 10, n. 4, 2017.

GDF. Governo do Distrito Federal. **CNES: Estabelecimentos de Saúde**. Disponível em: <<https://salasit.saude.df.gov.br/cnes-estabelecimentos-de-saude/>>. Acesso em: 31 ago. 2019a.

GDF. Governo do Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Secretaria de Economia do Distrito Federal. In: LIMA, L. A.; SILVA, D. H.; SANTOS, R.F. F.; CASTRO, K. B. (Org.). **Um Panorama das Águas no Distrito Federal**. Brasília: Codeplan, 2020. 31 p.

GDF. Governo do Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Atlas do Distrito Federal**, 2017. Disponível em: <<http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Atlas-do-Distrito-Federal-2017.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

GDF. Governo do Distrito Federal. **GeoPortal: Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE/DF**. Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/>>. Acesso em: 17 abr. 2019b.

GDF. Governo do Distrito Federal. **Regionalização**. Disponível em: <<http://www.saude.df.gov.br/regionalizacao>>. Acesso em: 25 jun. 2019c.

GDF. Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. **Sala de situação**. SIA/SUS. Disponível em: <<https://salasit.saude.df.gov.br>>. Acesso em: 2 set. 2019d.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731–1742, 2006.

GLEICK, P.H.; HAASZ, D.; HENGES-JECK, C.; SRINIVASAN, V.; WOLFF, G.; CUSHING, K.K.; MANN, A. **Waste Not, Want Not: The Potential for Urban Water**

- Conservation in California. California, 2003. Disponível em: <[https://pacinst.org/wp-content/uploads/2013/02/waste\\_not\\_want\\_not\\_full\\_report1.pdf](https://pacinst.org/wp-content/uploads/2013/02/waste_not_want_not_full_report1.pdf)>. Acessado em: 12 mar. 2021.
- GOMES, A.; BITTAR, O.; FERNANDES, A. Sustentabilidade na Saúde – Água e seu Consumo. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, v. 5, n. 1, p. 76–85, 2016.
- GÓMEZ-CHAPARRO, M.; GARCÍA SANZ-CALCEDO, J.; ARMENTA-MÁRQUEZ, L. Study on the use and consumption of water in Spanish private hospitals as related to healthcare activity. **Urban Water Journal**, v. 15, n. 6, p. 601–608, 2018.
- GOMEZ, J.; ALVES, W. C. **Final Water Consumption in Building Installations Using the Flow Rate Trace**. In: Proceedings 26th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, 2000. p. 1–9.
- GONÇALVES, F.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Correlation between water consumption and the operating conditions of plumbing fixtures in public buildings. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 18, n. 6, p. 1915–1925, 2018.
- GONZÁLEZ, A. G.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J.; SALGADO, D. R. A quantitative analysis of cold water for human consumption in hospitals in Spain. **Journal of Healthcare Engineering**, p. 1-10, 2016.
- GONZÁLEZ, A. G.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J.; SALGADO, D. R. Quantitative determination of potable cold water consumption in German Hospitals. **Sustainability**, v. 10, n. 4, p. 1–13, 2018.
- GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração Financeira**. Célio Knipel Moreira (Trad.), João Carlos Douat (Rev.), Arthur Ridolfo (Colab.). São Paulo: Saraiva, 2010. 496 p.
- HERRERA, M.; TORGO, L.; IZQUIERDO, J. RÉREZ-GARCIA, R. Predictive models for forecasting hourly urban water demand. **Journal of Hydrology**, v. 387, n. 1–2, p. 141–150, 2010.
- HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. D. B.; SILVA, M.C.C. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria**. 1. ed. Rio de Janeiro: DIM, 2006.
- HESPANHOL, I.; COELHO, A.; ESPÍNDOLA, F. VITALI, L. SOUZA, M. R. CIARI, P. (org.). **Manual prático para uso e conservação da água em prédios públicos**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Brasília, 2014.
- HOAG, L. S. A. **Reuso de água em hospitais: o caso do hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”**. 2008. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, 2008.
- HONORATO, K. M.; CAMPOS, M. A. S. Análise das vazões de projeto de água fria em uma residência unifamiliar: Comparação entre métodos empíricos e probabilísticos. **Paranoá**, n. 27, p. 59–78, 2019.
- HRET. Health Research & Educational Trust. **Environmental sustainability in hospitals: The value of efficiency**. Chicago, IL: Health Research & Educational Trust, 2014. Disponível em: <<https://www.hpoe.org>>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- ILHA, M. S. D. O.; NUNES, S. DA S.; SALERMO, L. S. Programa de conservação de água em hospitais: estudo de caso do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 91–97, 2006.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 25 maio. 2021.

- JAVITT, M. J.; GROSSMAN, A.; GRAJEWSKI, A. JAVITT, J. C. Association between Eliminating Water from Surgical Hand Antisepsis at a Large Ophthalmic Surgical Hospital and Cost. **JAMA Ophthalmology**, v. 138, n. 4, p. 382–386, 2020.
- JECKY, A.; ANDRIO, D.; SASMITA, A. Planning of Eka Hospital Pekanbaru wastewater recycling facility. In: IOP Conference Series. **Materials Science and Engineering**, v. 345, n. 1, p. 1–7, 2018.
- JENICEK, E. M.; GARFINKLE, N. W.; CURVEY, L. E.; CASE, M. P.; CHOI, M.; STUMPF, A. L. Methods of Estimating Water End Use at US Army Installations. **Journal American Water Works Association**, v. 108, n. 2, p. E67–E76, 2016.
- JOÃO, R.; VIEGAS, V.; REBELO, S. Métodos de avaliação da decisão de investimento: a realidade empresarial do Algarve. **Dos Algarves: Tourism, Hospitality & Management Journal**, n. 16, p. 40–47, 2007.
- KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 75–90, 2005.
- KHAN, S. Restroom water reduction potential at an Urban University. **Sustainability**, v. 9, n. 6, p. 295–304, 2016.
- LAMBERTS, R. (Coord.); MARINOSKI, A. K.; GONÇALVEZ, C. E.; CÂNDIDO, C. M.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O.; ANDRADE, M.; DEBIASI, R.; PARIZOTTO FILHO, S.; ROCHA, V. L. **Casa Eficiente: uso racional da água**, v.3, 72 p. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.
- LEGGETT, D.; BROWN, R.; STANFIELS, G. BREWER, D.; HOLLI, E. **Rainwater and greywater use in buildings: Decision-making for water conservation**. London: Construction Industry Research & Information Association (CIRIA), 2001.
- LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: FELFILI, J. M.; SOUZA-SILVA, J. C.; SCARIOT, A. (Org). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. 1. ed. Brasília, 2005. p. 61-72.
- LOPES, C. M. **Estudo da viabilidade do reúso da água rejeitada pelo sistema de osmose reversa em um serviço de hemodiálise**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- MAKKI, A. A.; STEWART, R. A.; PANUWATWANICH, K.; BEAL, C. Revealing the determinants of shower water end use consumption: Enabling better targeted urban water conservation strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 60, p. 129–146, 2013.
- MALTEC. **Lavadora extratora hospitalar**. Disponível em: <<http://maltec.com.br>>. Acesso em: 6 abr. 2021.
- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 67–84, 2008.
- MATTOS, V. L. D. DE; KONRATH, A. C.; AZAMBUJA, A. M. V. DE. **Introdução à estatística: aplicações em ciências exatas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MAY, P. H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MEADE, B.; GONZALEZ-MOREL, P. Improving water use efficiency in Jamaican hotels and resorts through the implementation of environmental management system. **Journal of Contemporary Water Research and Education**, v. 115, n. 1, p. 39–45, 1999.

- MEMON, F. A.; WARD, S. **Alternative Water Supply Systems**. London: IWA Publishing, 2015.
- MESKO, G.; DIMITRIJEVIC, D.; FIELDS, C. B. (ed.). Understanding and Managing Threats to the Environment in South Eastern Europe. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. In: ŠOSTAR-TURK, S.; FIJAN, S. **Environmental Risk Factors in Connection with Hospital Laundry Effluent**, 2011, p. 279–291.
- MOHEE, R. Medical wastes characterisation in healthcare institutions in Mauritius. **Waste Management**, v. 25, n. 6, p. 575–581, 2005.
- NASCIMENTO, E. A. A.; SANT’ANA, D. Caracterização dos Usos-Finais do Consumo de Água em Edificações do Setor Hoteleiro de Brasília. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 3, n. 2, p. 156–167, 2014.
- ODURO-KWARTENG, S.; NYARKO, K. B.; ODAI, S. N.; ABOAGYE-SARFO, P. Water conservation potential in educational institutions in developing countries: Case study of a university campus in Ghana. **Urban Water Journal**, v. 6, n. 6, p. 449–455, 2009.
- OLIVEIRA, E. L. DE; VIANA, V. J.; CASTOÑON, A. B. Performance Ambiental em Estabelecimentos de Saúde: um estudo de caso do Hospital Naval Marcílio Dias. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, p. 124–139, 2017.
- OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 366 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ORITA, M. R.; SERINOLLI, M. I. Redução do Consumo de Água em um Hospital privado da capital Paulista com base na instalação de registro regulador de vazão em torneiras de fechamento automático. **Revista Inovação, Projetos e Tecnologias**, v. 5, n. 1, p. 111–123, 2017.
- PAES, Â. T. Por dentro da estatística. **Einsten: Educação continuada em Saúde**, v. 7, p. 3–4, 2009.
- PETTERWOOD, J.; SHRIDHAR, V. Water conservation in surgery: A comparison of two surgical scrub techniques demonstrating the amount of water saved using a “taps on/taps off” technique. **Australian Journal of Rural Health**, v. 17, n. 4, p. 214–217, 2009.
- PINHO, M. A. B. **Lavanderia Hospitalar - o impacto nos custos e na qualidade do serviço hospitalar**: um estudo de multi-caso em hospitais do pólo médico de Recife. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.
- POTGIETER, M. S. W.; FAISAL, A.; IKRAM, A.; BURGER, M. C. Water-wise hand preparation-the true impact of our practice: A controlled before-and-after study. **South African Medical Journal**, v. 110, n. 4, p. 291–295, 2020.
- PRADO, R. T. A.; ALBUQUERQUE, C. M. F. (Coord.). Programa Nacional de Combate ao desperdício de água. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Documento Técnico de Apoio nº F2: Produtos economizadores nos sistemas prediais**. Brasília, 2003. 42 p.
- PRASETYADI, A.; KOONSRISUK, A. Minimization of Energy and Water Cost for the Main Building of Suranaree University of Technology Hospital (SUTH). In: 10th TSME – International Conference on Mechanical Engineering. IOP Conference Series: **Materials Science and Engineering**, v. 886, n. 1, p. 1-14, 2020.



PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 3, p. 95–108, 2009.

RAJAGOPALAN, P.; ELKADI, H. Energy performance of medium-sized healthcare buildings in Victoria, Australia- A case study. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 5, n. 2, p. 247–260, 2014.

REBOUÇAS, A. C. 2006. Água doce no Brasil e no mundo. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISE, J. G. (Org). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora. p. 1-35.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Documento técnico de Apoio n° E1. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1998. 38 p.

RUFINO. **Catálogo lavadora extratora horizontal hospitalar**. Disponível em: <<https://www.rufinoequipamentos.com.br/wp-content/uploads/2019/07/RLXHF.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2019.

SANT'ANA, D.; MORAIS, B. V.; MACIEL, C. L.; ALVARES, K. C. F.; MEDEIROS, L. B. P.; OLIVEIRA, M. N.; PEREIRA, M. A.; MIRANDA, N. T.; SANTANA, P. M.; SANTOS, S. A. **Reúso-DF: Viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais do Distrito Federal (Relatório Técnico 5)**. Brasília, 2017. 78 p.

SANT'ANA, D.; MEDEIROS, L. B. P.; SANTANA, L. F.; LIMA, M. A.; OLIVEIRA, M. N. PEREIRA, M. A. ; MIRANDA, N. T.; SANTANA, P. M.; SANTOS, S. A. **Viabilidade técnica, ambiental e econômica do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais no Distrito Federal**. Daniel Richard Sant'Ana (Coord.). Relatório Técnico 6. Brasília, 2019. 338 p.

SANT'ANA, D.; AMORIM, C. N. D. Reúso de água em edificações: premissas e perspectivas para o contexto brasileiro. **Sistemas Prediais**, v. 1, p. 32–37, 2007.

SANT'ANA, D.; MAZZEGA, P. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the Federal District, Brazil. **Sustainable Water Resources Management**, v. 4, n. 4, p. 921–936, 2017.

SANT'ANA, D.; MEDEIROS, L. B. P. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção**. Daniel Richard Sant'Ana (Coord.). Relatório Técnico 1. Brasília, 2017. 68 p.

SANT'ANA, D. R. **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwellings**. 2011. 411f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Oxford Brookes University, Oxford, 2011.

SANTANA, P. M.; SANT'ANA, D. **Water use and conservation in educational centres of the Federal District, Brazil**. In: International Conference in passive and low energy architecture. Edinburgh. Proceedgins [...]. Edinburgh: NCEUB, v. 3, 2017. p. 5173-5180.

SANT'ANNA, R.; MIRANDA, R.; CÉSAR, L.; SANT'ANA, D. Análise do consumo de água em escola pública do Distrito Federal. In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra: qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, v. 3, 2013. p. 1231-1243.

SANTOS, P. A. S.; RAMOS, S. R.; SANT'ANA, D. **Uso racional de água: análise do potencial de redução do consumo em escolas públicas**. In: Eco Urbano, Fundación. Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles (EUROelecs

2019). Acta [...]. Buenos Aires: AJEA, 2019. 9 p.

SOARES, A. E. P. S.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. DA. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife - PE. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 1, p. 107–118, 2017.

SOUSA, A. F. DE. **Avaliação de investimento**: uma abordagem prática. São Paulo: Saraiva, 2007. 160 p.

SOUZA, R. C. DE. **Tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar para fins de reuso**. 2012. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2012.

SPONZA, D. T.; ALICANOGLU, P. Reuse and recovery of raw hospital wastewater containing ofloxacin after photocatalytic treatment with nano graphene oxide magnetite. **Water Science and Technology**, v. 77, n. 2, p. 304–322, 2018.

STURMAN, J.; HO, G.; MATHEW, K. **Water Auditing and Water Conservation**. London: IWA Publishing, 2004.

SUZUKI. **Lavadora extratora com barreira**. Disponível em: <<http://suzuki.ind.br>>. Acesso em: 21 out. 2019.

TARRASS, F.; BENJELLOUN, M.; BENJELLOUN, O. Recycling Wastewater After Hemodialysis: An Environmental Analysis for Alternative Water Sources in Arid Regions. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 52, n. 1, p. 154–158, 2008.

