



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**RODRIGO NOVAIS ISTCHUK**

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS VARIÁVEIS DE PROJETO SOBRE O  
DESEMPENHO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM  
NOVAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES**

**FLORIANÓPOLIS**

**2021**

RODRIGO NOVAIS ISTCHUK

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS VARIÁVEIS DE PROJETO SOBRE O  
DESEMPENHO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM  
NOVAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Enedir Ghisi, PhD.

FLORIANÓPOLIS

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Istchuk, Rodrigo Novais

Análise de sensibilidade das variáveis de projeto sobre o desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial em novas edificações residenciais unifamiliares / Rodrigo Novais Istchuk ; orientador, Enedir Ghisi, 2021.  
263 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Sistemas de aproveitamento de água pluvial. 3. Viabilidade econômica. 4. Análise de sensibilidade. 5. Análise de correlação. I. Ghisi, Enedir. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Rodrigo Novais Istchuk

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS VARIÁVEIS DE PROJETO SOBRE O  
DESEMPENHO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM  
NOVAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES**

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

Prof. Arthur Santos Silva, Dr.

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Prof<sup>a</sup> Cristina Maria Monteiro dos Santos, Ph.D.

Universidade do Porto

Prof. Daniel Richard Sant'Ana, Ph.D.

Universidade de Brasília

Prof. Deivis Luis Marinoski, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil.

---

Prof. Philippe Jean Paul Gleize, Dr.  
Coordenador do PPGEC

---

Prof. Eneide Ghisi, Ph.D.  
Orientador

Florianópolis, 2021.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, Zacarias, Joelma e André, pela confiança, incentivo e apoio incondicionais ao longo da caminhada.

Ao professor e orientador Enedir Ghisi, por se mostrar disponível e interessado nesta pesquisa, abrilhantando-a com suas ideias, comentários e sugestões.

Aos professores Arthur Santos Silva, Cristina Maria Monteiro dos Santos, Daniel Richard Sant'Ana e Deivis Luis Marinoski, por aceitarem avaliar este trabalho.

Aos docentes e colaboradores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), pelas trocas de conhecimento e apoio fundamentais para a realização desta pesquisa.

Aos amigos do LabEEE, sempre muito solícitos e simpáticos, por todo o apoio nas questões técnicas, burocráticas, acadêmicas e cotidianas ao longo de nossa breve convivência no laboratório.

Às pessoas queridas, junto às quais compartilho um pouco de mim e recebo outro tanto. Amizades antigas e novas, passageiras ou duradouras, desta e de outras vidas. Aos encontros e desencontros que, direta ou indiretamente, contribuíram ou não para a realização desta pesquisa, sou e serei sempre grato.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência do regime de precipitação e das variáveis de projeto sobre o desempenho de sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial no Brasil. Simulações computacionais foram realizadas com séries de precipitação das 27 capitais brasileiras e variáveis de projeto compatíveis com a realidade nacional. Oito capitais representativas foram selecionadas por meio de análise de *cluster* para análise econômica e análise de sensibilidade. A análise econômica avaliou sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial considerando os custos praticados em cada localidade. O índice de sazonalidade foi o indicador pluviométrico que apresentou maior correlação com o potencial de economia de água potável e com a confiabilidade volumétrica dos reservatórios. Precipitação média anual e indicadores relacionados aos períodos sem precipitação (duração média e número médio de dias secos por ano) apresentaram correlação significativa com os volumes de reservatório obtidos nas simulações. A confiabilidade volumétrica dos reservatórios foi o indicador de desempenho que apresentou maior correlação média com os indicadores pluviométricos avaliados nesta pesquisa. A análise de sensibilidade indicou que a demanda de água pluvial é a variável que mais exerceu influência sobre o potencial de economia de água potável. O volume ideal do reservatório sofreu influências de variáveis distintas a depender da localidade analisada. O número de habitantes é a variável mais influente sobre a viabilidade econômica dos sistemas, assim como observado por outros autores. O índice de sazonalidade foi o indicador pluviométrico que apresentou maior correlação com o valor presente líquido dos sistemas simulados nesta pesquisa. Foram obtidos índices de viabilidade entre 30% e 70% dos cenários simulados nas oito capitais representativas. Sistemas com distribuição direta de água pluvial obtiveram índices de viabilidade superiores em quatro das oito capitais. Custos de investimento inicial e operação dos sistemas simulados apresentaram coeficiente de variação, respectivamente, de 24% e 40%. Os resultados deste trabalho indicam que sistemas de aproveitamento de água pluvial mais eficientes e economicamente viáveis são estabelecidos a partir de maiores demandas de água pluvial, menores índices de sazonalidade e menores incidência e duração de períodos sem precipitação. Também é fundamental que os esquemas de tarifação de água produzam benefício econômico significativo a partir da economia de água potável.

Palavras-chave: Água pluvial. Análise de sensibilidade. Simulação. Série de precipitação. Viabilidade econômica. Índice de sazonalidade.

## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the influence of rainfall characteristics and design variables over the performance of residential rainwater harvesting systems in Brazil. Computer simulations were performed using the rainfall patterns of 27 Brazilian capitals and considered design variables compatible with the country's reality. Eight representative capitals were selected through cluster analysis for economic and sensitivity analysis. The economic feasibility analysis evaluated systems with indirect and direct rainwater distribution schemes and considered the costs practiced for each location. The seasonality index was the rainfall indicator that presented the most significant correlation with the potential for potable water savings and with the effective rainwater demand. Average yearly rainfall and indicators related to dry periods (average duration and average number of dry days per year) presented a significant correlation with tank capacities obtained in the simulations. The volumetric reliability of rainwater tanks was the performance indicator that showed the most considerable average correlation with all rainfall indicators evaluated in this research. Sensitivity analysis indicated the rainwater demand as the variable that most influenced the potential for potable water savings. Ideal tank capacities were influenced by distinct design variables depending on the city. The number of dwellers was the most influential design variable over the systems' economic feasibility, as also observed by other authors. The seasonality index was the rainfall indicator which presented the best correlation with the rainwater harvesting systems' net present values. Feasibility indexes between 30% and 70% of all scenarios simulated were obtained depending of each representative capital's characteristics. Systems with direct rainwater distribution rendered higher feasibility indexes in four out of eight cities. Initial investment and operational costs presented coefficients of variation of 24% and 40% among all simulated scenarios, respectively. This research's results indicate that more efficient and economically feasible rainwater harvesting systems can be established with greater rainwater demands, lower seasonality indexes, and lower incidence and duration of dry periods. It is also important that the potable water tariff schemes produce significant economic benefit as a consequence of potable water savings.

Keywords: Rainwater. Sensitivity analysis. Simulation. Rainfall series. Economic feasibility. Seasonality index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta. Setas indicam os fluxos de água.....	24
Figura 2 - Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta. Setas indicam os fluxos de água.....	25
Figura 3 - Potencial de economia de água potável em edificações residenciais. ....	29
Figura 4 - Cidades brasileiras com legislação própria relacionada ao aproveitamento de água pluvial. ....	36
Figura 5 - Tempos de retorno de investimento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais. ....	39
Figura 6 - Esquema síntese do método desenvolvido nesta pesquisa. ....	49
Figura 7 - Renda domiciliar per capita mensal por consumo urbano médio per capita de água das capitais brasileiras em 2010. ....	54
Figura 8 - Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para as capitais brasileiras. ....	73
Figura 9 - Correlação entre indicadores pluviométricos e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.....	74
Figura 10 - Correlação entre o índice de sazonalidade e o potencial de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.....	75
Figura 11 - Volumes ideais de reservatório de água pluvial obtidos para as capitais brasileiras. ....	76
Figura 12 - Correlação entre a precipitação média anual e o volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras. ....	76
Figura 13 - Correlação entre a duração média dos períodos sem precipitação e o volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.....	77
Figura 14 - Correlação entre o número médio de dias secos por ano e o volume ideal médio e mediano do reservatório para das capitais brasileiras. ....	77
Figura 15 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o volume ideal médio e mediano de reservatório das capitais brasileiras. ....	78
Figura 16 - Confiabilidade volumétrica dos reservatórios para cada capital brasileira.....	79
Figura 17 - Correlação entre indicadores pluviométricos e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras. ....	80
Figura 18 - Correlação entre o índice de sazonalidade e a confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras. ....	81



Figura 19 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável das cidades avaliadas nesta pesquisa. ....	82
Figura 20 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para Belém-PA.....	83
Figura 21 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para Brasília-DF e Belo Horizonte-MG. ....	83
Figura 22 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para São Paulo-SP, Salvador-BA e Campo Grande-MS. ....	84
Figura 23 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para Florianópolis-SC e Recife-PE.....	85
Figura 24 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório nas cidades avaliadas nesta pesquisa. ....	86
Figura 25 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório inferior para Florianópolis-SC e Belém-PA. ....	87
Figura 26 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório inferior para Campo Grande-MS e Belo Horizonte-MG.....	88
Figura 27 - Influência das variáveis de projeto sobre o volume médio de reservatório inferior para Brasília-DF. ....	88
Figura 28 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório inferior para Salvador-BA e Recife-PE. ....	89
Figura 29 - Influência das variáveis de projeto sobre o volume médio de reservatório inferior para São Paulo-SP. ....	90
Figura 30 - Influência das variáveis de projeto sobre confiabilidades volumétricas médias dos reservatórios nas cidades avaliadas nesta pesquisa. ....	91
Figura 31 - Influência das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios para Florianópolis-SC e Belém-PA. ....	92
Figura 32 - Influência das variáveis de projeto sobre a sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios para Brasília-DF e Belo Horizonte-MG. ....	93
Figura 33 - Influência das variáveis de projeto so sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios para São Paulo-SP, Salvador-BA, Recife-PE e Campo Grande-MS. ....	94
Figura 34 - Viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta simulados nesta pesquisa. ....	95
Figura 35 - Progressão de tarifas de água praticadas nas cidades avaliadas nesta pesquisa. ...	96
Figura 36 - Viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta simulados nesta pesquisa. ....	97

Figura 37 - Custo inicial médio, dentre os cenários simulados, para sistemas de aproveitamento de água pluvial para as oito capitais representativas. ....	98
Figura 41- Custo de operação médio mensal, dentre os cenários simulados, para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta. ....	102
Figura 39 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Belém-PA. ....	103
Figura 40 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Brasília-DF. ....	103
Figura 41 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o valor presente líquido médio e mediano obtido na análise econômica das capitais brasileiras. ....	105
Figura 42 - Correlação entre o índice de sazonalidade e o valor presente líquido médio e mediano dos sistemas de aproveitamento de água pluvial simulados nesta pesquisa. ....	106
Figura 43 - Tempo de retorno do investimento obtido nos cenários viáveis de sistemas com distribuição indireta de água pluvial nas capitais brasileiras. ....	107
Figura 44 - Valores presentes líquidos de sistemas com distribuição indireta de água pluvial nas capitais brasileiras. ....	107
Figura 45 - Taxa interna de retorno de sistemas com distribuição indireta de água pluvial nas capitais brasileiras. ....	108
Figura 46 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Belém-PA. ....	109
Figura 47 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Belo Horizonte-MG. ....	110
Figura 48 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Brasília-DF. ....	111
Figura 49 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Campo Grande-MS. ....	111
Figura 50 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Florianópolis-SC. ....	112
Figura 51 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Recife-PE. ....	113
Figura 52 - Relação entre <i>payback</i> descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Salvador-BA. ....	113
Figura 53 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para São Paulo-SP. ....	114
Figura 54 - Influência das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido obtido na análise econômica das cidades avaliadas nesta pesquisa. ....	115

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Convenções de projeto definidas para definição dos custos de instalação. ....	62
Quadro 2 - Concessionárias de água e esgoto consultadas para a realização desta pesquisa...65	
Quadro 3 - Agrupamento considerado e cidades selecionadas para o estudo. ....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação média, demanda de água potável e potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial por região geográfica brasileira. ....	27
Tabela 2 - Dados de entrada para simulação computacional para as capitais brasileiras. ....	57
Tabela 3 - Precipitação e localização geográfica das 27 capitais brasileiras. ....	60
Tabela 4 - Dados de entrada para análise econômica para as capitais brasileiras. ....	61
Tabela 5 - Tarifas de energia elétrica consideradas nesta pesquisa. ....	64
Tabela 6 - Comparativo de indicadores de regime pluviométrico entre as capitais brasileiras. ....	70
Tabela 7 - Indicadores médios de cada agrupamento pluviométrico. ....	72
Tabela 8 - Correlação entre indicadores pluviométricos e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras. ....	74
Tabela 9 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o volume ideal médio e mediano de reservatório das capitais brasileiras. ....	78
Tabela 10 - Correlação entre indicadores pluviométricos e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras. ....	80
Tabela 11 - Custos médios de investimento inicial para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta dentre as oito capitais representativas. ....	99
Tabela 12 - Custos médios de investimento inicial para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta entre as oito capitais representativas. ....	99
Tabela 13 - Distribuição dos custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta e área de captação de 200m <sup>2</sup> . ....	101
Tabela 14 - Distribuição dos custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta e área de captação de 200m <sup>2</sup> . ....	102
Tabela 15 - Custos de operação obtidos para cada capital representativa. ....	104
Tabela 16 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o valor presente líquido médio e mediano obtido na análise econômica das capitais brasileiras. ....	105

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	15
1.1. Considerações iniciais .....	15
1.2. Objetivos .....	17
1.2.1. Objetivo geral.....	17
1.2.2. Objetivos específicos .....	17
1.3. Estrutura do trabalho .....	17
2. Revisão de literatura .....	19
2.1. Água e urbanização .....	19
2.2. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: caracterização.....	22
2.3. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: economia de água potável.....	26
2.4. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: aspectos e benefícios complementares	31
2.5. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: viabilidade econômica .....	38
2.6. Aplicações de análise de sensibilidade.....	43
2.7. Síntese da revisão de literatura.....	48
3. Método.....	49
3.1. Dados de precipitação .....	50
3.2. Simulação computacional.....	51
3.2.1. Programa Netuno.....	51
3.2.2. Área de captação .....	53
3.2.3. Demanda total de água .....	53
3.2.4. Número de habitantes.....	54
3.2.5. Demanda de água pluvial .....	54
3.2.6. Coeficiente de escoamento superficial.....	55
3.2.7. Descarte de água de escoamento inicial ( <i>first-flush</i> ).....	55
3.2.8. Dimensionamento dos reservatórios .....	55
3.2.8.1. Reservatório superior.....	56
3.2.8.2. Reservatório inferior.....	56

3.2.9. Variáveis de projeto (dados de entrada) .....	57
3.2.10. Indicadores de desempenho da simulação computacional .....	58
3.3. Análise econômica .....	59
3.3.1. Seleção dos locais de estudo .....	59
3.3.2. Configurações de projeto .....	61
3.3.3. Variáveis de projeto .....	61
3.3.4. Convenções de projeto adotadas .....	62
3.3.5. Custos de operação .....	63
3.3.6. Economia de água .....	64
3.3.7. Indicadores de desempenho da análise econômica .....	66
3.4. Análise de sensibilidade .....	68
3.5. Relação entre regime pluviométrico e desempenho .....	69
4. Resultados .....	70
4.1. Localidades selecionadas .....	70
4.2. Simulação computacional .....	73
4.2.1. Indicadores de desempenho .....	73
4.2.1.1. Potencial de economia de água potável .....	73
4.2.1.2. Volume ideal do reservatório .....	75
4.2.1.3. Confiabilidade volumétrica dos reservatórios .....	79
4.2.2. Análise de sensibilidade .....	81
4.2.2.1. Potencial de economia de água potável .....	81
4.2.2.2. Volume ideal do reservatório .....	85
4.2.2.3. Confiabilidade volumétrica dos reservatórios .....	90
4.3. Análise econômica .....	95
4.3.1. Viabilidade econômica .....	95
4.3.2. Custo de investimento inicial .....	98
4.3.3. Custo de operação .....	102
4.3.4. Relação entre regime pluviométrico e desempenho econômico .....	104

4.3.5. Indicadores de desempenho.....	107
4.3.6. Análise de sensibilidade .....	114
5. Conclusões .....	117
5.1. Limitações do trabalho .....	120
5.2. Sugestões para trabalhos futuros .....	121
Referências .....	122
APÊNDICE A - Lista de composições consideradas na orçamentação .....	132
APÊNDICE B - Detalhamento de custos iniciais.....	155
APÊNDICE C - Custos de operação .....	171
APÊNDICE D - Correlações entre precipitação e desempenho.....	187
APÊNDICE E - Resultados da análise de sensibilidade (valores-f).....	207
APÊNDICE F - Resultados da análise econômica .....	232

## 1. Introdução

### 1.1. Considerações iniciais

A captação de água pluvial vem sendo utilizada há milênios em diferentes regiões do mundo como maneira de atenuar problemas de disponibilidade hídrica (LAVEE; POESEN; YAIR, 1997; VETTER; RIEGER, 2019). Na atualidade, segundo Campisano et al. (2017), as práticas de aproveitamento de água pluvial estão distribuídas de maneira heterogênea pelo mundo. Entretanto, muitos destes sistemas não exploram a totalidade dos benefícios potenciais dessa tecnologia.

A relação entre o desenvolvimento econômico e a disponibilidade de recursos naturais vem transcorrendo de maneira antropocêntrica e imprudente a respeito da seriedade de suas consequências (FALKENMARK, 1986). O atual prospecto de mudanças climáticas poderá impactar a disponibilidade de recursos hídricos em escala mundial até o final do século 21, gerando sérias consequências sociais e ecológicas (MURRAY; FOSTER; PRENTICE, 2012).

Em escala global, mais de dois bilhões de pessoas vivem em condições de alto estresse hídrico e 22 países passam por situação de grave escassez hídrica (ONU, 2018). Na América Latina, milhões de pessoas ainda não dispõem de acesso a fontes apropriadas de água potável, sobretudo nas áreas rurais e periferias dos centros urbanos. Considerando a realidade dessas localidades, a adequação do abastecimento é um problema de difícil resolução (WWAP, 2019).

Segundo Distefano e Kelly (2017), o Brasil possui a maior quantidade absoluta de recursos hídricos do planeta. No entanto, essa classificação não significa plena segurança hídrica. Ghisi (2006) avaliou a perspectiva de disponibilidade hídrica no Brasil para as próximas décadas. Segundo o autor, as regiões sudeste e nordeste terão disponibilidade hídrica inferior a 1.000 m<sup>3</sup> *per capita* por ano a partir do ano 2100. Este cenário indica que estas regiões poderão enfrentar sérios problemas de disponibilidade hídrica nas próximas décadas caso não sejam adotadas medidas de conservação de água. Se considerada a implementação de aproveitamento de água pluvial no setor residencial, a disponibilidade hídrica nestas regiões permaneceria acima de 3.000 m<sup>3</sup> *per capita* por ano no período analisado.

O aproveitamento de água pluvial consiste na coleta e armazenamento de água pluvial de telhados, terraços, coberturas e outras superfícies para uso *in loco*. Em geral, a água pluvial captada é destinada para usos não potáveis como descargas sanitárias, lavagem de roupas,



irrigação de jardins, limpeza de pisos e lavagem de veículos (ABNT, 2019). No Brasil, estes usos representam cerca de 50% do uso residencial de água (TESTON et al., 2018). Se adotados em larga escala, os sistemas de aproveitamento de água pluvial podem ser considerados tecnologia promissora para o uso mais racional dos recursos hídricos (CÁCERES; RAMOS; SANT'ANA, 2019).

Apesar da expressiva quantidade de pesquisas relacionadas ao aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em residências, ainda é necessário produzir mais conhecimento sobre a viabilidade econômica deste tipo de solução, sobretudo no contexto brasileiro. Ghisi e Schondermark (2013) e Berwanger e Ghisi (2014) classificaram os sistemas como viáveis ou inviáveis dependendo de algumas condições como custos de instalação e demanda de água pluvial, por exemplo. Segundo Cáceres, Ramos e Sant'Ana (2019), os sistemas de aproveitamento de água pluvial ainda apresentam alto valor de mercado, sendo acessíveis somente para as maiores rendas. Ademais, cabe destacar que dentre os estudos sobre o tema, há grande variabilidade de considerações orçamentárias e de projeto utilizadas (TESTON et al., 2018), o que dificulta a comparação direta de seus resultados.