THACKRAY, J. E.; COCKER, V.; ARCHIBALD, G. The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage. **Proceedings of the institution of civil engineers: part 1 - design and construction**, v. 64, p. 37–61, 1978.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003. 180 p.

TRINDADE, M.; BUONO, L. N.; COSTANZI, R. N. Uso de água em lavanderia de Hospital Universitário de Londrina: estudo de caso. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 921, 2020.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 836 p.

UNDESA. United Nations Department of Economic and Social Affairs. **World Population Prospects**. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

VACCARI, M.; MONTASSER, W.; TUDOR, T.; LEONE, L. Environmental audits and process flow mapping to assess management of solid waste and wastewater from a healthcare facility: an Italian case study. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 5, 2017.

VERLICCHI, P.; GALLETI, A.; PETORVIC, M. BARCELÓ, D. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options. **Journal of Hydrology**, v. 389, n. 3–4, p. 416–428, 2010.

WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; PANUWATWANITCH, K.; JONES, S.; KYRIAKIDES, A. Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1117–1127, 2010.

WONG, L. T.; MUI, K. W. A review of demand models for water systems in buildings including a Bayesian approach. **Water**, v. 10, n. 8, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Healthy hospitals, healthy planet, healthy people**:

Addressing climate change in healthcare settings, 2009. 32 p. Disponível em: <[https://www.who.int/docs/default-source/climate-change/healthy-hospitals-healthy-planet-healthy-people.pdf?sfvrsn=8b337cee\\_1](https://www.who.int/docs/default-source/climate-change/healthy-hospitals-healthy-planet-healthy-people.pdf?sfvrsn=8b337cee_1)>. Acesso em: 25 jun. 2021.

WWAP. World Water Assessment Programme. **Managing Water under Uncertainty and Risk**. The United Nations world water development report 4. v.1. 370 p., 2012. Disponível em: <<https://www.unwater.org/documents.html>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

**APÊNDICE A**  
**ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS**

**SETOR ADMINISTRATIVO**

01 Nos últimos anos, o estabelecimento assistencial de saúde tomou alguma providência para reduzir o consumo de água?

Sim  Não

a) Se sim, quais tipos de ações foram tomadas?

- Campanha de conscientização  Instalação de equipamentos economizadores  
 Conserto de vazamentos  Instalação de sistemas de reuso de água  
 Outro (especifique)
- 

02. O estabelecimento já passou por uma reforma hidráulica?

Sim. Quando? \_\_\_\_\_  Não

03. O estabelecimento tem planos de investir em estratégias conservadoras de água para obter benefícios ambientais e financeiros?

Sim  Não

04. Em média, qual é o gasto mensal de água do edifício? R\$ \_\_\_\_\_

05. Qual é o consumo médio anual de água do edifício?

Hidrômetro 1: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/mês

**LAVAGEM DE PISOS**

01. Qual o procedimento da lavagem de pisos? Há uma diferenciação da técnica de lavagem por ambiente?

02. Quantas vezes o piso é lavado? (Frequência da lavagem)

1 x ao dia  1 x semana  1 x mês  Mais de 1 x ao dia

03. Qual o equipamento utilizado na lavagem?

04. Qual o tempo estimado de uso/dia?

05. Qual dia é realizada a lavagem de pisos internos? Tem uma escala (dia/semana)?

06. A lavagem de toda a área de pisos externos é realizada no mesmo dia?

07. Realizar observação (1 dia) do processo de lavagem de pisos externos – Qual melhor dia/semana?

08. Outras considerações referentes ao processo ou técnica de lavagem de pisos internos.

## **IRRIGAÇÃO**

01. Qual a frequência da irrigação do jardim durante a estação da seca (abril – setembro), em média, quantas vezes o jardim é regado?

- Nunca                       Menos de 1 x ao mês                       1 x ao mês                       Mais de 1 x ao mês

02. Caso regue o jardim, qual a parte é regado?

- Todo o jardim                       Uma boa parte do jardim                       Uma pequena parte do jardim

03. Qual a frequência da irrigação do jardim durante a estação chuvosa (outubro – março), em média, quantas vezes o jardim é regado?

- Nunca                       Menos de 1 x ao mês                       1 x ao mês                       Mais de 1 x ao mês  
 1 x por semana                       Mais de 1 x por semana                       1 x ao dia                       Mais de 1 x por dia

04. Caso regue o jardim, qual a parte é regada?

- Todo o jardim                       Uma boa parte do jardim                       Uma pequena parte do jardim

05. Normalmente, que equipamento é utilizado para a rega do jardim?

- Mangueira sem esguicho tipo ‘pistola’                       Mangueira com esguicho tipo ‘pistola’  
 Mangueira perfurada                       Irrigação sub-superficial  
 Aspersores                       Sistema automático de irrigação com sensor  
 Sistema automático de irrigação com timer                       Outro (especifique)\_\_\_\_\_

06. Qual o tempo estimado do uso/dia do equipamento?

07. Estimar a vazão do equipamento de irrigação (torneira de jardim, mangueira, aspersor, etc.)

08. Outras considerações referentes ao processo de irrigação.

**LIMPEZA DA PISCINA**

01. Com que frequência a piscina é limpa?

- Todos os dias                       Mais de 1 x por semana                       1 x por semana  
 Mais de 1 vez ao mês                       1 x ao mês                       Menos de 1 x vez ao mês

02. A piscina é aspirada?

- Sim                       Não

Se a resposta for afirmativa (sim), com que frequência?

03. Quanto tempo leva em média para realizar o trabalho de aspiração da piscina?

04. É utilizado decantador para aspirar a sujeira sedimentada?

- Sim                       Não

Se a resposta for afirmativa (sim), com que frequência?

05. Qual a vazão da bomba utilizada?

06. Durante o período de seca, com que frequência o volume de água é completado? Qual volume é completado? (Quantos azulejos em média?)

07. Durante o período chuvoso, com que frequência o volume de água é completado? Qual volume é completado? (Quantos azulejos em média?)

08. Com que frequência a água da piscina é trocada?

- 1 x ano                       2 x ano                       1 x cada 2 anos  
 Mais de 1 vez ao ano                       1 x cada 3 anos

**APÊNDICE B**  
**COMPOSIÇÃO ORÇAMENTÁRIA DOS CUSTOS INICIAIS – SISTEMAS**  
**CONSERVADORES DE ÁGUA**

A Tabela 46 apresenta a composição orçamentária dos custos iniciais dos equipamentos economizadores de água. O código do material ou serviço especificado corresponde aos códigos de insumos e composições utilizados pelo Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil – SINAPI (fev/2022). A Tabela 47 demonstra a composição dos custos iniciais considerados para sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas. Os custos de capital de investimento referentes aos equipamentos, componentes e sistemas de tratamento foram estimados pelo menor preço obtido a partir de três cotações de fornecedores locais.

Tabela 46 – Composição dos custos iniciais: equipamentos economizadores

ITEM	CÓDIGO	ESPECIFICAÇÃO	UNID	QTD	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
<b>1</b>	<b>C1</b>	<b>Torneira temporizada de pressão bancada com sistema hidromecânico (lavatório)</b>	<b>UNID</b>	<b>1,00</b>		<b>143,82</b>
INSUMO	3146	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10 M (L X C)	UNID	0,0210	3,45	0,07
COTAÇÃO	C1	Torneira temporizada de pressão bancada - (sistema hidromecânico)	UNID	1,0000	140,00	140,00
COMPOSIÇÃO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0960	21,99	2,11
COMPOSIÇÃO	88316	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0960	17,03	1,63
<b>2</b>	<b>C2</b>	<b>Torneira alavanca para cotovelo - clínica móvel (cozinha e copa)</b>	<b>UNID</b>	<b>1,00</b>		<b>134,11</b>
INSUMO	3146	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10 M (L X C)	UNID	0,0210	3,45	0,07
COTAÇÃO	C2	Torneira alavanca para cotovelo - clínica móvel (cozinha e copa)	UNID	1,0000	129,50	129,50
COMPOSIÇÃO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1164	21,99	2,56
COMPOSIÇÃO	88316	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1164	17,03	1,98
<b>3</b>	<b>C3</b>	<b>Acabamento para válvula de descarga com tecnologia de duplo acionamento</b>	<b>UNID</b>	<b>1,00</b>		<b>174,74</b>
INSUMO	3146	6 FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10 M (L X C)	UNID	0,0210	3,45	0,07
COTAÇÃO	C3	Acabamento para válvula de descarga com tecnologia de duplo acionamento	UNID	1,0000	138,23	138,23
COMPOSIÇÃO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,9249	21,99	20,34
COMPOSIÇÃO	88267	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,9249	17,41	16,10
<b>4</b>	<b>C4</b>	<b>Bacia sanitária para Válvula de descarga</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>1,00</b>		<b>274,10</b>
COTAÇÃO	C4	Bacia sanitária para válvula de descarga	UNID	1,0000	194,90	194,90

COMPOSIÇÃO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1525	21,99	3,35
INSUMO	4384	PARAFUSO NIQUELADO COM ACABAMENTO CROMADO PARA FIXAR PEÇA SANITARIA, INCLUI PORCA CEGA, ARRUELA E BUCHA DE NYLON TAMANHO S-10	AS	2,0000	25,66	51,32
INSUMO	6138	ANEL DE VEDACAO, PVC FLEXIVEL, 100 MM, PARA SAIDA DE BACIA / VASO SANITARIO	CR	1,0000	12,58	12,58
INSUMO	37329	REJUNTE EPOXI, QUALQUER COR		0,0881	68,02	5,99
COMPOSIÇÃO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1525	21,99	3,35
COMPOSIÇÃO	88316	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1525	17,03	2,60
<b>5</b>	<b>C5</b>	<b>Mecanismo de descarga para caixa acoplada universal duplo hydro</b>	<b>UNID</b>	<b>1,00</b>		<b>111,41</b>
INSUMO	3146	6 FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10 M (L X C)	UNID	0,0210	3,45	0,07
COTAÇÃO	C5	Acabamento para válvula de descarga com tecnologia de duplo acionamento - sistema de descarga hydra	UNID	1,0000	74,90	74,90
COMPOSIÇÃO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,9249	21,99	20,34
COMPOSIÇÃO	88267	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,9249	17,41	16,10

Tabela 47 – Composição dos custos iniciais: AAC e RAC

<b>PLANILHA ORÇAMENTÁRIA GERAL</b>					
<b>Descrição do material ou serviço</b>					<b>Valor Unit. (R\$)</b>
<b>1</b>	<b>APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA</b>				
1.1	COMPOSIÇÃO	C1	Filtro Pluvial (DN 100)	UN	1734,81
1.2	COMPOSIÇÃO	C2	Freio D'água (DN 100)	UN	98,31
1.3	COMPOSIÇÃO	C3	Sifão-Ladrão (DN 100)	UN	115,65
1.4	COMPOSIÇÃO	C4	Mangueira Flutuante - 2m (DN 32)	UN	200,08
1.5	COMPOSIÇÃO	C5	Kit Alimentação Automática (DN 20)	UN	462,62
1.6	COMPOSIÇÃO	C6	Serviço de Instalação (Incluso mão de obra)	UN	173,48
1.7	COMPOSIÇÃO	C7	Filtro Pluvial (DN 150)	UN	2646,17
1.8	COMPOSIÇÃO	C8	Alimentação Automática (DN 25)	UN	1.156,54
1.9	COMPOSIÇÃO	C9	Filtro Pluvial (DN 200)	UN	4.413,36
1.10	COMPOSIÇÃO	C10	Mangueira Flutuante - 3m (DN 40)	UN	449,89
1.11	COMPOSIÇÃO	C11	Mangueira Flutuante - 3m (DN 50)	UN	11.103,80
1.12	COMPOSIÇÃO	C12	Alimentação Automática (DN 32)	UN	3.238,32
1.13	COMPOSIÇÃO	C13	Filtros Pluviais (DN 150)	UN	2.648,17
1.14	COMPOSIÇÃO	C14	Filtro Pluvial (DN 300)	UN	17.949,52
1.15	COMPOSIÇÃO	C15	Freio D'água (DN 200)	UN	299,54
1.16	COMPOSIÇÃO	C16	Sifão-Ladrão (DN 200)	UN	954,15
1.17	COMPOSIÇÃO	C17	Mangueira Flutuante - 3m (DN 60)	UN	1.563,64
1.18	COMPOSIÇÃO	C18	Alimentação Automática (DN 40)	UN	7.727,55
<b>2</b>	<b>CISTERNAS</b>				



2.1	COMPOSIÇÃO	C19	Cisterna Polietileno (5m3)	UN	5.435,75
2.2	COMPOSIÇÃO	C20	Cisterna Polietileno (10m3)	UN	11.472,89
2.3	COMPOSIÇÃO	C21	Cisterna PRFV (15m3)	UN	16.908,64
2.4	COMPOSIÇÃO	C22	Cisterna PRFV (20m3)	UN	22.945,78
2.5	COMPOSIÇÃO	C23	Cisterna PRFV (25m3)	UN	28.381,53
2.6	COMPOSIÇÃO	C24	Cisterna PRFV (35m3)	UN	50.598,69
2.7	COMPOSIÇÃO	C25	Cisterna PRFV (40m3)	UN	57.827,08
2.8	COMPOSIÇÃO	C26	Cisterna PRFV (45m3)	UN	65.055,46
2.9	COMPOSIÇÃO	C27	Cisterna PRFV (50m3)	UN	72.283,84
2.10	COMPOSIÇÃO	C28	Cisterna de concreto - Serviço de instalação (Incluso material e mão de obra)	m³	1.445,68
2.11	COMPOSIÇÃO	C29	Serviço de Escavação Mecânica	m³	48,57
2.12	COMPOSIÇÃO	C30	Serviço de Carga e Transporte de Terra	UN	231,31
2.13	COMPOSIÇÃO	C31	Concreto Simples	m³	258,14
2.14	COMPOSIÇÃO	C32	Serviço de Instalação (Incluso mão de obra)	UN	173,48
3	<b>REÚSO DE ÁGUAS CINZAS</b>				
3.1	COMPOSIÇÃO	C33	Unidade de Tratamento (1m3)	UN	11.565,42
3.2	COMPOSIÇÃO	C34	Unidade de Tratamento (3m3)	UN	23.130,83
3.3	COMPOSIÇÃO	C35	Unidade de Tratamento (6m3)	UN	28.913,54
3.4	COMPOSIÇÃO	C36	Unidade de Tratamento (10m3)	UN	40.478,95
3.5	COMPOSIÇÃO	C37	Unidade de Tratamento (15m3)	UN	49.731,29
3.6	COMPOSIÇÃO	C38	Unidade de Tratamento (20m3)	UN	52.044,37
3.7	COMPOSIÇÃO	C39	Unidade de Tratamento (30m3)	UN	63.609,78
3.8	COMPOSIÇÃO	C40	Unidade de Tratamento (50m3)	UN	86.740,61
3.9	COMPOSIÇÃO	C41	Unidade de Tratamento (80m3)	UN	102.932,19
3.10	COMPOSIÇÃO	C42	Serviço de preparação de abrigo	m²	578,27
3.11	COMPOSIÇÃO	C43	Serviço de Instalação (Incluso mão de obra)	SERV	45.914,70
4	<b>CAIXA D'ÁGUA</b>				
4.1	COMPOSIÇÃO	C44	Caixa d'água 500 litros	UN	231,31
4.2	COMPOSIÇÃO	C45	Caixa d'água 1000 litros	UN	346,96
4.3	COMPOSIÇÃO	C46	Caixa d'água 1500 litros	UN	636,10
4.4	COMPOSIÇÃO	C47	Caixa d'água 2000 litros	UN	890,54
4.5	COMPOSIÇÃO	C48	Caixa d'água 3000 litros	UN	1.503,50
4.6	COMPOSIÇÃO	C49	Caixa d'água 5000 litros	UN	2.023,95
4.7	COMPOSIÇÃO	C50	Caixa d'água 10000 litros	UN	4.799,65
4.8	COMPOSIÇÃO	C51	Caixa d'água 15000 litros	UN	7.841,35
5	<b>BOMBA D'ÁGUA</b>				
5.1	COMPOSIÇÃO	C52	Bomba de 1/4 cv	UN	578,27
5.2	COMPOSIÇÃO	C53	Bomba de 1/2 cv	UN	693,92
5.3	COMPOSIÇÃO	C54	Bomba de 1 cv	UN	867,41
5.4	COMPOSIÇÃO	C55	Bomba de 2 cv	UN	1.306,89

## APÊNDICE C

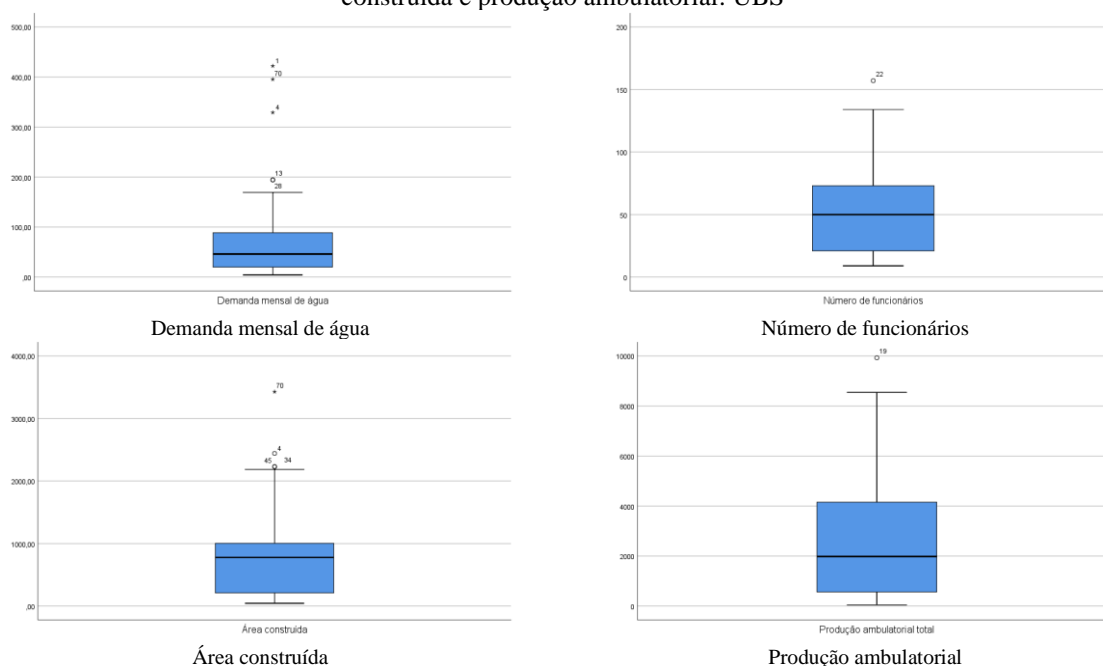
### ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das unidades básicas de saúde, unidades de pronto atendimento e hospitais foram analisados estatisticamente com auxílio do programa IBM SPSS Statistics 25. Algumas hipóteses básicas foram testadas para determinar o melhor procedimento estatístico a ser adotado. Cada amostra incluiu dados das variáveis do consumo predial de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial. Para testar a normalidade dos dados para cada estabelecimento foram utilizados gráficos de caixa e bigodes, histogramas, estatísticas descritivas, teste de normalidade da distribuição dos dados e teste de homogeneidade de variância. Com os dados agrupados (UBS, UPA e hospital), foram analisadas as correlações entre as variáveis e a regressão linear múltipla.

#### UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE – UBS

Foram feitos diagramas de caixa para cada variável e removidos os outliers, caracterizados pelos valores atípicos da amostra, Figura 70. Para todas as variáveis analisadas, os bigodes em cada lado não apresentaram o mesmo tamanho, ou seja, o intervalo entre os 25% valores superiores e os 25% inferiores não são iguais, demonstrando que a distribuição é assimétrica. Pode ser verificado que 25% dos escores superiores estão espalhados em um intervalo maior do que os 25% escores inferiores.

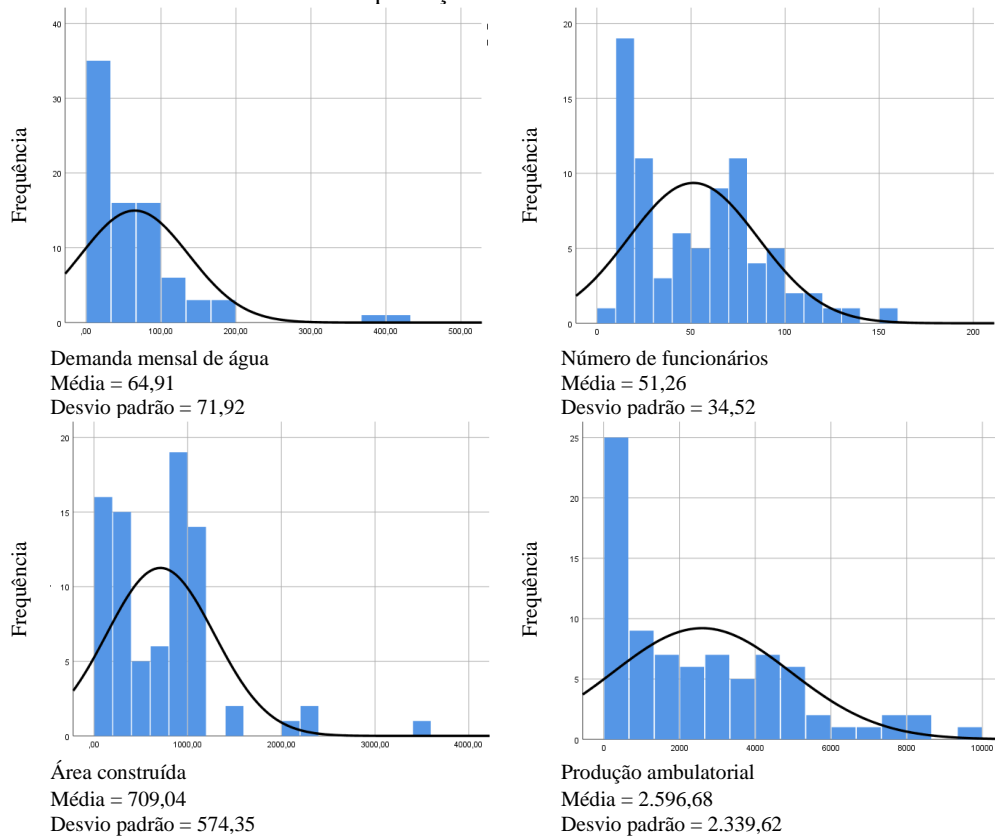
Figura 70 – Diagrama de caixa e bigodes dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UBS



Os gráficos de distribuição de frequências foram construídos para cada variável separadamente, com o objetivo de mostrar quantas vezes cada valor ocorreu no conjunto de dados. Os histogramas resultantes são apresentados na Figura 71, e verifica-se que, para as distribuições de frequências da variável demanda mensal de água e produção ambulatorial, os escores mais frequentes, caracterizados pela parte mais alta do gráfico, estão concentrados à esquerda da escala, o que determina uma falta de simetria na distribuição dos dados, e a caracteriza como uma distribuição positivamente assimétrica.

Os histogramas resultantes das variáveis área construída e número de funcionários também não apresentaram evidências de distribuição normal, pois há uma concentração de valores longe da média, não há uma simetria em torno do valor central e os valores extremos são mais frequentes.

Figura 71 – Histograma dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UBS



Com uma análise estatística descritiva foi obtida uma distribuição de frequência dos escores no formato de todas as variáveis selecionadas. Para descrever as características dos dados foram verificadas a média, a moda, a mediana, o desvio padrão, a variância, a amplitude, a assimetria e a curtose, Tabela 48.

Conforme verificado, os valores estão distantes da média, ou seja, a média não é uma representação precisa dos dados, e há um desvio padrão grande. A curtose da amostra desvia

significativamente de zero e pode indicar que os dados não estão normalmente distribuídos. Para a assimetria, verifica-se que os valores são maiores que zero, indicando assimetria positiva. Para que os dados fossem simétricos, o valor da assimetria aproxima-se de zero.

Tabela 48 – Análise estatística descritiva: UBS

		Demanda mensal de água	Número de funcionários	Área construída	Produção ambulatorial total
N	Válido	81	81	81	81
	Omisso	0	0	0	0
Média		64,9111	51,26	709,0444	2596,68
Erro de média padrão		7,99148	3,836	63,81702	259,959
Mediana		45,6000	50,00	778,2000	1983,00
Modo		20,40 <sup>a</sup>	13	811,00	4458
Erro Desvio		71,92333	34,520	574,35315	2339,627
Variância		5172,965	1191,619	329881,540	5473854,121
Assimetria		2,958	,639	1,880	1,045
Erro de assimetria padrão		,267	,267	,267	,267
Curtose		11,629	-,123	5,972	,542
Erro de Curtose padrão		,529	,529	,529	,529
Intervalo		417,60	148	3382,40	9875
Mínimo		4,40	9	44,30	49
Máximo		422,00	157	3426,70	9924

a. Há vários modos. O menor valor é mostrado

Apesar de os histogramas informarem que a distribuição não se aproxima da normalidade, e das estatísticas de assimetria e curtose também confirmarem um pouco sobre desvios de normalidade, essas análises podem ser subjetivas e por esse motivo foram feitos testes de normalidade para comparar os escores da amostra em estudo e avaliar a significância, isto é, se o desvio de normalidade é suficiente para inferir nos procedimentos estatísticos que serão aplicados aos dados, Tabela 49.

Para a análise dos dados da amostra, optou-se por utilizar o teste de Kolmogorov-Smirnov, caracterizado por um teste paramétrico tradicional, com base na distribuição *t*-Student por causa do número de amostras ( $N = 81$ ). A percentagem no exame do SPSS para os escores de demanda mensal de água é:  $D(81) = 0,200$ ,  $p < 0,05$ ; para funcionários:  $D(81) = 0,151$ ,  $p < 0,05$ ; área construída:  $D(81) = 0,146$ ,  $p < 0,05$ ; e produção ambulatorial:  $D(81) = 0,159$ ,  $p < 0,05$ . De acordo com os resultados, os valores para demanda mensal, funcionários, área construída e produção ambulatorial foram significativos ( $p < 0,05$ ) e indicam um desvio da normalidade.

Tabela 49 – Testes de normalidade: UBS

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Demanda mensal de água	,200	81	,000	,703	81	,000
Número de funcionários	,151	81	,000	,918	81	,000
Área construída	,146	81	,000	,820	81	,000
Produção ambulatorial total	,159	81	,000	,880	81	,000

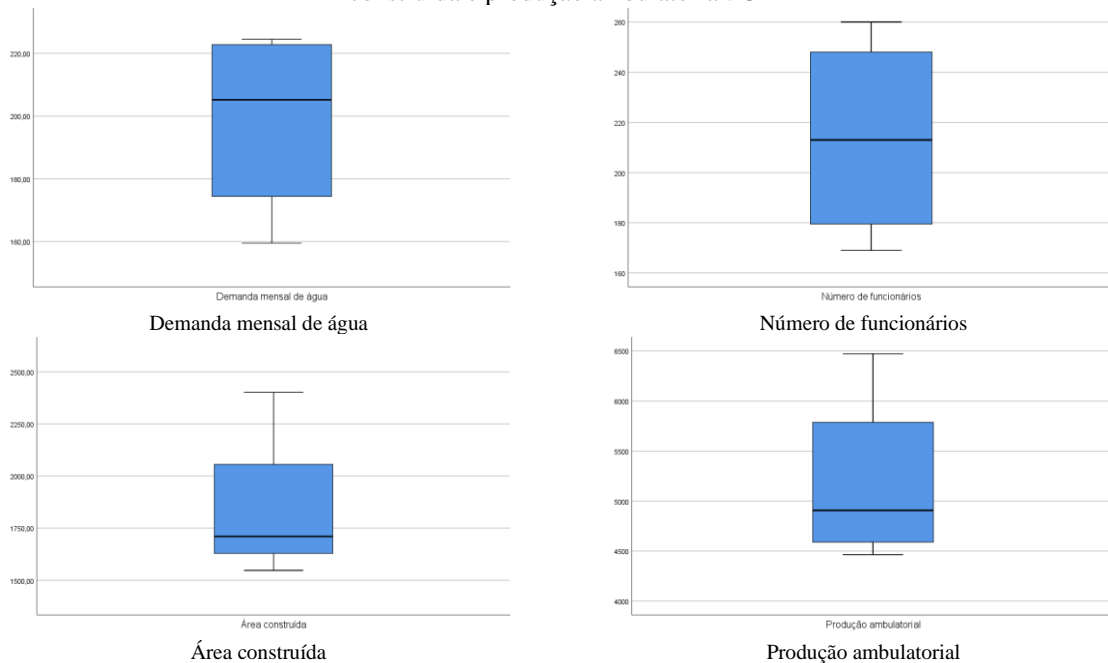
a. Correlação de Significância de Lilliefors

## UNIDADE DE PRONTO ATENDIMENTO – UPA

Com a análise dos diagramas de caixa para a variável demanda mensal de água foi identificado um outlier e para as demais variáveis não foram identificados valores atípicos. O estabelecimento foi removido devido a elevada demanda apesar da amostra para essa tipologia ser reduzida, Figura 72.