Nesse contexto, é importante aprofundar o entendimento sobre as variáveis que influenciam o desempenho e viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Em sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial, as variáveis de projeto geralmente consideradas são a área de captação, o número de ocupantes, as demandas de água potável e pluvial, entre outros. Para avaliar a influência destas variáveis sobre as saídas do modelo (indicadores de desempenho), métodos de análise de sensibilidade são ferramentas úteis e amplamente utilizadas (HEISELBERG, 2009; MUN; HAN, 2012; SILVA; GHISI, 2016). A partir disso, projetistas, clientes e tomadores de decisão poderão pautar suas escolhas baseando-se em informações técnicas.

Segundo Saltelli et al. (2004), a análise de sensibilidade trata do estudo de como as incertezas nos resultados de algum modelo podem ser distribuídas para diferentes fontes de incertezas nas variáveis de entrada deste modelo. Essa técnica permite quantificar, de maneira objetiva, como cada variável de projeto interage com os resultados de um determinado modelo.

Este trabalho busca contribuir com a ampliação do conhecimento sobre as variáveis mais relevantes no desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Foram investigados diferentes variáveis de projeto e seus impactos sobre indicadores de desempenho e viabilidade econômica desse tipo de sistema em novas residências unifamiliares. A pesquisa foi direcionada para o contexto nacional, por meio da análise de um conjunto representativo de cidades brasileiras.

## 1.2. Objetivos

Nesta seção, são apresentados os objetivos da pesquisa, divididos entre objetivo geral e objetivos específicos.

### 1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a influência do regime de precipitação e das variáveis de projeto sobre o desempenho de sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial em novas edificações residenciais unifamiliares no contexto brasileiro.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Para efetivação do objetivo geral desta pesquisa, os seguintes objetivos específicos são definidos:

- Analisar as correlações e a sensibilidade das variáveis de projeto sobre potenciais de economia de água potável, volume de reservatórios e demais resultados de simulação computacional de sistemas de aproveitamento de água pluvial no contexto brasileiro;
- Analisar as correlações e a sensibilidade das variáveis de projeto sobre a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial no contexto brasileiro;
- Identificar o nível de correlação entre diferentes regimes pluviométricos e indicadores de desempenho e viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

## 1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho foi organizado em cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a introdução dos temas a ser explorados na pesquisa, assim como os objetivos desta pesquisa.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica do trabalho, dividida em diferentes subseções. Primeiramente, é explorada a relação entre urbanização e escassez hídrica, seus impactos e potenciais soluções. Na sequência, os sistemas de aproveitamento de água pluvial são caracterizados. Em seguida, aspectos e benefícios complementares desses sistemas são demonstrados. O potencial de economia de água potável por meio da utilização

de sistemas de aproveitamento de água pluvial é explorado em diferentes contextos, seguido por um panorama de sua viabilidade econômica. Por fim, são apresentados exemplos de pesquisas que utilizaram análise de sensibilidade como ferramenta de avaliação da influência de variáveis de projeto sobre determinado indicador de desempenho no âmbito da engenharia civil.

No terceiro capítulo é apresentado o método deste trabalho. A origem dos dados e as ferramentas utilizadas na simulação computacional e análise econômica são apresentadas. Em seguida, são definidos os indicadores que representam o desempenho e a viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos, divididos entre simulação computacional e análise econômica. Por fim, o quinto capítulo finaliza a dissertação com as principais conclusões extraídas desta pesquisa, incluindo limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Água e urbanização

A possibilidade de escassez hídrica é uma das questões ambientais mais importantes da atualidade. O sistema hidrológico global vem passando por alterações de larga escala, sem precedentes e ainda pouco compreendidas, as quais contribuem com a instabilidade de ecossistemas naturais e da própria sociedade (ALCAMO et al., 2008). Estima-se que quase 80% da população mundial esteja com sua futura segurança hídrica fortemente ameaçada por múltiplos fatores, destacando-se as mudanças climáticas, a poluição das águas e o crescimento populacional (VÖRÖSMARTY et al., 2010).

Em 2018, verificou-se que mais da metade da população mundial vive em cidades. Em 2050, projeta-se que esta parcela poderá atingir até 70%. Todo o crescimento populacional entre 2018 e 2050 ocorrerá em áreas urbanas (ONU, 2019). No período entre 2000 e 2030, projeta-se que estas áreas venham a passar por aumento estimado em 1,2 milhão de km<sup>2</sup>, triplicando sua ocupação do território (SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012).

Por meio da combinação de modelos climático e populacional, Parish et al. (2012) avaliaram cenários futuros de disponibilidade hídrica em escala mundial. Segundo os autores, a oferta de água tende a se agravar até o final do século 21, sobretudo em decorrência do crescimento populacional. No mais crítico dos cenários, foi prevista situação de estresse hídrico a uma população equivalente à população mundial atual até o ano 2100. Em termos quantitativos, Falkenmark (1986) define esta condição como disponibilidade hídrica inferior a 1700 m<sup>3</sup> por pessoa por ano. Segundo a mesma autora, situações de “estresse hídrico severo” ocorrem quando a oferta de água está abaixo de 1.000 m<sup>3</sup> por pessoa por ano.

A escassez hídrica está relacionada com o processo de urbanização, sobretudo nas grandes cidades. As abordagens tradicionais de gestão da água priorizam o suprimento do consumo (gestão da oferta) buscando este recurso em locais cada vez mais distantes. Considerando a perspectiva de escassez hídrica, é importante considerar novas abordagens (gestão da demanda) que priorizem conservação, consumo eficiente e uso de fontes alternativas de água nas edificações (GLEICK, 2003; CÁCERES; RAMOS; SANT’ANA, 2019).

Na América Latina, o acesso à água potável ainda é um problema cotidiano para milhões de pessoas (WWAP, 2019). Desbureaux e Rodella (2019) avaliaram o impacto de

eventos de seca prolongada no mercado de trabalho de 78 grandes centros urbanos latino-americanos. Segundo os autores, a economia das grandes cidades é sensível às estiagens, que impactam negativamente a taxa de emprego (~1%), o número de horas trabalhadas (~4,5%) e os rendimentos (~6,5%). Os resultados apontam que os impactos dos eventos de seca são mais significativos que os dos eventos de inundação. Nesse sentido, são sugeridas abordagens de infraestrutura que absorvam a variabilidade na oferta de água além de atender a demanda hídrica.

Segundo alguns autores, em termos absolutos, o Brasil pode ser considerado o país com maior quantidade de recursos hídricos no planeta, dispondo de aproximadamente 8.435 km<sup>3</sup> deste recurso anualmente (VALLEE et al., 2003; DISTEFANO; KELLY, 2017). Segundo Tucci, Hespanhol e Netto (2001), os recursos hídricos superficiais brasileiros correspondem a 50% do total sul-americano e 11% dos recursos mundiais. No entanto, a variabilidade climática brasileira afeta significativamente a oferta de água entre seus habitantes. Ghisi (2006) aponta que, a partir de 2050, as regiões nordeste e sudeste do Brasil poderão ter disponibilidade hídrica inferior a 2.000 m<sup>3</sup> *per capita* ao ano, classificada como muito baixa pela UNEP (2002).

Atualmente, muitas cidades brasileiras manifestam sérios problemas de disponibilidade hídrica. A região metropolitana de São Paulo, por exemplo, possui uma das situações mais críticas do Brasil quanto ao fornecimento de água suficiente e de qualidade para a população (LIMA; LOMBARDO; MAGAÑA, 2018). Os autores apontam necessidade imediata de melhorias no sistema de abastecimento de água da cidade, por meio da ampliação de reservatórios e gestão eficiente dos recursos hídricos. Além disso, são destacadas soluções de aproveitamento do escoamento superficial urbano e aproveitamento de água pluvial pelas edificações.

Outra questão preocupante relacionada ao acesso à água nos centros urbanos são os vazamentos encontrados nas tubulações de distribuição. Em escala mundial, esses vazamentos corresponderam a 31% de perdas no ano de 2010 (DANILENKO et al., 2014). No Brasil, as perdas médias de água no abastecimento correspondem a 38,5% (SNIS, 2019). Estas perdas causam também desperdício de energia aplicada no tratamento e distribuição deste recurso (MARLOW et al., 2013). A descentralização do suprimento hídrico a partir de tecnologias de aproveitamento de água pluvial contribui com a diminuição desse tipo de desperdício.

Conforme apontado por Zhang et al. (2019), nas duas primeiras décadas do século 21, 79 grandes cidades globais sofreram com episódios de escassez hídrica severa. Os autores apontam que as mudanças climáticas vêm amplificando as estiagens urbanas tanto em frequência quanto em intensidade. A partir deste cenário, é necessário repensar a

infraestrutura centralizada de abastecimento de água nas cidades, tornando-a mais sustentável e resiliente. Algumas das soluções propostas pelos autores envolvem a pesquisa científica, a melhoria na eficiência da gestão hídrica e o incentivo a práticas integradas e confiáveis de abastecimento de água.

Li et al. (2020) analisaram a dinâmica espaço-temporal da escassez hídrica na megalópole Pequim-Tianjin-Hebei, na China. Segundo os autores, tanto os estágios de urbanização quanto a sua tipologia têm relação direta sobre a escassez hídrica. Estes resultados ressaltam a importância de uma gestão dos recursos hídricos que equilibre as demandas agrícolas e urbanas. Assim como é importante desenvolver a estrutura das cidades para o uso mais racional da água.

A árida cidade de Tucson, no Arizona (EUA), é considerada pioneira na adoção de boas práticas de gestão da água e no aproveitamento urbano de água pluvial. Conforme apontado por Elder e Gerlak (2019), a infraestrutura hídrica da cidade é historicamente incompatível com o regime pluviométrico da região. Isso a torna sensível a inundações na época de chuvas e escassez hídrica da época mais seca. Em face deste problema, os autores descrevem a iniciativa da população, que atuou de maneira autônoma aos governos para a resolução destes problemas. Estas práticas resultaram na adoção formal de políticas de gestão da água. Destacam-se entre elas, os subsídios agora oferecidos pelo município para implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial (ELDER; GERLAK, 2019).

Musayev, Burgess e Mellor (2018) avaliaram a capacidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial para melhorar a segurança hídrica em diferentes regiões a partir de cenários de mudanças climáticas. Segundo os autores, as mudanças climáticas exercem pouca influência sobre a eficiência dos sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial, posicionando-os como tecnologia importante no enfrentamento da escassez hídrica. A importância desta tecnologia para enfrentar escassez hídrica também foi constatada a partir de outros métodos por Ghisi (2006).