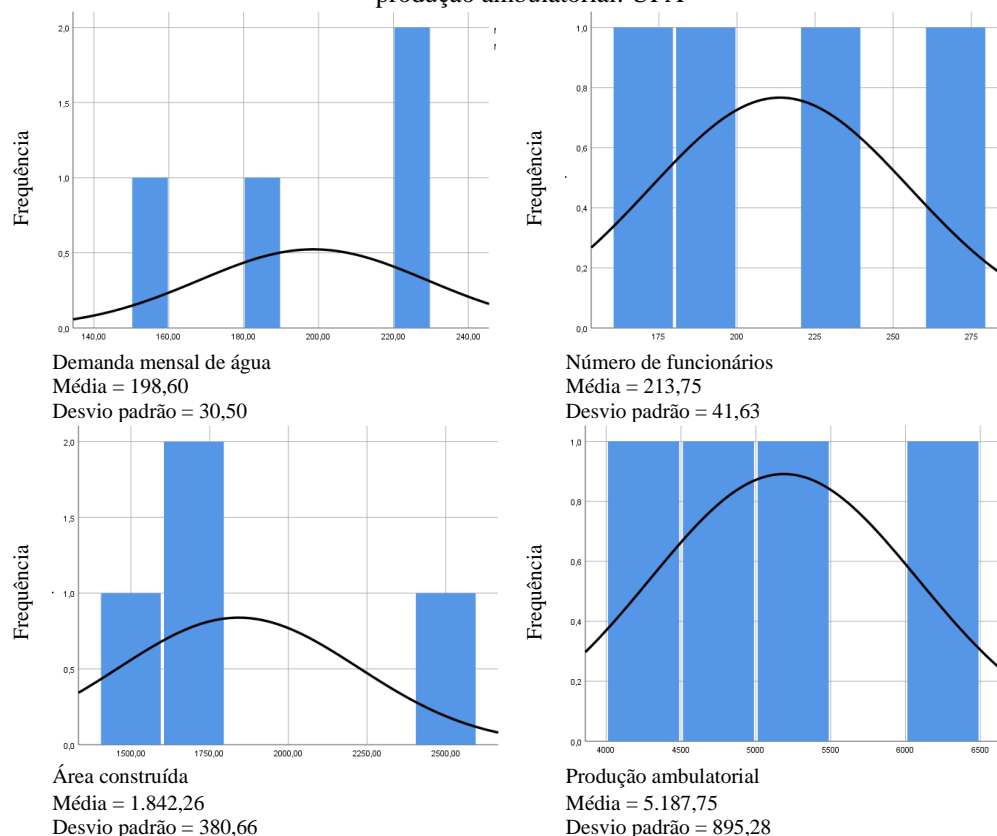
Para a demanda mensal de água, os bigodes em cada lado não apresentaram o mesmo tamanho, indicando assimetria na distribuição. Pode ser verificado que 25% dos escores inferiores estão espalhados em um intervalo maior do que os 25% escores superiores. Para a variável número de funcionários, o intervalo entre os 25% escores superiores e os 25% escores inferiores é aproximadamente igual. No entanto, para as variáveis área construída e produção ambulatorial, 25% dos escores superiores estão espalhados em um intervalo maior do que os 25% escores inferiores.

Figura 72 – Diagrama de caixa e bigodes dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UPA



Os histogramas resultantes são apresentados na Figura 73. Os escores mais frequentes para a demanda mensal de água estão concentrados à direita da escala, o que caracteriza uma distribuição negativamente assimétrica. Os histogramas resultantes das variáveis número de funcionários e produção ambulatorial apresentaram gráficos de distribuição de frequências similares, demonstrando o mesmo número de vezes que cada valor ocorreu para cada dado, em função de essa amostra de dados conter apenas quatro estabelecimentos analisados. Para a variável área construída, há uma concentração de valores longe da média, concentrados à esquerda da escala, caracterizando uma distribuição positivamente assimétrica.

Figura 73 – Histograma dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: UPA



Conforme verificado na análise estatística descritiva dos dados da amostra unidade de pronto atendimento, Tabela 50, os valores estão distantes da média e há um grande desvio padrão. A assimetria e curtose se desviam significativamente de zero e podem indicar que os dados não estão normalmente distribuídos.

Observou-se uma curtose negativa para demanda de água e número de funcionários e curtose positiva para área construída e produção ambulatorial. Uma distribuição com um valor de curtose positiva indica que a distribuição tem caudas mais pesadas do que a distribuição normal, e uma distribuição com um valor de curtose negativa, indica que a distribuição tem caudas mais leves. Foi identificado assimetria negativa para demanda de água e assimetria positiva para as demais variáveis.

Tabela 50 – Análise estatística descritiva: UPA

		Demanda mensal de água	Número de funcionários	Área construída	Produção ambulatorial
N	Válido	4	4	4	4
	Omisso	0	0	0	0
Média		198,6000	213,75	1842,2550	5187,75
Erro de média padrão		15,25440	20,818	190,33436	447,640
Mediana		205,2000	213,00	1710,0000	4907,00
Modo		159,50 <sup>a</sup>	169 <sup>a</sup>	1710,00	4465 <sup>a</sup>
Erro Desvio		30,50880	41,636	380,66872	895,280
Variância		930,787	1733,583	144908,676	801526,250

Assimetria	-,747	,064	1,749	1,517
Erro de assimetria padrão	1,014	1,014	1,014	1,014
Curtose	-1,761	-3,352	3,331	2,293
Erro de Curtose padrão	2,619	2,619	2,619	2,619
Intervalo	65,00	91	854,12	2007
Mínimo	159,50	169	1547,45	4465
Máximo	224,50	260	2401,57	6472

a. Há vários modos. O menor valor é mostrado

Para a análise dessa amostra, optou-se por utilizar o teste de Shapiro-Wilk por se tratar de um teste de ajustamento específico para a distribuição normal que tem uma melhor performance em amostras reduzidas ( $n < 30$ ), ( $N = 4$ ). A percentagem no exame do SPSS para os escores de demanda mensal de água é:  $D(4) = 0,894$ ,  $p > 0,05$ ; para funcionários:  $D(4) = 0,947$ ,  $p > 0,05$ ; área construída:  $D(4) = 0,793$ ,  $p > 0,05$ ; e produção ambulatorial:  $D(4) = 0,867$ ,  $p > 0,05$ . De acordo com o resultado, o teste é não-significativo, com  $p > 0,05$ , o que informa que os dados da amostra não diferem significativamente de uma distribuição normal, ou seja, podem ser normais, Tabela 51.

Tabela 51 – Testes de normalidade: UPA

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Demanda mensal de água	,270	4	.	,894	4	,402
Número de funcionários	,216	4	.	,947	4	,700
Área construída	,386	4	.	,793	4	,090
Produção ambulatorial	,289	4	.	,867	4	,286

a. Correlação de Significância de Lilliefors

## HOSPITAL

Os diagramas de caixa e bigodes demonstraram que o intervalo entre os 25% escores superiores estão espalhados em um intervalo maior do que os 25% escores inferiores para as variáveis demanda de água e produção ambulatorial. No entanto, para as variáveis número de funcionários e área construída ocorre o inverso. 25% dos escores inferiores estão espalhados em um intervalo maior do que os 25% escores superiores, Figura 74.

O histograma resultante para a demanda mensal de água apresenta uma concentração de valores um pouco distante da média. Já no histograma obtido para o número de funcionários, há quatro conjuntos de escores mais frequentes. Para a variável área construída, a parte mais alta do gráfico onde estão os escores mais frequentes estão concentrados à esquerda da escala; e para a produção ambulatorial, o conjunto de escores com maior frequência encontra-se no eixo da curva, mas os demais escores se alternam conforme demonstrado na curva normal. Os histogramas resultantes não demonstram evidências de distribuição normal, Figura 75.

Figura 74 – Diagrama de caixa e bigodes dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: Hospital

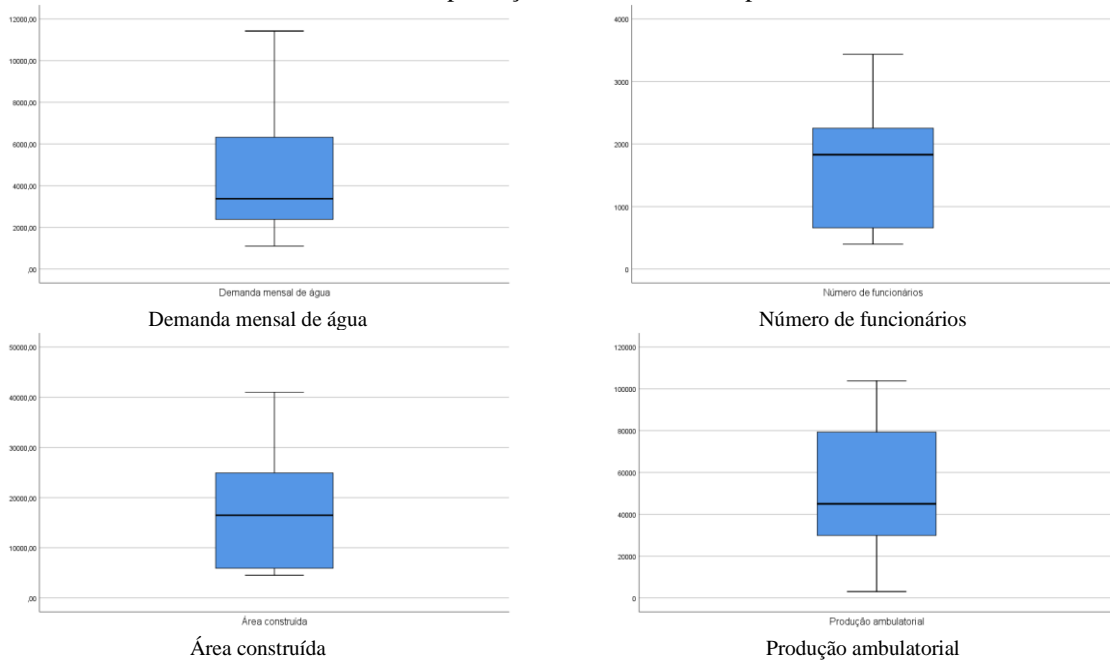
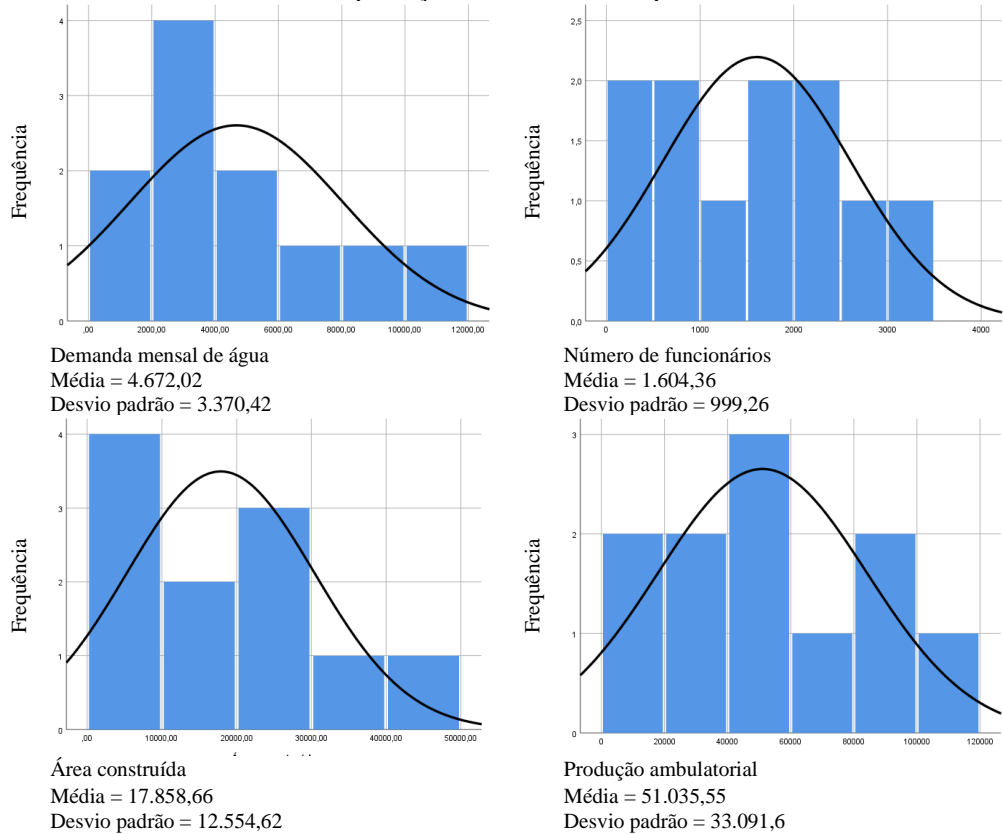


Figura 75 – Histograma dos escores de demanda mensal de água, número de funcionários, área construída e produção ambulatorial: Hospital



A análise estatística descritiva dos dados indicou que os valores estão distantes da média e há um grande desvio padrão. A assimetria e a curtose se desviam significativamente de zero e podem indicar que os dados não estão normalmente distribuídos. Foi obtida uma curtose



negativa para todas as variáveis analisadas na amostra, o que indica que a distribuição tem caudas mais leves que a distribuição normal. A assimetria foi positiva para todas as variáveis, Tabela 52.

Tabela 52 – Análise estatística descritiva: Hospital

		Demanda mensal de água	Número de funcionários	Área construída	Produção ambulatorial
N	Válido	11	11	11	11
	Omisso	0	0	0	0
Média		4672,0182	1604,36	17858,6636	51035,55
Erro de média padrão		1016,22230	301,290	3785,36245	9977,493
Mediana		3377,8000	1829,00	16480,5000	45009,00
Modo		1103,00 <sup>a</sup>	399 <sup>a</sup>	4520,00 <sup>a</sup>	3034 <sup>a</sup>
Erro Desvio		3370,42809	999,264	12554,62693	33091,600
Variância		11359785,482	998529,255	157618657,321	1095053991,073
Assimetria		1,024	,311	,570	,054
Erro de assimetria padrão		,661	,661	,661	,661
Curtose		-,022	-,810	-,828	-1,042
Erro de Curtose padrão		1,279	1,279	1,279	1,279
Intervalo		10317,10	3036	36480,00	100828
Mínimo		1103,00	399	4520,00	3034
Máximo		11420,10	3435	41000,00	103862

a. Há vários modos. O menor valor é mostrado

Os testes de normalidade indicaram que a percentagem no exame do SPSS para os escores de demanda mensal de água são:  $D(11) = 0,195$ ,  $p > 0,05$ ; para funcionários:  $D(11) = 0,158$ ,  $p > 0,05$ ; área construída:  $D(11) = 0,190$ ,  $p > 0,05$ ; e produção ambulatorial:  $D(11) = 0,120$ ,  $p > 0,05$ . Apesar de os histogramas, análise da curtose e assimetria não demonstrarem evidências de distribuição normal, o teste de normalidade mostrou-se não-significativo, com  $p > 0,05$ , o que informa que os dados da amostra podem ser normais, Tabela 53.

Tabela 53 – Testes de normalidade: Hospital

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Demanda mensal de água	,195	11	,200*	,882	11	,111
Número de funcionários	,158	11	,200*	,933	11	,441
Área construída	,190	11	,200*	,903	11	,199
Produção ambulatorial	,120	11	,200*	,957	11	,737

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

## ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE – UBS, UPA E HOSPITAL

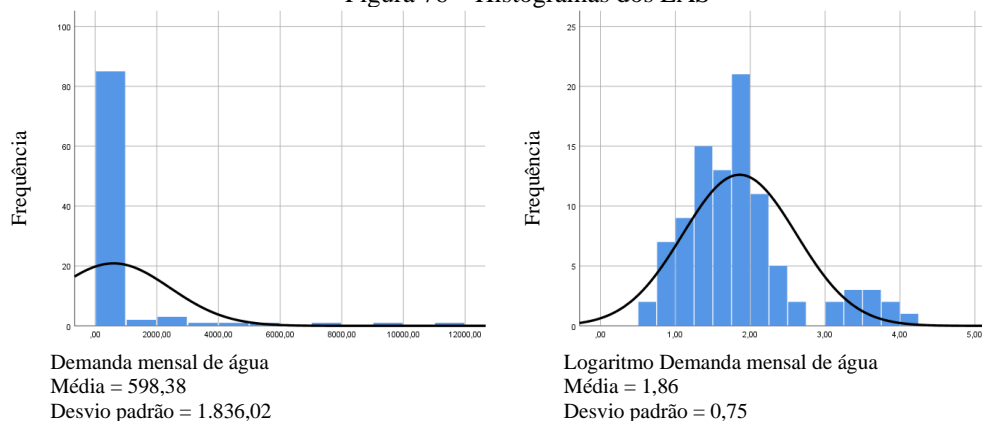
Com as amostras agrupadas foram realizadas análises com os dados contínuos. Com o teste de Levene, verificou-se que as variâncias são significativamente diferentes, portanto, não são homogêneas ( $p \leq 0,05$ ), Tabela 54. Para um bom desempenho de testes paramétricos é importante que as variâncias envolvidas sejam homogêneas.

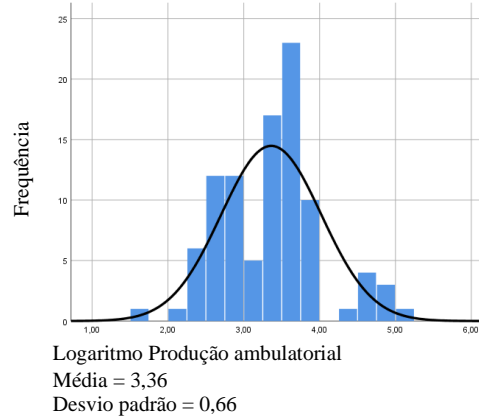
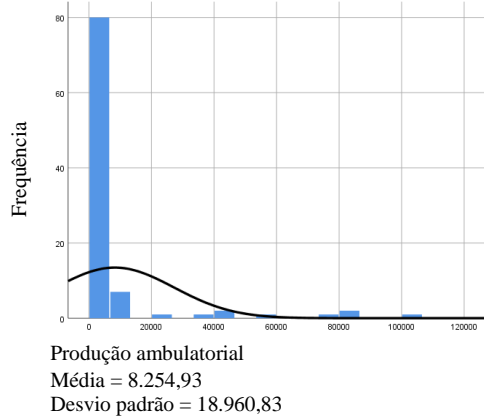
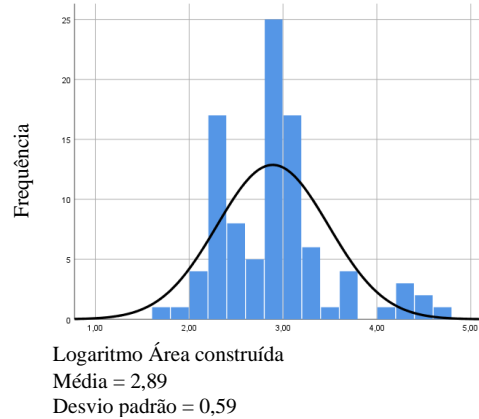
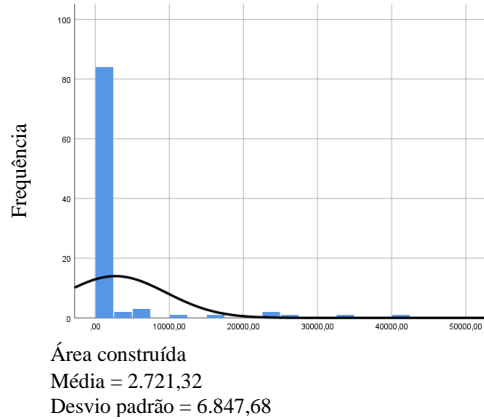
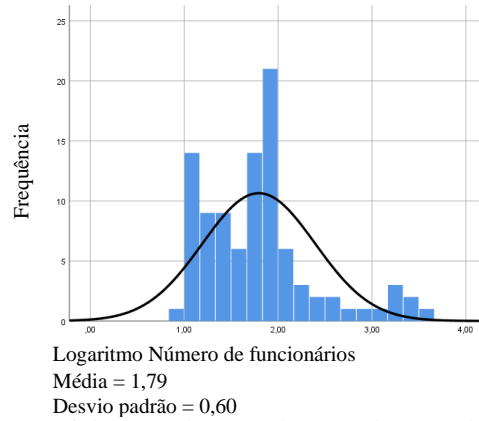
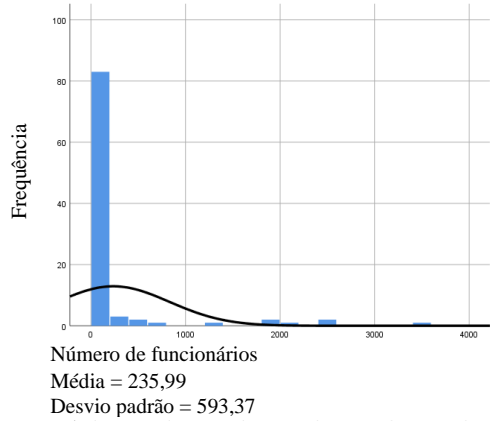
Tabela 54 – Teste de homogeneidade de variância: UBS, UPA e Hospital

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Demanda mensal de água	Com base em média	86,979	2	93	,000
	Com base em mediana	44,686	2	93	,000
	Com base em mediana e com df ajustado	44,686	2	10,092	,000
	Com base em média aparada	78,432	2	93	,000
Número de funcionários	Com base em média	119,636	2	93	,000
	Com base em mediana	82,302	2	93	,000
	Com base em mediana e com df ajustado	82,302	2	10,161	,000
	Com base em média aparada	122,814	2	93	,000
Área construída	Com base em média	123,614	2	93	,000
	Com base em mediana	106,358	2	93	,000
	Com base em mediana e com df ajustado	106,358	2	10,657	,000
	Com base em média aparada	117,667	2	93	,000
Produção ambulatorial	Com base em média	87,083	2	93	,000
	Com base em mediana	67,616	2	93	,000
	Com base em mediana e com df ajustado	67,616	2	11,012	,000
	Com base em média aparada	86,393	2	93	,000

Após identificação de possível desvio da normalidade, os dados foram transformados com a finalidade de corrigir problemas de distribuição dos escores para que fossem utilizados testes que tenham por base a hipótese de dados normalmente distribuídos. A Figura 76 (a), (c), (e) e (g) apresenta as distribuições originais, com os dados não transformados e a Figura 76 (b), (d), (f) e (h), após transformação logarítmica.

Figura 76 – Histogramas dos EAS





Observa-se que em todas as transformações foi possível eliminar a assimetria positiva dos dados e diminuir o desvio padrão. De acordo com FIELD (2009), um desvio padrão pequeno indica que os pontos de dados estão próximos da média, e um desvio padrão grande indica que estão distantes, ou seja, a média não terá uma representação precisa dos dados.

Apesar da realização da transformação logarítmica dos dados, verificou-se que a distribuição é significativamente diferente de uma distribuição normal ( $p < 0,05$ ) para as variáveis log demanda mensal de água, log número de funcionários e log área construída. Apenas para log produção ambulatorial o teste de Kolmogorov-Smirnov indicou uma distribuição significativa ( $p > 0,05$ ), Tabela 55.

A percentagem no exame do SPSS para os escores de log demanda mensal de água é:  $D(96) = 0,131$ ,  $p < 0,05$ ; para log funcionários:  $D(96) = 0,148$ ,  $p < 0,05$ ; log área construída:  $D(96) = 0,159$ ,  $p < 0,05$ ; e log produção ambulatorial:  $D(96) = 0,090$ ,  $p > 0,05$ . No entanto, é importante ressaltar que os testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilks são bastantes rigorosos e facilmente rejeitam a hipótese de normalidade (PAES, 2009). Por esse motivo, a decisão pela continuidade das análises por meio de testes paramétricos não foi baseada apenas nos níveis descritivos de significância desses testes.

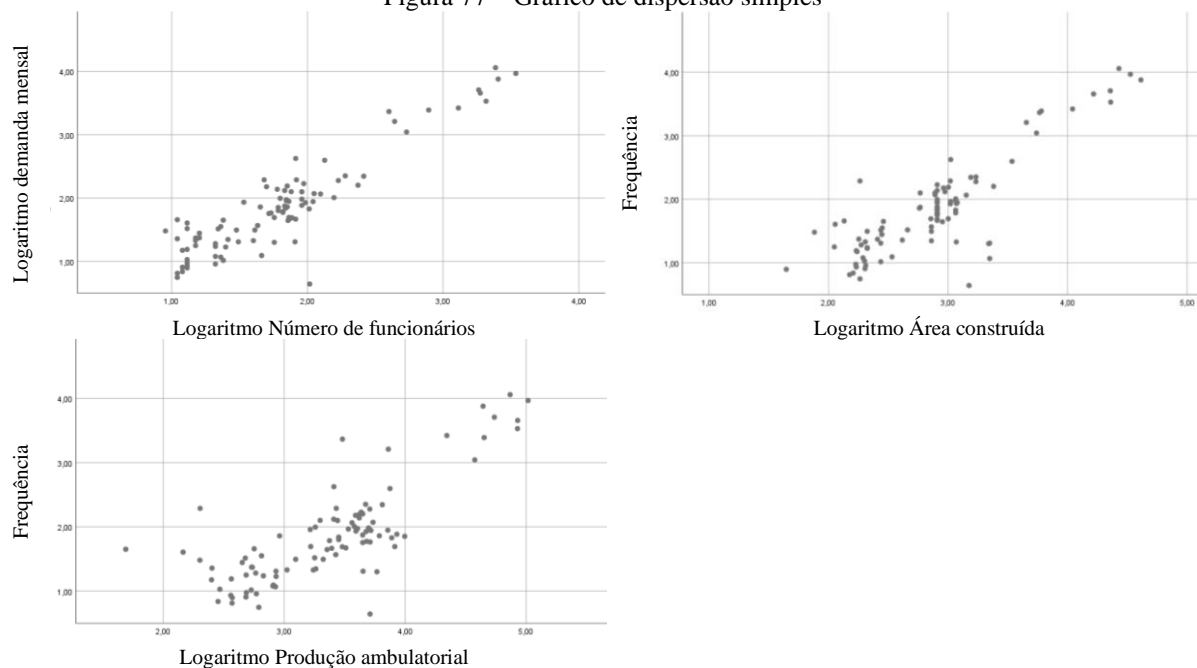
Tabela 55 – Testes de normalidade dos EAS

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Logaritmo Demanda mensal	,131	96	,000	,901	96	,000
Logaritmo Número de funcionários	,148	96	,000	,893	96	,000
Logaritmo Área construída	,159	96	,000	,923	96	,000
Logaritmo Produção ambulatorial	,090	96	,051	,964	96	,010

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Os diagramas de dispersão verificaram a tendência geral dos dados e avaliaram a relação entre demanda mensal de água e as demais variáveis: número de funcionários, área construída e produção ambulatorial. Demonstraram que todas as variáveis estão positivamente relacionadas, o que significa que há uma tendência de quanto maior a demanda mensal de água, maior será o número de funcionários, área construída e produção ambulatorial, Figura 77.

Figura 77 – Gráfico de dispersão simples



A análise de correlação indicou que Log de demanda mensal de água é positivamente relacionado com o log número de funcionários, log área construída e log produção ambulatorial,

com um coeficiente  $r = 0,913$ ,  $r = 0,858$  e  $r = 0,788$ , respectivamente. Existe uma probabilidade de menos de 0,001 que esses coeficientes de correlação tenham ocorrido por acaso numa amostra de 96 estabelecimentos, ou seja, ela é significativa para  $p < 0,001$ , Tabela 56.

Isso significa que à medida que o número de funcionários, área construída e produção ambulatorial aumentam, a demanda mensal de água também aumenta. Há uma correlação forte entre as variáveis, o que é um bom indício que as variáveis serão importantes para o modelo de previsão de demanda.

Tabela 56 – Correlações bivariadas

		Logaritmo Demanda mensal	Logaritmo Número de funcionários	Logaritmo Área construída	Logaritmo Produção ambulatorial
Logaritmo Demanda mensal	Correlação de Pearson	1	,913**	,858**	,788**
	Sig. (2 extremidades)		,000	,000	,000
	N	96	96	96	96
Logaritmo Número de funcionários	Correlação de Pearson	,913**	1	,943**	,899**
	Sig. (2 extremidades)	,000		,000	,000
	N	96	96	96	96
Logaritmo Área construída	Correlação de Pearson	,858**	,943**	1	,895**
	Sig. (2 extremidades)	,000	,000		,000
	N	96	96	96	96
Logaritmo Produção ambulatorial	Correlação de Pearson	,788**	,899**	,895**	1
	Sig. (2 extremidades)	,000	,000	,000	
	N	96	96	96	96

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

A regressão múltipla foi utilizada para prever a variável de saída a partir de mais de uma variável previsoras (número de funcionários, área construída e produção ambulatorial). A Tabela 57 forneceu os valores do R e do  $R^2$  para o modelo calculado, e, para esses dados, R tem um valor de 0,916<sup>a</sup> e  $R^2$  de 0,839, o que informa que o número de funcionários, área construída e produção ambulatorial podem explicar 83,9% da demanda mensal de água dos estabelecimentos de saúde. Também foi obtido o resultado do teste de Durbin-Watson e verificado que os resíduos são independentes, com valor de 1,570, pois considera-se aceitável valores entre 1 e 3.