A urbanização afeta o ciclo hidrológico natural, aumentando o risco de inundações. A expansão da malha urbana altera a cobertura do solo por meio da supressão da cobertura vegetal e impermeabilização de grandes áreas (PAULE-MERCADO et al., 2018). O processo de urbanização pode gerar um acréscimo de vazão de até sete vezes a vazão de pico do escoamento da bacia em condições naturais (LEOPOLD, 1968). Incidentes relacionados a eventos extremos de precipitação, como enchentes e inundações, são cada vez mais comuns nas cidades brasileiras, causando grandes prejuízos e afetando principalmente as populações mais vulneráveis socialmente (ZANELLA, 2006; HADDAD; TEIXEIRA, 2015).

Os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (*Sustainable Drainage Systems*, ou *SuDS*) são eficazes para a mitigação das cheias urbanas. Segundo Campisano et al. (2017), os sistemas de aproveitamento de água pluvial podem ser considerados integrantes desta ampla classificação. Estes sistemas, se aplicados extensivamente, podem reduzir os impactos da urbanização sobre os sistemas de drenagem, além de mitigar os riscos de inundação, sobretudo em pequenos ou médios eventos de precipitação (BRODIE, 2008; JAMALI; BACH; DELETIC, 2020).

Diante dos impactos da urbanização, é necessário controlar melhor o ciclo hidrológico no meio urbano. Para que isso aconteça, o atual modelo de água e saneamento deve passar por mudanças estruturais (MARLOW et al., 2013). Conforme foi exposto nesta seção, muitos estudos apontam os benefícios de tecnologias descentralizadas de abastecimento de água, como os sistemas de aproveitamento de água pluvial.

## 2.2. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: caracterização

No Brasil, a captação de água pluvial em edificações é normatizada por meio da norma ABNT NBR 15527 - “Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos”. O documento especifica os requisitos para o aproveitamento de água pluvial de coberturas, destinada a usos não potáveis após tratamento. Estes usos podem compreender descargas sanitárias, irrigação de jardins, limpeza de pisos e veículos e usos ornamentais (ABNT, 2019). A concepção dos sistemas de aproveitamento de água pluvial deve abranger estudos de caracterização do local e do regime pluviométrico, cálculo do volume dos reservatórios para atendimento à demanda, além da estimativa de um percentual de atendimento desta demanda (ABNT, 2019).

Nos sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial, tipicamente a água pluvial é captada pela cobertura da edificação para uso no local (CAMPISANO et al., 2017). No entanto, outros tipos de superfícies como os pavimentos, permeáveis ou não, também podem ser utilizadas para esta finalidade (HAMMES; THIVES; GHISI, 2018). O material aplicado, bem como a área efetiva da superfície de captação, exercem grande influência sobre a qualidade e a quantidade da água pluvial captada. A norma brasileira determina que estas áreas devam receber atenção adequada quanto à presença de possíveis fontes de contaminação (ABNT, 2019). Assim, é preferível que se opte por materiais inertes, de superfície lisa e fácil higienização, evitando sobre estes o uso de tintas ou revestimentos passíveis de descamação (LI; BOYLE; REYNOLDS, 2010).

A qualidade da água pluvial captada pelas coberturas pode ser afetada tanto pelo tipo de telhado utilizado, quanto pela própria qualidade da água pluvial *in natura* (GIKAS; TSIHRINTZIS, 2012). Em áreas urbanas, a poluição da água pluvial geralmente se origina a partir de poluentes atmosféricos decorrentes de atividades industriais ou queima de combustíveis fósseis (HOINASKI et al., 2014). Nas áreas rurais, este tipo de poluição pode estar relacionado ao uso de agrotóxicos (ROUVALIS et al., 2009). O acúmulo de poeira e depósitos fecais provenientes de pássaros e roedores sobre as coberturas também pode afetar a qualidade da água pluvial captada (AHMED et al., 2008).

Quando utilizadas coberturas para a captação de água pluvial, o volume captado durante os eventos de precipitação é conduzido por gravidade por meio de calhas e tubos verticais até o local de reservação (CAMPISANO et al., 2017). A ABNT (2019) recomenda que estes componentes sejam dimensionados para um tempo de retorno de 25 anos. Semestralmente devem passar por inspeção, sendo limpos quando necessário. Antes da reservação, a água pluvial deve passar por pré-tratamento por meio de dispositivos duráveis e de fácil manutenção. Filtros, grades ou telas poderão ser utilizados para remoção de sólidos indesejáveis (ABNT, 2019).

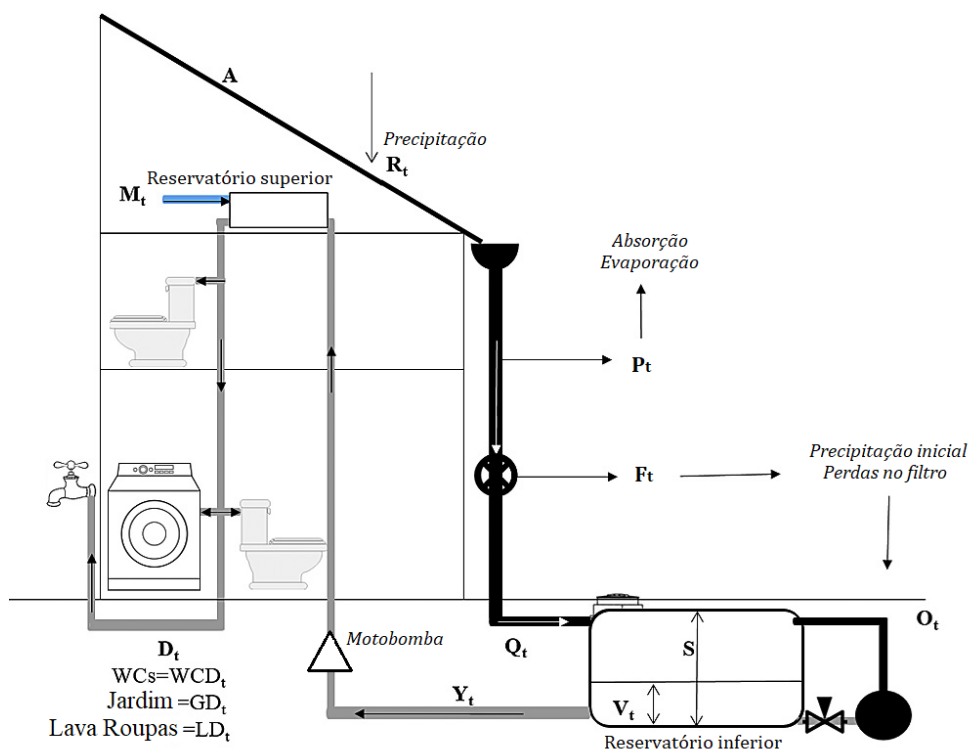
Para diminuição dos sólidos suspensos e dissolvidos na água pluvial recomenda-se a instalação de dispositivos de descarte de água do escoamento inicial (ABNT, 2019). Segundo Gikas e Tsihrintzis (2012), a água do escoamento inicial (*first-flush*) pode conter poluentes em concentrações significativas e potencialmente prejudiciais aos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Portanto, a instalação de um dispositivo que descarte a água do escoamento inicial nesses sistemas é fundamental. Este equipamento deverá ser dimensionado pelo projetista e funcionar automaticamente, de preferência. Na falta de dados suficientes para seu dimensionamento, é recomendado o descarte de 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2019).

A ABNT (2019) recomenda que os reservatórios sejam dimensionados a partir da área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável a ser atendida, sem indicar métodos de dimensionamento. Segundo a norma, o reservatório deve estar identificado e protegido contra entrada de luz solar, insetos e outros animais. Deve também contar com extravasor, dispositivos de esgotamento, inspeção e ventilação, além de sistema alimentador que minimize o turbilhonamento e captação de água próxima à superfície. Segundo Li, Boyle e Reynolds (2010), os reservatórios são os componentes mais caros de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial, compreendendo entre 50% e 70% de seu custo total. Diante disso, o método de dimensionamento e as condições de instalação devem ser escolhidos criteriosamente.



A distribuição da água aos pontos de utilização pode ser feita direta ou indiretamente. Em sistemas com distribuição indireta, é necessário o recalque de água pluvial para um reservatório superior, por meio de motobombas (CAMPISANO et al., 2017). A partir do reservatório superior, a água pluvial é distribuída até os pontos de utilização por gravidade. A Figura 1 ilustra os componentes principais de um sistema de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em uma edificação residencial unifamiliar.

Figura 1 - Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta. Setas indicam os fluxos de água.



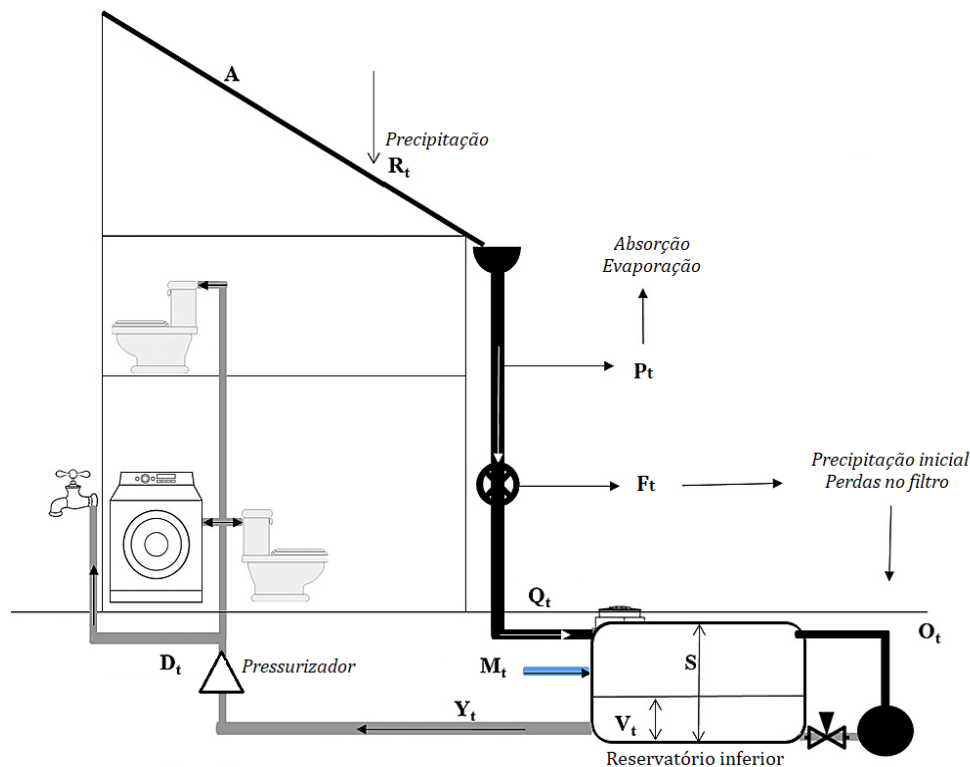
$A$  ( $m^2$ ) é a área impermeável de captação;  $R_t$  (mm) é a precipitação;  $P_t$  ( $m^3$ ) são as perdas de água na cobertura;  $F_t$  ( $m^3$ ) é o fluxo desviado;  $Q_t$  ( $m^3$ /dia) é a vazão para o reservatório;  $O_t$  ( $m^3$ ) é o volume extravasado do reservatório;  $V_t$  ( $m^3$ ) é o volume armazenado;  $S_t$  ( $m^3$ ) é a capacidade do reservatório;  $Y_t$  ( $m^3$ ) é o volume de água pluvial captado do reservatório;  $M_t$  ( $m^3$ ) é o volume de água da concessionária;  $D_t$  ( $m^3$ /dia) é a demanda de água; Subscrito  $_t$  se refere às variáveis relacionadas ao intervalo de tempo da simulação computacional (dia).