Tabela 57 – Resumo do modelo

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,916 <sup>a</sup>	,839	,834	,30922	1,570

a. Preditores: (Constante), Logaritmo Produção ambulatorial, Logaritmo Área construída, Logaritmo Número de funcionários

b. Variável Dependente: Logaritmo Demanda mensal

Com a análise de variância (ANOVA) foi obtida a soma dos quadrados (45,93 para regressão e 8,79 para resíduos) e o grau de liberdade (3 para regressão e 92 para resíduos). Esses dois valores foram utilizados para calcular a soma do quadrado médio e obtido um resultado de 15,311 e 0,096. Foram importantes para obter a razão  $F$  e a significância associada a esse valor  $F$ . O valor obtido para  $F$  foi 160,13, que é significativo ao nível de  $p < 0,001$ , Tabela 58.

O resultado informa que existe uma probabilidade menor do que 0,1% de que um valor  $F$  tão alto tenha ocorrido apenas por acaso. A razão  $F$  demonstra o quanto o modelo melhorou na previsão de valores quando comparado com o nível de não precisão do modelo. De acordo com FIELD (2009), um bom modelo deverá ter uma razão  $F$  grande (maior do que 1 pelo menos).

Tabela 58 – ANOVA

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	45,933	3	15,311	160,132	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	8,796	92	,096		
	Total	54,729	95			

a. Variável Dependente: Logaritmo Demanda mensal

b. Preditores: (Constante), Logaritmo Produção ambulatorial, Logaritmo Área construída, Logaritmo Número de funcionários

A Tabela 59 fornece os detalhes dos parâmetros dos modelos, que são os valores de beta, e, também da significância desses valores. Pode-se dizer que  $b_0$  é 0,038 (representa o intercepto  $y$ ),  $b_1$  é 1,304 (logaritmo número de funcionários),  $b_2$  é 0,063 (logaritmo área construída),  $b_3$  é -0,208 (logaritmo produção ambulatorial).

Foi também gerado um teste  $t$  e sua significância para identificar se uma variável prevê significativamente um valor de saída, e, conforme resultados, o log número de funcionários está contribuindo de forma significativa o modelo, enquanto a contribuição das variáveis log área construída e log produção ambulatorial não foram tão significativas para estimar o valor de saída, pois a significância observada é maior que 0,05. As significâncias para log produção ambulatorial e log área construída foram  $p = 0,076$  e  $p = 0,713$ , respectivamente.

Tabela 59 – Coeficientes

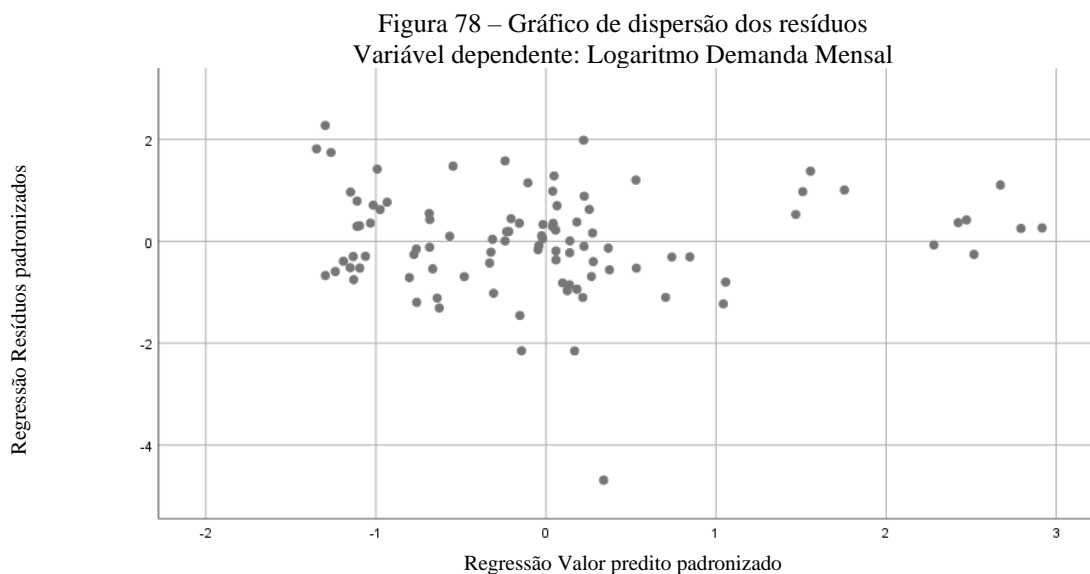
Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
		B	Erro	Beta			Tolerância	VIF
1	(Constante)	,038	,247		,154	,878		
	Logaritmo Número de funcionários	1,304	,171	1,030	7,634	,000	,096	10,419
	Logaritmo Área construída	,063	,169	,049	,369	,713	,099	10,086
	Logaritmo Produção ambulatorial	-,208	,116	-,182	-1,797	,076	,171	5,840

a. Variável Dependente: Logaritmo Demanda mensal

Os testes estatísticos de colinearidade FIV (Fator de Inflação da Variância) indicaram 10,419 para log número de funcionários, 10,086 para log área construída e 5,84 para log produção ambulatorial. De acordo com Field (2009), embora não existam regras simples para identificar motivos de preocupação com os valores de FIV, Allen e Meyer (1990) sugerem que valores a partir de 10 podem indicar colinearidade. Os testes para a variável log produção ambulatorial demonstraram ausência de colinearidade. No entanto, para as variáveis log número de funcionários e log área construída, os valores foram um pouco acima do estipulado, indicando a existência de colinearidade.

Também foi avaliada a estatística de tolerância relacionada ao valor FIV, e foi obtido 0,096 para log número de funcionários, 0,099 para log área construída e 0,171 para log produção ambulatorial. De acordo com Field (2009), resultados abaixo de 0,10 podem indicar um problema no ajuste do modelo e causar impactos na estimativa dos parâmetros. Como os resultados para as variáveis log número de funcionários e log área construída encontrarem-se próximo ao valor previsto, foi dado prosseguimento nas análises em função dos outros testes já realizados atenderem a pré-requisitos para a análise de regressão.

Com a análise da normalidade dos resíduos, gráfico do \*ZRESID (resíduos padronizados ou erros) e \*ZPRED (valores previstos padronizados da variável dependente com base no modelo), verifica-se que os pontos estão aleatoriamente dispersos por todo o quadrante, o que é um indicativo da situação em que as suposições de linearidade e homocedasticidade foram satisfeitas, Figura 78.



No histograma, a distribuição indicou que os resíduos estão normalmente distribuídos, ou seja, a curva obtida assemelha-se a uma distribuição normal, Figura 79. O diagrama das

probabilidades normais mostrou que os resíduos observados, representados pelos pontos, estão próximos da linha, o que sugere uma distribuição normal, Figura 80.

Figura 79 – Histograma dos resíduos padronizados

Variável dependente: Logaritmo Demanda Mensal

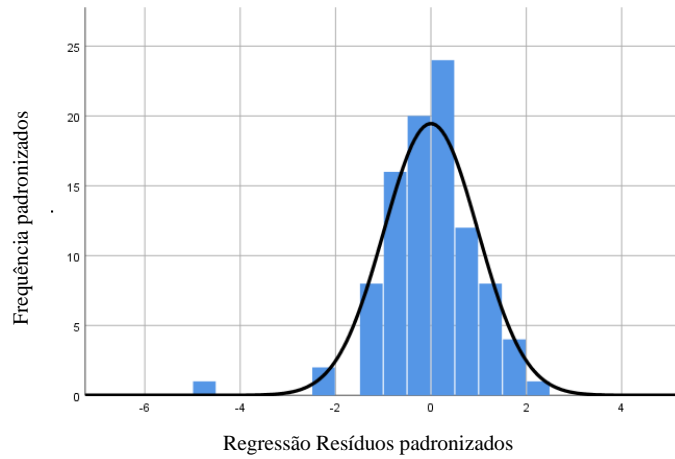
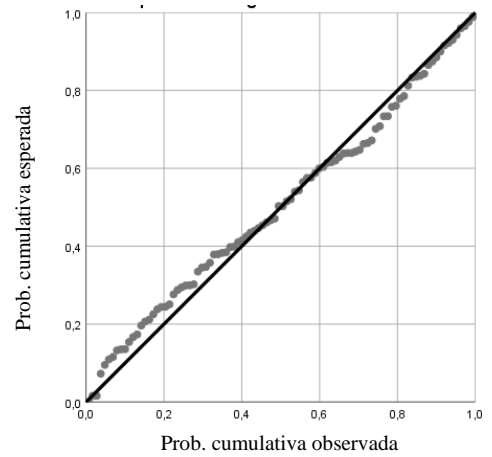


Figura 80 – Gráfico P-P normal de regressão dos resíduos padronizados

Variável dependente: Logaritmo Demanda Mensal





## APÊNDICE D

### BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E FINANCEIROS

Os resultados das análises dos benefícios ambientais e financeiros pelo uso de diferentes estratégias conservadoras de água para UBS, UPA e hospitais são apresentados a seguir (Tabela 60 a Tabela 73). As economias de água ( $m^3/ano$ ) geradas pela redução na exploração dos recursos hídricos por cada Região Administrativa do Distrito Federal encontram-se na sequência (Tabela 74 a Tabela 82).

$N_{base}$  = Quantidade média de equipamentos por estabelecimento da Região Administrativa

$q_{base}$  = Vazão base (l/s)

$P_{\%}$  = Potencial de redução do consumo de água potável em porcentagem ( $m^3/ano$ )

$D_{base}$  = Consumo base ( $m^3/ano$ )

$D_{red}$  = Consumo de água reduzido ( $m^3/ano$ )

$V_c$  = Volume da cisterna de aproveitamento de água de chuva ( $m^3$ )

$V_{tratado}$  = Volume de águas cinzas tratado (l/d)

$E_a$  = Economia de água ( $m^3/ano$ )

$B$  = Benefícios no ano (R\$/ano)

$K$  = Custo capital de investimento (R\$)

$C_t$  = Custos no ano (R\$/ano)

$C_o$  = Custo operacional anual (R\$)

$PB$  = Payback (anos)

Tabela 60 – Benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores: UBS

Equipamentos economizadores de água	$N_{base}$	$q_{base}$ (l/s)	$D_{base}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$D_{red}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$C_t$ (R\$)	$PB$ (ano)	$P\%$
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	11	0,10	169,86	71	99	2.469,92	143,82	1.582,00	0,6	18%
Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	4	9,00*	606,74	425	182	4.554,18	448,84	1.795,36	0,4	33%

\*l<sub>pf</sub> – litro por fluxo

Tabela 61 – Benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores: UPA

Equipamentos economizadores de água	$N_{base}$	$q_{base}$ (l/s)	$D_{base}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$D_{red}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$C_t$ (R\$)	$PB$ (ano)	$P\%$
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	35	0,07	332,01	190	142	3.560,15	143,82	5.033,64	1,4	5,3%
Mecanismo de descarga (caixa acoplada)	15	6,00*	834,58	584	250	6.364,38	111,41	1.671,20	0,3	9,3%
Torneira com alavanca (cozinha e copa)	9	0,06	584,81	390	195	4.877,32	134,11	1.207,03	0,2	7,2%

\*l<sub>pf</sub> – litro por fluxo

Tabela 62 – Benefícios gerados pelo emprego de equipamentos economizadores: Hospital

Equipamentos economizadores de água	$N_{base}$	$q_{base}$ (l/s)	$D_{base}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$D_{red}$ (m <sup>3</sup> /ano)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$C_t$ (R\$)	$PB$ (ano)	$P\%$
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	271	0,06	486,77	325	162	4.059,70	143,82	38974,78	9,6	0,4%
Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	192	9,00*	3762,19	2508	1254	31.376,70	448,84	86177,30	2,7	3,1%
Torneira com alavanca (cozinha e copa)	118	0,18	5694,73	1265	4429	110.819,45	134,11	15825,50	0,1	10,8%

\*l<sub>pf</sub> – litro por fluxo

Tabela 63 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UBS: descarga sanitária

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P\%$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
10	206	38%	5.160,19	18.052,63	4
20	216	40%	5.410,39	30.932,30	6
30	226	41%	5.660,59	42.752,11	8
40	236	43%	5.910,79	63.142,54	11
50	246	45%	6.160,99	77.599,30	13
60	256	47%	6.411,19	92.075,46	14

70	258	47%	6.454,20	106.535,46	17
80	258	47%	6.454,20	120.995,46	19
90	258	47%	6.454,20	135.455,46	21
100	258	47%	6.454,20	149.915,46	23

Tabela 64 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UBS: lavagem de pisos &amp; descarga sanitária

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
10	236	43%	5.898,79	18.052,63	3
20	246	45%	6.148,99	30.932,30	5
30	256	47%	6.399,19	42.752,11	7
40	266	49%	6.649,39	63.142,54	10
50	276	51%	6.899,59	77.599,30	11
60	286	52%	7.149,79	92.075,46	13
70	296	54%	7.399,99	106.535,46	14
80	306	56%	7.650,19	120.995,46	16
90	309	57%	7.720,37	135.455,46	18
100	309	57%	7.720,37	149.915,46	19

Tabela 65 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UPA: descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
50	750	28%	18.767,75	82.043,25	4
100	800	30%	20.018,75	154.359,41	8
150	850	32%	21.269,75	226.659,41	11
200	900	33%	22.520,75	298.959,41	13
250	950	35%	23.771,75	371.259,41	16
300	1000	37%	25.022,75	443.559,41	18
350	1012	38%	25.312,48	515.859,41	20
400	1012	38%	25.312,48	588.159,41	23
450	1012	38%	25.312,48	660.459,41	26
500	1012	38%	25.312,48	732.759,41	29

Tabela 66 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para UPA: lavagem de pisos &amp; descarga sanitária (bacia sanitária e expurgo)

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
50	786	29%	19.676,01	82.563,70	4
100	836	31%	20.927,01	154.879,86	7
150	886	33%	22.178,01	227.179,86	10
200	936	35%	23.429,01	299.479,86	13
250	986	37%	24.680,01	371.779,86	15
300	1027	38%	25.701,74	444.079,86	17
350	1027	38%	25.701,74	516.379,86	20
400	1027	38%	25.701,74	588.679,86	23
450	1027	38%	25.701,74	660.979,86	26
500	1027	38%	25.701,74	733.279,86	29

Tabela 67 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: lavagem de pisos

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
5	597	1%	14.926,89	36.825,18	2
10	602	1%	15.051,99	43.220,82	3
15	602	1%	15.052,11	49.157,57	3
20	602	1%	15.052,11	56.100,49	4
25	602	1%	15.052,11	61.779,09	4
30	602	1%	15.052,11	67.920,30	5
35	602	1%	15.052,11	81.082,34	5
40	602	1%	15.052,11	88.310,73	6
45	602	1%	15.052,11	88.310,73	6
50	602	1%	15.052,11	102.767,49	7

Tabela 68 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: descarga sanitária (bacia sanitária, mictório e expurgo)

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
250	6415	16%	160.494,20	398.934,46	2
500	6665	16%	166.749,20	760.434,46	5
750	6915	17%	173.004,20	1.049.634,46	6
1000	7165	17%	179.259,20	1.483.434,46	8
1250	7415	18%	185.514,20	1.483.434,46	8
1500	7665	19%	191.769,20	1.483.434,46	8

1750	7915	19%	198.024,20	1.483.434,46	7
2000	8165	20%	204.279,20	2.929.434,46	14
2250	8415	20%	210.534,20	2.929.434,46	14
2500	8518	21%	213.120,91	2.929.434,46	14

Tabela 69 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: máquina de lavar roupas

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
250	5305	13%	132.734,48	398.934,46	3
500	5555	14%	138.989,48	760.434,46	5
750	5805	14%	145.244,48	1.049.634,46	7
1000	6055	15%	151.499,48	1.483.434,46	10
1250	6305	15%	157.754,48	1.483.434,46	9
1500	6555	16%	164.009,48	1.483.434,46	9
1750	6805	17%	170.264,48	1.483.434,46	9
2000	7055	17%	176.519,48	2.929.434,46	17
2250	7305	18%	182.774,48	2.929.434,46	16
2500	7370	18%	184.406,21	2.929.434,46	16

Tabela 70 – Benefícios gerados por sistemas de aproveitamento de água de chuva para hospital: lav. de pisos, descarga sanitária (bacia san., mictório e expurgo) &amp; máq. de lavar roupas

$V_C$ (m <sup>3</sup> )	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$P_{\%}$	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$PB$ (ano)
50	9899	24%	247.670,03	109.718,30	0
100	9949	24%	248.921,03	182.034,46	1
150	9999	24%	250.172,03	254.334,46	1
200	10049	24%	251.423,03	326.634,46	1
250	10099	25%	252.674,03	398.934,46	2
300	10149	25%	253.925,03	471.234,46	2
350	10199	25%	255.176,03	543.534,46	2
400	10218	25%	255.645,91	615.834,46	2
450	10218	25%	255.645,91	615.834,46	2
500	10218	25%	255.645,91	760.434,46	3

Tabela 71 – Benefícios gerados por sistemas de reúso de águas cinzas: UBS

Reúso Não Potável	Fonte de Águas Cinzas	$V_{tratado}$ (l/d)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$C_o$ (R\$)	$PB$ (ano)
Lavagem de piso	lavatórios	162	51	1.266,17	29.723,11	15,25	24
Descarga sanitária	lavatórios & chuveiros	239	75	1.867,25	29.723,11	15,25	16
Lavagem de piso & descarga sanitária	lavatórios & chuveiros	239	75	1.867,25	29.723,11	15,25	16

Tabela 72 – Benefícios gerados por sistemas de reúso de águas cinzas: UPA

Reúso Não Potável	Fonte de Águas Cinzas	$V_{tratado}$ (l/d)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$C_o$ (R\$)	$PB$ (ano)
Lavagem de piso	chuveiros	171	62	782,63	29.723,11	15,25	39
Descarga sanitária (Bacia san. e expurgo)	lavatórios & chuveiros	1490	537	6.724,68	30.127,90	15,25	4
Lavagem de piso & descarga sanitária	lavatórios & chuveiros	1490	537	6.724,68	30.127,90	15,25	4

Tabela 73 – Benefícios gerados por sistemas de reúso de águas cinzas: Hospital

Reúso Não Potável	Fonte de Águas Cinzas	$V_{tratado}$ (l/d)	$E_a$ (m <sup>3</sup> /ano)	$B$ (R\$/ano)	$K$ (R\$)	$C_o$ (R\$)	$PB$ (ano)
Lavagem de piso	lavatórios	1648	593	7.434,65	30.382,34	15,25	4
Descarga sanitária (Bacia, mict. e exp.)	lavatórios & chuveiros	8065	2903	36.334,94	49.465,28	19,52	1
Lavagem de piso & descarga sanitária	lavatórios & chuveiros	8065	2903	36.334,94	49.465,28	19,52	1

Tabela 74 – Economia de água gerada utilizando equipamentos economizadores: UBS

	Brasília (m <sup>3</sup> /ano)	Gama (m <sup>3</sup> /ano)	Taguatinga (m <sup>3</sup> /ano)	Brazlândia (m <sup>3</sup> /ano)	Sobradinho (m <sup>3</sup> /ano)	Planaltina (m <sup>3</sup> /ano)	Paranoá (m <sup>3</sup> /ano)	N. Bandeirante (m <sup>3</sup> /ano)	Ceilândia (m <sup>3</sup> /ano)
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	1.821,2	1.863,9	3.091,1	657,7	2.094,1	632,7	116,6	44,6	2.965,8
Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	3.338,8	3.417,2	5.667,1	1.205,8	3.839,2	1.160,0	213,8	81,7	5.437,3

<b>Guará</b> (m³/ano)	<b>Cruzeiro</b> (m³/ano)	<b>Samambaia</b> (m³/ano)	<b>Santa Maria</b> (m³/ano)	<b>São Sebastião</b> (m³/ano)	<b>Recanto das Emas</b> (m³/ano)	<b>Lago Sul</b> (m³/ano)	<b>Riacho Fundo I</b> (m³/ano)	<b>Lago Norte</b> (m³/ano)	<b>Candangolândia</b> (m³/ano)	<b>Águas Claras</b> (m³/ano)
783,1	282,8	1.586,5	676,7	1.766,0	1.311,4	80,6	188,3	141,4	326,1	13,68
1.435,7	518,5	2.908,6	1.240,6	3.237,8	2.404,3	147,7	345,2	259,2	597,8	25,08

<b>Riacho Fundo II</b> (m³/ano)	<b>Sudoeste/Octogonal</b> (m³/ano)	<b>Varjão</b> (m³/ano)	<b>Park Way</b> (m³/ano)	<b>Estrutural</b> (m³/ano)	<b>Sobradinho II</b> (m³/ano)	<b>Itapoã</b> (m³/ano)	<b>SIA</b> (m³/ano)	<b>Vicente Pires</b> (m³/ano)	<b>Fercal</b> (m³/ano)	<b>Total</b> (m³/ano)
524,3	141,4	156,2	141,4	658,3	196,6	280,9	141,4	141,4	282,8	23.108,9
961,1	259,2	286,3	259,2	1.206,8	360,4	515,0	259,2	259,2	518,5	42.366,3

Tabela 75 – Economia de água gerada utilizando equipamentos economizadores: UPA

	<b>Sobradinho</b> (m³/ano)	<b>Núcleo Bandeirante</b> (m³/ano)	<b>Ceilândia</b> (m³/ano)	<b>Samambaia</b> (m³/ano)	<b>São Sebastião</b> (m³/ano)	<b>Recanto das Emas</b> (m³/ano)	<b>Total</b> (m³/ano)
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	212,1	140,6	101,5	615,0	120,4	142,8	1.332,4
Mecanismo de descarga (caixa acoplada)	372,2	246,7	178,0	1.079,2	211,2	250,6	2.338,0
Torneira com alavanca (cozinha e copa)	288,1	191,0	137,8	835,5	163,5	194,0	1.810,0

Tabela 76 – Economia de água gerada utilizando equipamentos economizadores: Hospitais

	<b>Brasília</b> (m³/ano)	<b>Gama</b> (m³/ano)	<b>Taguatinga</b> (m³/ano)	<b>Brazlândia</b> (m³/ano)	<b>Sobradinho</b> (m³/ano)
Torneira temporizada de pressão (lavatório)	599,6	548,2	556,8	117,6	10,3
Bacia sanitária + acabamento para válvula (duplo acionamento)	4.646,9	4.248,3	4.315,2	911,8	79,9
Torneira com alavanca (cozinha e copa)	16.189,3	14.800,5	15.033,5	3.176,5	278,2

<b>Planaltina</b> (m³/ano)	<b>Paranoá</b> (m³/ano)	<b>Ceilândia</b> (m³/ano)	<b>Guará</b> (m³/ano)	<b>Samambaia</b> (m³/ano)	<b>Santa Maria</b> (m³/ano)	<b>Total</b> (m³/ano)
123,6	1.161,8	946,3	233,7	118,2	29,6	4.445,8
958,2	9.004,2	7.334,2	1.811,1	915,8	229,5	34.455,0
3.338,4	31.369,4	25.551,4	6.309,5	3.190,4	799,6	120.036,7

Tabela 77 – Economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva: UBS

	<b>Brasília</b> (m³/ano)	<b>Gama</b> (m³/ano)	<b>Taguatinga</b> (m³/ano)	<b>Brazlândia</b> (m³/ano)	<b>Sobradinho</b> (m³/ano)	<b>Planaltina</b> (m³/ano)	<b>Paranoá</b> (m³/ano)	<b>N. Bandeirante</b> (m³/ano)	<b>Ceilândia</b> (m³/ano)
Cisterna 10m³ - Desc. san	3.825,7	3.915,6	6.493,6	1.381,7	4.399,1	1.329,1	245,0	93,6	6.230,3
Cisterna 20m³ - Desc. san	4.011,2	4.105,5	6.808,4	1.448,7	4.612,4	1.393,6	256,9	98,1	6.532,4
Cisterna 30m³ - Desc. san	4.196,7	4.295,3	7.123,3	1.515,7	4.825,7	1.458,0	268,8	102,7	6.834,5
Cisterna 40m³ - Desc. san	4.382,2	4.485,2	7.438,2	1.582,7	5.039,0	1.522,5	280,7	107,2	7.136,5
Cisterna 50m³ - Desc. san	4.567,7	4.675,0	7.753,0	1.649,7	5.252,3	1.586,9	292,5	111,7	7.438,6
Cisterna 60m³ - Desc. san	4.753,2	4.864,9	8.067,9	1.716,6	5.465,6	1.651,3	304,4	116,3	7.740,7
Cisterna 10m³ - Lav. pisos & Desc. san	4.373,3	4.476,1	7.423,1	1.579,4	5.028,8	1.519,4	280,1	107,0	7.122,1
Cisterna 20m³ - Lav. pisos & Desc. san	4.558,8	4.665,9	7.737,9	1.646,4	5.242,1	1.583,8	292,0	111,5	7.424,1
Cisterna 30m³ - Lav. pisos & Desc. san	4.744,3	4.855,8	8.052,8	1.713,4	5.455,4	1.648,3	303,9	116,1	7.726,2
Cisterna 40m³ - Lav. pisos & Desc. san	4.929,8	5.045,6	8.367,6	1.780,4	5.668,7	1.712,7	315,7	120,6	8.028,3
Cisterna 50m³ - Lav. pisos & Desc. san	5.115,3	5.235,5	8.682,5	1.847,4	5.882,0	1.777,1	327,6	125,1	8.330,4
Cisterna 60m³ - Lav. pisos & Desc. san	5.300,8	5.425,3	8.997,3	1.914,4	6.095,3	1.841,6	339,5	129,7	8.632,5
Cisterna 70m³ - Lav. pisos & Desc. san	5.486,3	5.615,2	9.312,2	1.981,4	6.308,6	1.906,0	351,4	134,2	8.934,6
Cisterna 80m³ - Lav. pisos & Desc. san	5.671,8	5.805,1	9.627,0	2.048,4	6.521,9	1.970,5	363,3	138,7	9.236,7
Cisterna 90m³ - Lav. pisos & Desc. san	5.723,8	5.858,3	9.715,3	2.067,2	6.581,7	1.988,6	366,6	140,0	9.321,4

<b>Guará</b> (m³/ano)	<b>Cruzeiro</b> (m³/ano)	<b>Samambaia</b> (m³/ano)	<b>Santa Maria</b> (m³/ano)	<b>São Sebastião</b> (m³/ano)	<b>Recanto das Emas</b> (m³/ano)	<b>Lago Sul</b> (m³/ano)	<b>Riacho Fundo I</b> (m³/ano)	<b>Lago Norte</b> (m³/ano)	<b>Candangolândia</b> (m³/ano)	<b>Águas Claras</b> (m³/ano)
1.645,1	594,1	3.332,8	1.421,6	3.710,0	2.754,9	169,2	395,5	297,0	685,0	28,74
1.724,9	622,9	3.494,4	1.490,5	3.889,8	2.888,5	177,4	414,7	311,4	718,2	30,13
1.804,6	651,7	3.656,0	1.559,4	4.069,7	3.022,1	185,6	433,9	325,8	751,4	31,52
1.884,4	680,5	3.817,6	1.628,4	4.249,6	3.155,6	193,8	453,1	340,2	784,6	32,92
1.964,2	709,3	3.979,2	1.697,3	4.429,5	3.289,2	202,0	472,2	354,6	817,8	34,31
2.043,9	738,1	4.140,8	1.766,2	4.609,4	3.422,8	210,2	491,4	369,1	851,0	35,70
1.880,6	679,1	3.809,9	1.625,0	4.241,0	3.149,2	193,4	452,1	339,6	783,0	32,85
1.960,3	707,9	3.971,5	1.694,0	4.420,9	3.282,8	201,6	471,3	354,0	816,2	34,24
2.040,1	736,7	4.133,1	1.762,9	4.600,8	3.416,4	209,8	490,5	368,4	849,4	35,64
2.119,9	765,5	4.294,7	1.831,8	4.780,6	3.550,0	218,0	509,7	382,8	882,7	37,03
2.199,6	794,3	4.456,3	1.900,8	4.960,5	3.683,5	226,3	528,8	397,2	915,9	38,42
2.279,4	823,1	4.617,8	1.969,7	5.140,4	3.817,1	234,5	548,0	411,6	949,1	39,82
2.359,2	851,9	4.779,4	2.038,6	5.320,3	3.950,7	242,7	567,2	426,0	982,3	41,21



2.438,9	880,7	4.941,0	2.107,5	5.500,2	4.084,3	250,9	586,4	440,4	1.015,5	42,60
2.461,3	888,8	4.986,4	2.126,9	5.550,6	4.121,7	253,2	591,8	444,4	1.024,8	43,00