Fonte: Adaptado de Melville-Shreeve, Ward e Butler (2016).

Como alternativa, a distribuição da água pluvial pode ser feita diretamente a partir do reservatório inferior, por meio de pressurização até os pontos de consumo. Esta configuração é chamada de distribuição direta, e tende a ser mais viável economicamente se comparada à indireta, que usa dois reservatórios (SEVERIS et al., 2019). No entanto, conforme apontado por Vieira et al. (2014), a configuração direta consome mais energia do que os sistemas com

distribuição indireta. A Figura 2 ilustra os componentes principais de um sistema de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta.

Figura 2 - Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta. Setas indicam os fluxos de água.



$A$  ( $m^2$ ) é a área impermeável de captação;  $R_t$  (mm) é a precipitação;  $P_t$  ( $m^3$ ) são as perdas de água na cobertura;  $F_t$  ( $m^3$ ) é o fluxo desviado;  $Q_t$  ( $m^3/dia$ ) é a vazão para o reservatório;  $O_t$  ( $m^3$ ) é o volume extravasado do reservatório;  $V_t$  ( $m^3$ ) é o volume armazenado;  $S_t$  ( $m^3$ ) é a capacidade do reservatório;  $Y_t$  ( $m^3$ ) é o volume de água pluvial captado do reservatório;  $M_t$  ( $m^3$ ) é o volume de água da concessionária;  $D_t$  ( $m^3/dia$ ) é a demanda de água; Subscrito  $t$  se refere às variáveis relacionadas ao intervalo de tempo da simulação computacional (dia).

Fonte: Adaptado de Melville-Shreeve, Ward e Butler (2016).

Tanto os sistemas com distribuição direta quanto os com distribuição indireta deverão respeitar as recomendações da norma a respeito das instalações hidráulicas. Além de atenderem à NBR 5626 - “Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção” (ABNT, 2020), as instalações de água pluvial deverão ser separadas e claramente diferenciadas das tubulações de água potável (mesmo quando embutidas), com especial ênfase às válvulas e aos pontos de utilização (ABNT, 2020).

A norma brasileira abrange especificamente os usos não potáveis da água pluvial em edificações. No entanto, o documento abre espaço para outros tipos de usos, desde que estudados os parâmetros de qualidade específicos e tratamento necessários a cada caso pelo

profissional responsável pelo sistema (ABNT, 2019). Segundo as normas sanitárias australianas, que permitem o uso de água pluvial para fins potáveis, o consumo de água pluvial apresenta baixo risco à saúde, desde que os dispositivos de captação e armazenamento estejam em boas condições (SENEVIRATHNA; RAMZAN; MORGAN, 2019).

Como todo sistema, as instalações de aproveitamento de água pluvial estão sujeitas a falhas que podem comprometer a continuidade de seu funcionamento. Moglia et al. (2016) monitoraram 417 sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade de Melbourne, Austrália. Segundo os autores, alguns problemas são mais comuns, como a falha de bombas (5% dos sistemas) e seus conjuntos de automação (9% dos sistemas). Os autores apontam a falta de fiscalização, controle e manutenção como a principal causa dos defeitos. No Brasil, a ABNT (2019) estabelece frequências de inspeção e manutenção específicas para cada componente dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Na literatura, existem alternativas diferentes para dimensionar sistemas de aproveitamento de água pluvial. Dentre estas, destaca-se o programa computacional Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014a), desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE). Segundo os desenvolvedores, o programa executa cálculos de balanço hídrico em base diária, e indica um volume de reservatório ideal com base em intervalos predeterminados de volumes ( $m^3$ ) e um índice de diferenças nos potenciais de economia de água pluvial ( $\%/m^3$ ), obtendo-se, assim, o potencial de economia de água potável conforme o regime pluviométrico da região. Este programa pode ser considerado ferramenta adequada para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial de acordo com as exigências normativas atuais.

### 2.3. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: economia de água potável

Em geral, os sistemas de aproveitamento de água pluvial compartilham objetivo comum de reduzir a demanda de água potável proveniente das instalações centralizadas de distribuição. Nesta seção são apresentados alguns resultados obtidos por pesquisadores da área, que caracterizam o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial tanto no Brasil quanto em outras regiões do mundo.

Conforme apontado por Teston et al. (2018), que revisaram alguns trabalhos sobre o tema no contexto brasileiro, os usos não potáveis (descargas sanitárias, lavagem de pisos, roupas e automóveis, rega de jardins) em residências, uni e multifamiliares, correspondem a 46,6% de todo o consumo de água nesse tipo de edificação. Ademais, para edifícios de

escritório e prédios públicos estes usos representam 69,6% e 77,0% do consumo total de água nestes locais, respectivamente. Portanto, caso adotados em maior escala nos centros urbanos, os sistemas de aproveitamento de água pluvial contribuem com a autonomia hídrica das cidades, podendo postergar a necessidade de construção ou ampliação de unidades centralizadas de tratamento de água (STEFFEN et al., 2013), ou mesmo economizar os recursos e energia necessários para tratar a água destinada a tais usos (MELVILLE-SHREEVE; WARD; BUTLER, 2016).

A pesquisa de Ghisi (2006) foi precursora das estimativas de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em grandes áreas, neste caso, avaliando o setor residencial brasileiro. Foi observada variação entre 48% e 100% nos potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial nas diferentes regiões brasileiras. Os resultados para cada região brasileira estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Precipitação média, demanda de água potável e potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial por região geográfica brasileira.

<b>Região</b>	<b>Precipitação média (mm/ano)</b>	<b>Demanda de água potável (l/capita/dia)</b>	<b>Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial (%)</b>
Norte	2182	88	100
Nordeste	1146	97	61
Sudeste	1362	158	48
Sul	1615	117	82
Centro-Oeste	1540	120	74

Fonte: Ghisi (2006).

Ghisi, Bressan e Martini (2007) compararam a demanda e disponibilidade hídrica em 195 cidades da região sudeste brasileira e investigaram o potencial de economia de água potável quando utilizada água pluvial para fins não potáveis no setor residencial. Foi constatado o potencial médio de 41% de economia de água potável ao ano, enfatizando a importância deste tipo de solução para mitigação de problemas de disponibilidade hídrica.

Outro estudo similar, realizado por Ghisi, Montibeller e Schmidt (2006), descreve o cenário de disponibilidade pluviométrica e consumo de água em 62 municípios do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Constatou-se que o potencial médio de economia de água potável para estas cidades é de 69%, o que possibilitaria, se necessário, o consumo de água pluvial inclusive para uma parcela de usos potáveis. Segundo os autores, este significativo

potencial de economia só poderia ser atingido na prática caso houvesse algum tipo de incentivo governamental para a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

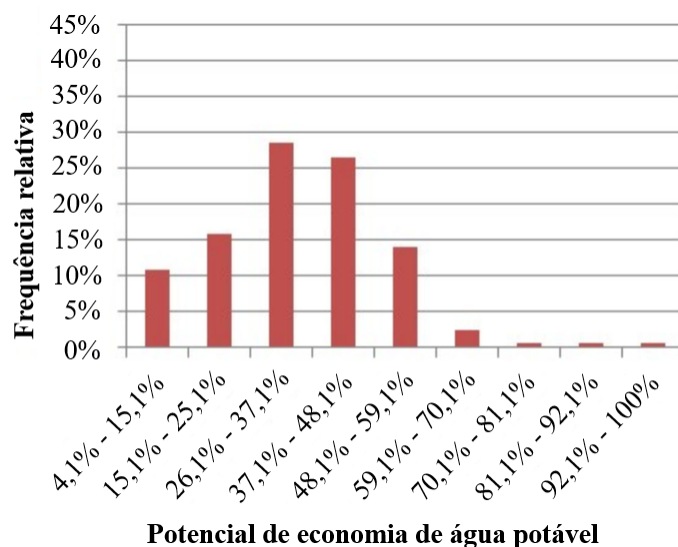
Santos e Farias (2017) avaliaram o potencial de economia de água potável para 71 municípios no estado de Pernambuco, semiárido brasileiro, cuja disponibilidade hídrica é a menor do país. Os resultados obtidos indicaram potencial médio de economia de água potável de 25%, bastante inferior ao de outras regiões. No entanto, mesmo sendo considerado baixo em termos nacionais, este potencial de economia possibilita redução significativa na pressão hídrica sobre os sistemas centralizados de abastecimento, ou mesmo a redução no número de dias nos quais se faz necessário o racionamento de água.

Na escala da cidade, Custódio e Ghisi (2019) avaliaram o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em Joinville-SC. Características físicas e demográficas das residências da cidade foram obtidas junto à prefeitura, permitindo a simulação de 33.720 cenários. Foi obtido potencial médio de economia de água potável de 40,8% quando utilizada para descarga sanitária e lavagem de roupas.

Ghisi e Ferreira (2007) avaliaram o potencial de economia de água potável que pode ser atingido por meio do uso da água pluvial em uma edificação residencial de múltiplos pavimentos na cidade de Florianópolis-SC. Nesse estudo, os usos finais da água foram quantificados de maneira mais detalhada, por meio de entrevistas com os usuários da edificação associadas à medição das vazões nos pontos de utilização. Foi verificado potencial médio economia de água potável de 40,67%. No entanto, quando considerada a disponibilidade pluviométrica do local, este potencial se reduziu para 16% entre os três blocos do edifício estudado por meio do uso de reservatórios inferiores com capacidade de 10.000 litros em cada bloco.

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos a partir de nove pesquisas distintas a partir de Teston et al. (2018) sobre o potencial de economia de água potável que pode ser atingido em residências por meio do aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis no contexto brasileiro. As variações observadas estão relacionadas com diferenças de disponibilidade pluviométrica, área de cobertura e demanda de água pluvial.

Figura 3 - Potencial de economia de água potável em edificações residenciais.



Fonte: Adaptado de Teston et al. (2018).

Ghisi e Oliveira (2007) também avaliaram a economia de água potável que pode ser obtida por meio da utilização de água pluvial em duas edificações residenciais na cidade de Palhoça-SC, no sul do Brasil. Assim, o potencial médio de economia de água potável nas residências seria de 34,6%. No entanto, mesmo apresentando potenciais de economia significativos, estes ainda não garantem boa viabilidade econômica ao sistema. Portanto, como principal conclusão da pesquisa, os autores apontam a necessidade de incentivos governamentais para que essa solução hídrica seja amplamente adotada.

Além das edificações residenciais, outros tipos de edifícios, inclusive em fase de construção, podem economizar água potável por meio do aproveitamento de água pluvial. Souza e Ghisi (2020) investigaram a possibilidade de se coletar água das bandejas primárias e secundárias de um canteiro de obras localizado em Criciúma, Santa Catarina, para aproveitamento no próprio local. O consumo médio de água potável no canteiro foi estimado para o período no qual as bandejas estariam instaladas. A área de captação disponível, demanda de água pluvial, coeficiente de escoamento e demais variáveis de entrada foram obtidos a partir da realidade do local de estudo. Custos de instalação, manutenção, remoção e reinstalação das bandejas adaptadas para coleta de água também foram considerados para uma análise de viabilidade econômica. Apesar de não ser considerado viável para o canteiro de obras estudado (5.350 m<sup>2</sup> de área construída dividida em oito pavimentos), os autores apontam que o sistema proposto poderia ser viável em obras de características similares, porém com maior número de pavimentos e mais área construída.

Em âmbito internacional, em Selangor, na Malásia, Leong et al. (2018) avaliaram o potencial de economia de água proveniente do abastecimento central da cidade por meio da utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial. A disponibilidade pluviométrica da localidade estudada pode fornecer até 91,8% do volume de água necessário para os usos não potáveis de água em residências.

Belmeziti, Coutard e Gouvello (2013) também avaliaram, para a cidade de Colombes, na região de Paris, o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial. O potencial obtido foi de 10% na escala urbana, sendo que as edificações residenciais representam 64% deste potencial. Foi considerada a aplicação generalizada dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em toda a cidade e levada em consideração as particularidades das edificações nela existentes.

Na Irlanda, considera-se que haja boa oferta de recursos hídricos, pois a precipitação é abundante. Entretanto, o país pode passar por escassez hídrica no futuro, visto que o consumo de água está entre os mais altos da Europa (cerca de 150 *l/capita/dia*) (LI; BOYLE; REYNOLDS, 2010). Os autores analisaram o perfil da demanda de água em residências irlandesas, constatando que os usos não potáveis podem representar entre 30% a 90% do consumo total de água. Estes usos poderiam ser supridos por meio de sistemas de aproveitamento de água pluvial. No entanto, os autores apontam que o custo envolvido para implementação dessa tecnologia pode desencorajar os usuários a efetivamente adotá-la.

Em contrapartida, é possível observar, na Turquia, diversidade climática bastante ampla, variando desde climas temperados e úmidos até situações quentes e áridas. Şahin e Manioğlu (2019) avaliaram, nestes dois climas, a quantidade de água pluvial coletada e o potencial de economia de água potável decorrente da utilização desta água. No clima mais úmido, foi observado potencial de economia médio de 15,5% enquanto no clima mais seco, o potencial médio observado foi de 6,0%.

Muitas pesquisas sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial se concentram no dimensionamento dos reservatórios e no cálculo dos potenciais de economia de água potável por meio de balanço hídrico. No entanto, há boa variedade de trabalhos que exploraram aspectos adicionais sobre o tema. Na sequência, são apresentados estudos nesse sentido, que trazem complementos importantes para a compreensão de outros benefícios potenciais decorrentes da utilização dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

## 2.4. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: aspectos e benefícios complementares

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial oferecem ampla gama de benefícios adicionais, além de proporcionar economia de água potável. Dentre estes, destacam-se a redução no consumo de energia vinculada ao tratamento e distribuição de água potável, redução na emissão de gases-estufa, descentralização do suprimento hídrico e mitigação das vazões de cheia em eventos de precipitação intensa (CAMPISANO et al., 2017).

Em regiões isoladas, o aproveitamento de água pluvial tem grande potencial de estabelecer o acesso à água necessária às populações que ali vivem (KAHINDA; TAIGBENU, 2011). Exemplo disso no contexto nacional é o projeto “Um Milhão de Cisternas”, executado no semiárido brasileiro com apoio do governo federal em conjunto com diferentes organizações não governamentais, tendo construído, até 2012, mais de 300.000 cisternas que atendem cerca de 1,5 milhão de pessoas (MORAES; ROCHA, 2013). As cisternas construídas por meio do programa têm capacidade média de 16.000 litros de água, que é coletada na estação chuvosa e pode durar por até oito meses para o uso potável e doméstico de uma família de quatro pessoas. Iniciativas como esta demonstram a possibilidade de ampliação do acesso à água por meio de sistemas de aproveitamento de água pluvial de maneira eficiente, promovendo inclusão social.

Nas áreas densamente urbanizadas, a implementação extensiva de sistemas de aproveitamento de água pluvial tem potencial de reduzir o volume e os picos de vazão de escoamento superficial urbano de maneira significativa (CUSTÓDIO, 2017; SAMPLE; LIU, 2014; SÁNCHEZ, 2014). A atenuação do escoamento superficial urbano ajuda a prolongar a vida útil dos sistemas de drenagem, contribuindo também com a diminuição dos riscos de inundações urbanas (PACHECO et al., 2017). Custódio (2017) avaliou este fenômeno no contexto da cidade de Joinville, Santa Catarina. Para as diferentes bacias hidrográficas do município, foram simulados dois cenários distintos. O primeiro considerou ausência de sistemas de aproveitamento de água pluvial nas edificações. O segundo cenário contemplou a existência desse tipo de instalação em todas as edificações residenciais da área de estudo, dimensionada especificamente para cada caso, observando inclusive características físicas e de ocupação desses imóveis. No segundo cenário, foi constatada diminuição dos picos de vazão entre 2,7% e 14,2% nas sub-bacias analisadas. A maior redução foi detectada na região mais urbanizada.

Sánchez (2014) também avaliou a influência dos sistemas de aproveitamento de água pluvial na atenuação dos picos de cheia em ambiente urbano. A partir de um estudo teórico,



foi analisada a região metropolitana de Salvador, Bahia. Os sistemas de aproveitamento de água pluvial, se adotados em 50% dos edifícios públicos, grandes prédios comerciais e edifícios de nova construção na cidade, seriam capazes de provocar impacto significativo no sistema de drenagem, reduzindo em 14% anualmente o volume de escoamento superficial urbano nesta localidade.

Deitch e Feirer (2019) examinaram os efeitos hidrológicos da retenção de água pluvial na bacia do Rio Perdido, Flórida, Estados Unidos, frequentemente atingida por enchentes. Dois cenários distintos foram avaliados. No primeiro, considerou-se a aplicação dos tanques sépticos existentes nos imóveis (desativados e adaptados como reservatórios de 5.700 L) para retenção da água pluvial. No segundo, foi considerada utilização de reservatórios de mesmo volume em todos os terrenos da região estudada. Eventos de precipitação com tempos de retorno de um ano e meio foram usados para as simulações hidrológicas. No primeiro cenário, a redução de escoamento atingiu 10% em apenas algumas áreas da região estudada. No segundo cenário, o armazenamento de água pluvial permitiu redução superior a 20% do escoamento na maioria dos setores da área de estudo. Além de reforçar a importância do armazenamento de água pluvial na mitigação do escoamento superficial urbano, pesquisas como esta ressaltam a aplicabilidade de sistemas de informação geográfica para este tipo de simulação.

Campisano et al. (2014) avaliaram os sistemas de aproveitamento de água pluvial como medida de controle do escoamento superficial na fonte, desta vez na escala das residências. O estudo, realizado na região italiana da Sicília, demonstra que pode ser obtida redução significativa das vazões de pico (30-65% em ao menos 50% dos eventos) por meio do aproveitamento de água pluvial, dependendo do volume do reservatório utilizado e dos padrões de demanda de água na edificação considerada.

Steffen et al. (2013) também avaliaram o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial para diminuição das vazões de pico, desta vez no contexto norte-americano. O desempenho do sistema nesse quesito está relacionado com o tamanho do reservatório dimensionado. Segundo os autores, a redução das vazões de pico pode chegar a até 20% em regiões semiáridas, com desempenho inferior em localidades com maiores volumes de precipitação. Os resultados da pesquisa apontam que o aproveitamento de água pluvial em edificações pode ser considerado medida efetiva de controle do escoamento superficial urbano, assim como fonte alternativa de água.

Segundo as principais diretrizes, o projeto de sistemas de aproveitamento de água pluvial deve ser feito com base em dados oficiais recentes de precipitação. No entanto, algumas pesquisas vêm utilizando projeções pluviométricas futuras para avaliar os possíveis

efeitos das mudanças climáticas sobre estes sistemas. Santos et al. (2020) verificaram estes impactos sobre o desempenho de sistemas domésticos localizados em Portugal. Dois cenários de precipitação futura foram considerados nas simulações, prevendo condições distintas de emissões de gases de efeito estufa para as próximas décadas. Foi constatado que, para a região estudada, o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial tende a não se alterar significativamente no futuro devido aos efeitos das mudanças climáticas sobre os padrões de precipitação.