<b>Riacho Fundo II</b>	<b>Sudoeste/Octogonal</b>	<b>Varjão</b>	<b>Park Way</b>	<b>Estrutural</b>	<b>Sobradinho II</b>	<b>Itapoã</b>	<b>SIA</b>	<b>Vicente Pires</b>	<b>Fercal</b>	<b>Total</b>
(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)
1.101,3	297,0	328,0	297,0	1.382,8	412,9	590,2	297,0	297,0	594,1	48.545,1
1.154,7	311,4	343,9	311,4	1.449,9	432,9	618,8	311,4	311,4	622,9	50.898,9
1.208,1	325,8	359,8	325,8	1.516,9	453,0	647,4	325,8	325,8	651,7	53.252,7
1.261,5	340,2	375,7	340,2	1.584,0	473,0	676,0	340,2	340,2	680,5	55.606,5
1.314,9	354,6	391,6	354,6	1.651,0	493,0	704,6	354,6	354,6	709,3	57.960,3
1.368,3	369,1	407,6	369,1	1.718,1	513,0	733,2	369,1	369,1	738,1	60.314,1
1.258,9	339,6	375,0	339,6	1.580,7	472,0	674,6	339,6	339,6	679,1	55.493,6
1.312,3	354,0	390,9	354,0	1.647,8	492,0	703,3	354,0	354,0	707,9	57.847,4
1.365,7	368,4	406,8	368,4	1.714,8	512,1	731,9	368,4	368,4	736,7	60.201,2
1.419,1	382,8	422,7	382,8	1.781,9	532,1	760,5	382,8	382,8	765,5	62.555,0
1.472,5	397,2	438,6	397,2	1.848,9	552,1	789,1	397,2	397,2	794,3	64.908,8
1.525,9	411,6	454,5	411,6	1.916,0	572,1	817,7	411,6	411,6	823,1	67.262,6
1.579,3	426,0	470,4	426,0	1.983,0	592,1	846,3	426,0	426,0	851,9	69.616,4
1.632,7	440,4	486,3	440,4	2.050,1	612,2	874,9	440,4	440,4	880,7	71.970,1
1.647,7	444,4	490,8	444,4	2.068,9	617,8	883,0	444,4	444,4	888,8	72.630,4

Tabela 78 – Economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva: UPA

	<b>Sobradinho</b>	<b>Núcleo Bandeirante</b>	<b>Ceilândia</b>	<b>Samambaia</b>	<b>São Sebastião</b>	<b>Recanto das Emas</b>	<b>Total</b>
	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /ano)
Cisterna 50m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.116,0	739,8	533,9	3.236,2	633,3	751,4	7.010,7
Cisterna 100m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.190,4	789,2	569,5	3.451,9	675,5	801,5	7.478,0
Cisterna 150m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.264,8	838,5	605,1	3.667,6	717,7	851,6	7.945,3
Cisterna 200m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.339,2	887,8	640,7	3.883,3	760,0	901,7	8.412,7
Cisterna 250m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.413,6	937,1	676,3	4.099,0	802,2	951,8	8.880,0
Cisterna 300m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.488,0	986,4	711,8	4.314,7	844,4	1.001,9	9.347,3
Cisterna 350m <sup>3</sup> - Desc. san (BS e Exp.)	1.505,2	997,9	720,1	4.364,7	854,2	1.013,5	9.455,5
Cisterna 50m <sup>3</sup> - Lav. pisos & Desc. san (BS e Exp.)	1.170,1	775,7	559,7	3.392,8	664,0	787,8	7.350,0
Cisterna 100m <sup>3</sup> - Lav. pisos & Desc. san (BS e Exp.)	1.244,5	825,0	595,3	3.608,5	706,2	837,9	7.817,3
Cisterna 150m <sup>3</sup> - Lav. pisos & Desc. san (BS e Exp.)	1.318,8	874,3	630,9	3.824,2	748,4	888,0	8.284,6

Cisterna 200m <sup>3</sup> - Lav. pisos & Desc. san (BS e Exp.)	1.393,2	923,6	666,5	4.039,9	790,6	938,0	8.751,9
Cisterna 250m <sup>3</sup> - Lav. pisos & Desc. san (BS e Exp.)	1.467,6	972,9	702,1	4.255,6	832,8	988,1	9.219,2
Cisterna 300m <sup>3</sup> - Lav. pisos & Desc. san (BS e Exp.)	1.528,4	1.013,2	731,2	4.431,8	867,3	1.029,0	9.600,9

Tabela 79 – Economia de água gerada utilizando sistemas de aproveitamento de água de chuva: Hospitais

	<b>Brasília</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Gama</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Taguatinga</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Brazlândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Sobradinho</b> (m <sup>3</sup> /ano)
Cisterna 5m <sup>3</sup> - Lav. pisos	2.176,1	1.989,4	2.020,7	427,0	37,40
Cisterna 10m <sup>3</sup> - Lav. pisos	2.194,3	2.006,1	2.037,7	430,5	37,71
Cisterna 15m <sup>3</sup> - Lav. pisos	2.194,4	2.006,1	2.037,7	430,6	37,71
Cisterna 250m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	23.397,4	21.390,2	21.727,0	4.590,8	402,1
Cisterna 500m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	24.309,3	22.223,8	22.573,8	4.769,7	417,7
Cisterna 750m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	25.221,2	23.057,5	23.420,6	4.948,6	433,4
Cisterna 1000m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	26.133,0	23.891,1	24.267,4	5.127,5	449,1
Cisterna 1250m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	27.044,9	24.724,8	25.114,1	5.306,5	464,8
Cisterna 1500m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	27.956,8	25.558,4	25.960,9	5.485,4	480,4
Cisterna 1750m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	28.868,7	26.392,1	26.807,7	5.664,3	496,1
Cisterna 2000m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	29.780,5	27.225,7	27.654,5	5.843,2	511,8
Cisterna 2250m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	30.692,4	28.059,4	28.501,2	6.022,1	527,4
Cisterna 2500m <sup>3</sup> - Desc. san (BS, Mic; Exp)	31.069,5	28.404,1	28.851,4	6.096,1	533,9
Cisterna 250m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	19.350,5	17.690,5	17.969,0	3.796,7	332,5
Cisterna 500m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	20.262,4	18.524,1	18.815,8	3.975,7	348,2
Cisterna 750m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	21.174,3	19.357,8	19.662,6	4.154,6	363,9
Cisterna 1000m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	22.086,1	20.191,4	20.509,4	4.333,5	379,5
Cisterna 1250m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	22.998,0	21.025,1	21.356,1	4.512,4	395,2
Cisterna 1500m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	23.909,9	21.858,7	22.202,9	4.691,3	410,9
Cisterna 1750m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	24.821,8	22.692,4	23.049,7	4.870,3	426,6
Cisterna 2000m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	25.733,6	23.526,0	23.896,5	5.049,2	442,2
Cisterna 2250m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	26.645,5	24.359,6	24.743,2	5.228,1	457,9
Cisterna 2500m <sup>3</sup> - Maq. lavar roupas	26.883,4	24.577,1	24.964,1	5.274,8	462,0
Cisterna 50m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	36.106,2	33.008,7	33.528,5	7.084,4	620,5
Cisterna 100m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	36.288,6	33.175,5	33.697,9	7.120,2	623,6
Cisterna 150m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	36.471,0	33.342,2	33.867,2	7.155,9	626,7
Cisterna 200m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	36.653,3	33.508,9	34.036,6	7.191,7	629,9
Cisterna 250m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	36.835,7	33.675,7	34.205,9	7.227,5	633,0

Cisterna 300m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	37.018,1	33.842,4	34.375,3	7.263,3	636,1
Cisterna 350m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	37.200,5	34.009,1	34.544,7	7.299,1	639,3
Cisterna 400m <sup>3</sup> - Lav. pisos, Desc. san & Maq. lavar roupas	37.269,0	34.071,7	34.608,3	7.312,5	640,5

<b>Planaltina</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Paranoá</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Ceilândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Guará</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Samambaia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Santa Maria</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Total</b> (m <sup>3</sup> /ano)
448,7	4.216,5	3.434,5	848,1	428,8	107,5	16.134,8
452,5	4.251,9	3.463,3	855,2	432,4	108,4	16.270,0
452,5	4.251,9	3.463,3	855,2	432,4	108,4	16.270,1
4.824,8	45.336,2	36.927,9	9.118,7	4.610,9	1.155,5	173.481,5
5.012,8	47.103,1	38.367,1	9.474,1	4.790,6	1.200,6	180.242,6
5.200,8	48.870,0	39.806,3	9.829,5	4.970,3	1.245,6	187.003,8
5.388,9	50.636,9	41.245,5	10.184,9	5.150,0	1.290,6	193.764,9
5.576,9	52.403,8	42.684,7	10.540,3	5.329,7	1.335,7	200.526,1
5.764,9	54.170,7	44.123,9	10.895,7	5.509,4	1.380,7	207.287,3
5.953,0	55.937,6	45.563,1	11.251,0	5.689,1	1.425,8	214.048,4
6.141,0	57.704,5	47.002,3	11.606,4	5.868,8	1.470,8	220.809,6
6.329,1	59.471,4	48.441,5	11.961,8	6.048,5	1.515,8	227.570,7
6.406,8	60.202,1	49.036,7	12.108,8	6.122,8	1.534,4	230.366,8
3.990,3	37.494,7	30.540,7	7.541,5	3.813,4	955,7	143.475,4
4.178,3	39.261,6	31.979,9	7.896,9	3.993,1	1.000,7	150.236,6
4.366,3	41.028,5	33.419,1	8.252,3	4.172,8	1.045,7	156.997,7
4.554,4	42.795,4	34.858,3	8.607,7	4.352,5	1.090,8	163.758,9
4.742,4	44.562,3	36.297,5	8.963,1	4.532,2	1.135,8	170.520,1
4.930,4	46.329,2	37.736,7	9.318,5	4.711,9	1.180,9	177.281,2
5.118,5	48.096,1	39.175,9	9.673,8	4.891,6	1.225,9	184.042,4
5.306,5	49.863,0	40.615,1	10.029,2	5.071,3	1.270,9	190.803,5
5.494,5	51.629,9	42.054,3	10.384,6	5.251,0	1.316,0	197.564,7
5.543,6	52.090,8	42.429,7	10.477,3	5.297,8	1.327,7	199.328,4
7.445,4	69.961,5	56.986,0	14.071,8	7.115,4	1.783,2	267.711,6
7.483,0	70.314,9	57.273,9	14.142,8	7.151,3	1.792,2	269.063,8
7.520,6	70.668,3	57.561,7	14.213,9	7.187,2	1.801,2	270.416,1
7.558,3	71.021,7	57.849,5	14.285,0	7.223,2	1.810,2	271.768,3
7.595,9	71.375,0	58.137,4	14.356,1	7.259,1	1.819,2	273.120,5
7.633,5	71.728,4	58.425,2	14.427,1	7.295,1	1.828,2	274.472,8

7.671,1	72.081,8	58.713,1	14.498,2	7.331,0	1.837,2	275.825,0
7.685,2	72.214,5	58.821,2	14.524,9	7.344,5	1.840,6	276.332,9

Tabela 80 – Economia de água gerada utilizando sistemas de reúso de águas cinzas: UBS

	<b>Brasília</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Gama</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Taguatinga</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Brazlândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Sobradinho</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Planaltina</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Paranoá</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>N. Bandeirante</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Ceilândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema de reúso de águas cinzas - Lav. de pisos	938,7	960,8	1.593,4	339,0	1.079,4	326,1	60,1	23,0	1.528,7
Sistema de reúso de águas cinzas - Desc. san	1.384,4	1.416,9	2.349,8	500,0	1.591,9	481,0	88,7	33,9	2.254,5
Sistema de reúso de águas cinzas - Lav. pisos & Desc. san	1.384,4	1.416,9	2.349,8	500,0	1.591,9	481,0	88,7	33,9	2.254,5

<b>Guará</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Cruzeiro</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Samambaia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Santa Maria</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>São Sebastião</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Recanto das Emas</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Lago Sul</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Riacho Fundo I</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Lago Norte</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Candangolândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Águas Claras</b> (m <sup>3</sup> /ano)
403,7	145,8	817,8	348,8	910,3	676,0	41,5	97,1	72,9	168,1	7,05
595,3	215,0	1.206,0	514,4	1.342,5	996,9	61,2	143,1	107,5	247,9	10,40
595,3	215,0	1.206,0	514,4	1.342,5	996,9	61,2	143,1	107,5	247,9	10,40

<b>Riacho Fundo II</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Sudoeste/Octogonal</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Varjão</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Park Way</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Estrutural</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Sobradinho II</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Itapoã</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>SIA</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Vicente Pires</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Fercal</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Total</b> (m <sup>3</sup> /ano)
270,2	72,9	80,5	72,9	339,3	101,3	144,8	72,9	72,9	145,8	11.911,7
398,5	107,5	118,7	107,5	500,4	149,4	213,6	107,5	107,5	215,0	17.566,4
398,5	107,5	118,7	107,5	500,4	149,4	213,6	107,5	107,5	215,0	17.566,4

Tabela 81 – Economia de água gerada utilizando sistemas de reúso de águas cinzas: UPA

	<b>Sobradinho</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Núcleo Bandeirante</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Ceilândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Samambaia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>São Sebastião</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Recanto das Emas</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Total</b> (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema de reúso de águas cinzas - Lav. de pisos	91,6	60,72	43,82	265,6	51,98	61,67	575,4
Sistema de reúso de águas cinzas - Desc. san (BS e Exp.)	798,3	529,2	381,9	2.314,8	453,0	537,5	5.014,7
Sistema de reúso de águas cinzas - Lav. pisos & Desc. san	798,3	529,2	381,9	2.314,8	453,0	537,5	5.014,7

Tabela 82 – Economia de água gerada utilizando sistemas de reúso de águas cinzas: hospitais

	<b>Brasília</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Gama</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Taguatinga</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Brazlândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Sobradinho</b> (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema de reúso de águas cinzas - Lav. de pisos	2.164,1	1.978,40	2.009,56	424,6	37,19
Sistema de reúso de águas cinzas - Desc. san (BS, Mic. e Exp.)	10.590,4	9.681,89	9.834,36	2.077,9	181,99
Sistema de reúso de águas cinzas - Lav. pisos & Desc. san	10.590,4	9.681,89	9.834,36	2.077,9	181,99

<b>Planaltina</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Paranoá</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Ceilândia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Guará</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Samambaia</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Santa Maria</b> (m <sup>3</sup> /ano)	<b>Total</b> (m <sup>3</sup> /ano)
446,25	882,16	785,98	191,07	457,26	1.308,42	10.684,9
2.183,84	4.317,10	3.846,40	935,08	2.237,74	6.403,13	52.289,9
2.183,84	4.317,10	3.846,40	935,08	2.237,74	6.403,13	52.289,9