Haque, Rahman e Samali (2016) estudaram os impactos tangíveis das mudanças climáticas no desempenho de sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial na região de Sydney, na Austrália. Foram utilizadas projeções futuras de precipitação em conjunto o método do balanço hídrico diário. Foi observada tendência de redução no desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial devido às mudanças climáticas, com queda nos potenciais de economia de água potável, aumento no número de dias em que os reservatórios estarão secos e redução dos dias em que o volume reservado atende à demanda. Estudos como este destacam a importância da compreensão sobre as variáveis que influenciam esse tipo de sistema.

Outra questão recorrente sobre de qualquer tipo de solução de engenharia se refere aos seus impactos ambientais. Marinoski (2010) desenvolveu um método para avaliação da viabilidade ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial. A ferramenta foi aplicada em residências de baixo, médio e alto padrão localizadas em Florianópolis, Santa Catarina. Para a avaliação ambiental, foi realizado levantamento das matérias-primas envolvidas na concepção desses sistemas, considerando diferentes opções de materiais. Nesta pesquisa, verificou-se que quando há aproveitamento de água pluvial, os sistemas hidráulicos prediais apresentam maiores impactos ambientais quanto às emissões de CO<sub>2</sub> e energia embutida se comparados às instalações hidráulicas convencionais. A partir destes resultados, é necessário que se busque alternativas mais eficientes ambientalmente para instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.

Vaz et al. (2020) analisaram o ciclo de vida de um sistema de aproveitamento de água pluvial captada por meio de pavimento permeável em um edifício público da cidade de Florianópolis. Pelo fato de utilizar asfalto poroso em sua composição, o sistema apresentou alta energia embutida, não satisfazendo os critérios de sustentabilidade do estudo. No entanto, se comparado ao asfalto não permeável, a solução se mostrou promissora para os usos propostos, servindo como sistema de drenagem urbana sustentável (*SUDS*) e promovendo economia financeira.

Outro benefício que pode ser atribuído ao aproveitamento de água pluvial no meio urbano é a redução dos custos operacionais associados às operações centralizadas de abastecimento de água. Cureau e Ghisi (2020) avaliaram o potencial de economia de energia elétrica a partir de cenários distintos de economia de água para a cidade de Joinville, Santa Catarina. Quando considerado o aproveitamento de água pluvial nas edificações do município para usos não potáveis, a concessionária poderia deixar de consumir entre 1.000 e 7.500 MWh anualmente. Economias adicionais também poderiam ser atingidas pela redução na necessidade de expansão dos sistemas de abastecimento a partir desta solução.

Melville-Shreeve, Ward e Butler (2016) demonstraram, por meio de análise multicritério, que a redução no consumo de água potável proporcionada por sistemas de aproveitamento de água pluvial contribui com o decréscimo no consumo de energia associada à captação, bombeamento e tratamento da água nas instalações centralizadas de abastecimento. Vieira et al. (2014) compararam a relação água-energia dos sistemas de aproveitamento de água pluvial com a dos sistemas de abastecimento convencionais. Segundo os autores, os sistemas de aproveitamento de água pluvial tendem a gastar mais energia por unidade de água produzida se comparados aos sistemas convencionais. No entanto, a pesquisa aponta que, quando bem dimensionados, estes apresentam consumo energético equivalente aos sistemas centralizados, sobretudo quando da utilização de sistemas com distribuição indireta de água pluvial.

Ghimire et al. (2017) compararam um sistema comercial de aproveitamento de água pluvial com o sistema centralizado (municipal) de abastecimento de água por meio de análise de ciclo de vida. Os autores avaliaram onze indicadores de impacto ambiental, considerando todo o ciclo de produção dos materiais, assim como sua utilização. Nesta pesquisa, os sistemas de aproveitamento de água pluvial superaram o sistema centralizado de abastecimento de água em dez dos onze indicadores ambientais analisados. Apesar de apresentarem conjunto amplo de resultados, as pesquisas sobre a viabilidade ambiental dos sistemas de aproveitamento de água pluvial são fundamentais para a compreensão integral de seus impactos e benefícios.

Cáceres, Ramos e Sant'Ana (2019) avaliaram o potencial de redução da exploração dos recursos hídricos do Distrito Federal brasileiro por meio da implementação destes sistemas em larga escala nas edificações da região. O estudo combinou análises econômicas com estudos ambientais, concluindo que, se estes sistemas fossem implantados somente nos casos viáveis economicamente, a redução da exploração dos recursos hídricos seria praticamente insignificante (~1%). Por outro lado, se considerada a ótica da viabilidade ambiental, incluindo na análise os sistemas inviáveis economicamente, a redução da

exploração dos recursos hídricos locais teria atingido até 25,6% se metade das residências da região estudada adotasse o aproveitamento de água pluvial. Os autores evidenciam a necessidade de incentivos fiscais e econômicos para ampliação do acesso e do alcance dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Quando adotados em larga escala, os sistemas de aproveitamento de água pluvial contribuem com a conservação da água e promovem resiliência hídrica nas regiões onde são implementados.

Apesar de seus múltiplos benefícios, é notável que os sistemas de aproveitamento de água pluvial ainda carecem do reconhecimento necessário à sua aplicação mais abrangente. Na maioria dos casos, esses sistemas são dimensionados isoladamente, ao invés de ser incorporados como parte de uma estratégia mais ampla de drenagem urbana (FORASTÉ; HIRSCHMAN, 2010). Forasté e Hirschman (2010) desenvolveram uma ferramenta de gestão simples que pode ser utilizada pela administração pública para expandir a escala de utilização dessa solução nas cidades.

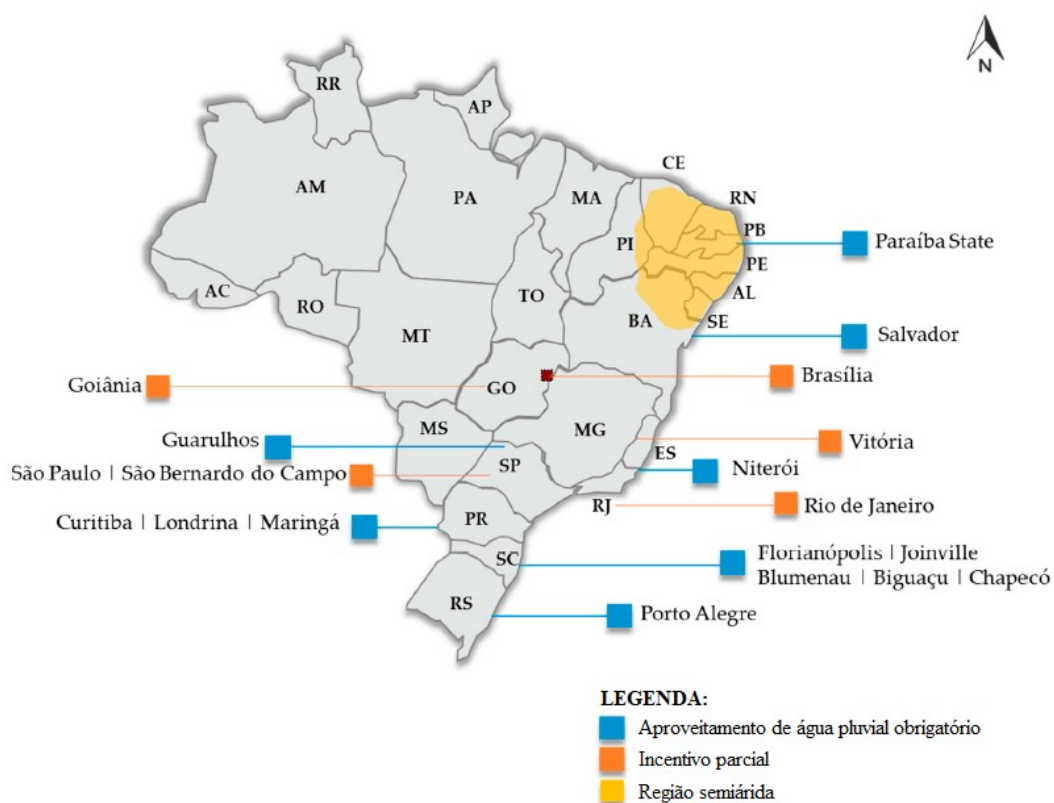
Quanto à aplicação generalizada dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, a administração pública exerce papel importante por meio da efetivação de políticas de regulamentação e incentivo. Partzsch (2009) aponta que o mercado das tecnologias de abastecimento de água descentralizado ainda é um nicho se comparado à infraestrutura centralizada. Considerando os benefícios ecológicos dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, a autora avalia os instrumentos de regulação e incentivo existentes para promover esta solução. Neste processo, os principais agentes de mudança identificados pela autora se caracterizam por empresas já especializadas ou que utilizam essas tecnologias em sua cadeia produtiva. Por outro lado, os agentes de bloqueio se concentram sobretudo nas concessionárias de água, públicas ou privadas, que monopolizam o fornecimento de água em determinada região. Programas de incentivo inteligentes, ou “*smart regulations*”, são capazes de mobilizar todos estes agentes no sentido de promover tecnologias mais sustentáveis. Como exemplo desses programas, destacam-se, na Alemanha, medidas já existentes que estimulam a coleta de água pluvial e a incorporação de conceitos sustentáveis nas edificações. Ainda segundo a autora, estas medidas podem ser principalmente classificadas entre subsídios para compra de materiais para captação de água pluvial, cobrança de um valor justo pela água fornecida pela concessionária, e separação de tarifas de água e esgoto.

Pacheco et al. (2017) avaliaram o cenário legislativo brasileiro sobre o papel dos agentes públicos na implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, encontrando um conjunto de políticas dispersas entre as esferas federais, estaduais e municipais. Segundo os autores, as legislações municipais compõem a maioria, embora insuficiente, da cobertura legislativa do Brasil a respeito do aproveitamento de água pluvial. A

pesquisa aponta que, nas regiões sul e sudeste do Brasil todas as capitais dispõem de algum tipo de legislação local sobre o assunto, o que indica interesse crescente quanto à adoção de práticas sustentáveis para o uso mais racional dos recursos hídricos nessa parte do país.

Apesar de seu crescente desenvolvimento, Teston et al. (2018) apontam que a legislação brasileira ainda se encontra em fase inicial, limitada a poucas localidades e de aplicação relativamente recente. Segundo os autores, geralmente, as exigências relacionadas à instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial se aplicam somente para novas construções cuja área construída ultrapassa certo patamar. Florianópolis e Camboriú, em Santa Catarina, e Salvador, na Bahia, são alguns exemplos de cidades brasileiras que oferecem incentivos fiscais para a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, com algumas outras cidades impondo a adoção desses sistemas como pré-requisito para emissão de licenças para construir (TESTON et al., 2018; PACHECO et al., 2017). A Figura 4 apresenta o nível de aplicação da legislação sobre os sistemas de aproveitamento de água pluvial no contexto brasileiro.

Figura 4 - Cidades brasileiras com legislação própria relacionada ao aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Adaptado de Teston et al. (2018).

A aceitação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial por parte da sociedade vem aumentando progressivamente, sobretudo devido ao maior volume de informação disponível sobre a qualidade da água captada e da viabilidade econômica desses sistemas (CAMPISANO et al., 2017). Atualmente, ao menos em algumas regiões, os sistemas de aproveitamento de água pluvial são considerados como fonte aceitável de água não potável se comparado a outras modalidades de reuso da água (EGYIR; BROWN; ARTHUR, 2016). Por meio de entrevistas com os moradores de 44 residências de baixa renda no sul do Brasil, Marinoski et al. (2013) constataram que a parcela de moradores que usariam água pluvial para usos potáveis variou entre 27 e 59%. No caso dos usos não potáveis a aceitação foi maior, entre 84 e 96%. Campisano et al. (2017) apontam que é necessário evoluir a discussão sobre a aplicabilidade desses sistemas na busca de aceitação mais consolidada, a partir da qual as comunidades, empresas e órgãos públicos possam atuar com maior liberdade de inovação para difundir esse tipo de prática.

Brown, Farrelly e Keath (2009) apontam, sob a ótica da experiência australiana, que mudanças estruturais práticas, como é o caso da implementação extensiva dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, só ocorrem se forem apoiadas nos níveis institucional e sociopolítico. Nessa direção, várias localidades do mundo estão gradativamente adotando incentivos e regulamentações para aplicação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em maior escala, como é o caso de Barcelona, na Espanha (DOMÈNECH; SAURÍ, 2011), Berlim, na Alemanha (SOLER; MOSS; PAPASOZOMENOU, 2018), Melbourne, na Austrália (GATO-TRINIDAD; GAN, 2014) e Tucson, nos Estados Unidos (ELDER; GERLAK, 2019). Em contrapartida, no Reino Unido, apesar do crescente conhecimento sobre os benefícios dos sistemas de aproveitamento de água pluvial por parte dos usuários, a instalação destes na prática ainda carece de programas eficientes de incentivo, dificultando sua disseminação (PARSONS et al., 2010).

Gonela et al. (2020) avaliaram cenários distintos de incentivos fiscais para descentralização do abastecimento de água em uma cidade rural do Texas, nos Estados Unidos. Três esquemas de incentivo foram propostos e investigados: ausência de subsídio, taxa constante e taxa progressiva de subsídio, em função da capacidade de armazenamento do sistema. Neste caso, sugere-se que a fonte de recursos para estes incentivos seja a economia gerada para o governo a partir da descentralização da distribuição de água. Os autores apontam que o esquema de incentivos com taxa progressiva se mostrou mais eficiente na melhoria de desempenho dos sistemas de aproveitamento de água na escala municipal, além de promover maior adesão a este tipo de solução. O esquema de incentivos com taxa fixa é o que mais promoveu economias para a administração pública.

Além dos benefícios apresentados, recentemente novos métodos vêm sendo aplicados para identificação de ganhos mais subjetivos promovidos pelos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Dentre estes, pode-se destacar a valorização do imóvel, além da ascensão de um sentimento de autonomia nos usuários, que não mais dependem somente do abastecimento centralizado para suprir suas necessidades hídricas (ZHANG et al., 2015). Contudo, exploração mais detalhada se faz necessária por meio de métodos sociológicos, psicológicos, econômicos e culturais para expandir a compreensão sobre benefícios também importantes, porém menos palpáveis (CAMPISANO et al., 2017).

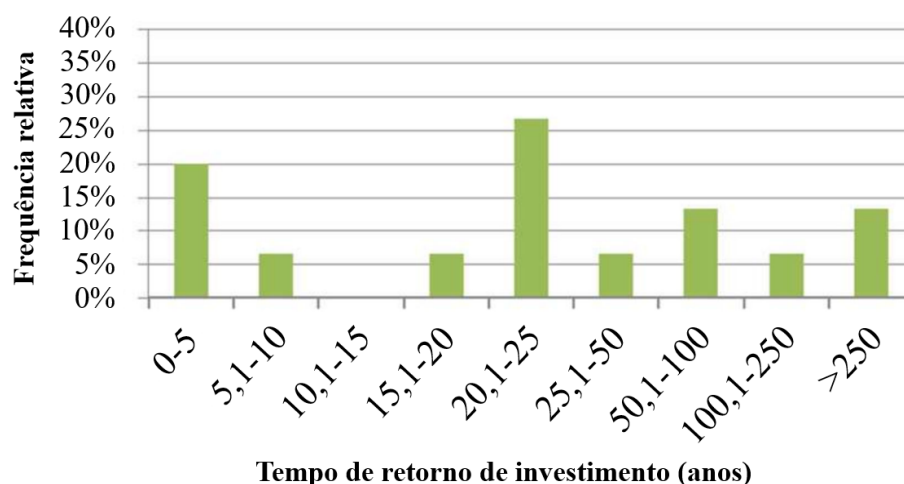
## 2.5. Sistemas de aproveitamento de água pluvial: viabilidade econômica

A viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial é fundamental para o maior alcance e disseminação dessa tecnologia. Os custos dos sistemas de aproveitamento de água pluvial podem ser caracterizados pelo alto investimento inicial, seguido de baixo custo de manutenção ao longo de sua vida útil (DTU, 2001). O alto valor de mercado desse tipo de solução ainda é um fator limitante para sua implementação em muitos casos, sendo recomendável a viabilização de incentivos por parte do poder público para estimular a população a adotá-la (CÁCERES; RAMOS; SANT'ANA, 2019). Além disso, é necessário desenvolver inovações e soluções de projeto que apresentem custos mais reduzidos (CAMPISANO et al., 2017).

Nos sistemas de aproveitamento de água pluvial, os custos de instalação podem variar grandemente, principalmente em função do volume do reservatório principal utilizado. Dentre as variáveis que influenciam este custo, destacam-se a área de captação, a disponibilidade pluviométrica da região e a demanda de água na edificação. É importante ressaltar que, para um mesmo volume de reservatório principal, a instalação enterrada tende a ser mais onerosa do que a instalação na superfície (LI; BOYLE; REYNOLDS, 2010).

No contexto brasileiro, grande amplitude de resultados foi observada na pesquisa de Teston et al. (2018) quanto à viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Nove referências foram consultadas, cujos resultados são apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Tempos de retorno de investimento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais.



Fonte: Adaptado de Teston et al. (2018).

Parte significativa das pesquisas realizadas classifica os sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial como inviáveis economicamente, sobretudo devido aos elevados tempos de retorno de investimento (CAMPISANO et al., 2017). No entanto, é importante destacar a enorme diversidade existente nas convenções construtivas consideradas entre os trabalhos da área (AMOS; RAHMAN; GATHENYA, 2016), o que dificulta a comparação entre estes.

A análise de viabilidade econômica deve determinar objetivamente os custos e benefícios de determinado projeto, esclarecendo possíveis investidores a respeito das probabilidades de retorno financeiro (AMOS; RAHMAN; GATHENYA, 2016). Indicadores econômicos são comumente utilizadas para apresentar, ao usuário final, os indicadores de viabilidade do sistema. Os mesmos autores avaliaram a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água pluvial por meio dos indicadores valor presente líquido e razão custo-benefício. Gómez e Teixeira (2017) também utilizaram o valor presente líquido, acrescido da taxa interna de retorno e o tempo de retorno de investimento (*payback*).

Ghisi e Schondermark (2013) apontam que a viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em residências está diretamente relacionada com o consumo de água pluvial. Cinco cidades do estado de Santa Catarina foram analisadas pelos autores, variando-se diferentes variáveis de projeto nas simulações computacionais e análises econômicas. Os tempos de retorno de investimento (*payback*) obtidos para as cidades indicaram, na maioria dos casos simulados, valores entre um ano e meio e dez anos,



sinalizando boa viabilidade econômica. No entanto, para casos específicos, especialmente com baixa demanda de água pluvial, o tempo de retorno atingiu valores próximos a 30 anos.

Berwanger e Ghisi (2014) relacionaram a viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial com o consumo de água pluvial e a área de captação. Foram simulados 144 cenários para a cidade de Itapiranga-SC, considerando seu regime pluviométrico, bem como os preços de materiais e serviços praticados localmente. A variação de diferentes variáveis de projeto também foi considerada. Somente 45 cenários se mostraram viáveis economicamente, todos com demanda total de água superior a 18,0 m<sup>3</sup>/mês. Nesse estudo, os critérios de viabilidade escolhidos foram tempo de retorno de investimento abaixo de vinte anos e taxa interna de retorno superior a 0,50% ao mês. Segundo os autores, a política tarifária praticada pela concessionária, com taxa fixa para consumo mensal inferior a 10m<sup>3</sup>, comprometeu a viabilidade econômica dos cenários com demanda total de água abaixo deste valor.

Severis et al. (2019) realizaram análises econômicas em sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial do município de Lages-SC. Três tipologias distintas desses sistemas foram dimensionadas, considerando as configurações mais comuns de instalação. Também foram consideradas variações na demanda e no nível de tratamento da água, assim como nos arranjos para sua distribuição. O sistema composto de tratamento básico (peneira, *first flush*, filtração e desinfecção) e distribuição direta de água pluvial (via pressurizador, sem o uso de reservatório superior) se mostrou o mais viável, apresentando taxa interna de retorno de 6,85% ao ano. Nesta análise, a tarifa e a demanda de água, a taxa de atratividade e os custos de investimento inicial foram as variáveis mais determinantes na viabilidade econômica dos sistemas domésticos de aproveitamento de água pluvial.

Ghisi e Ferreira (2007) avaliaram a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial para três blocos residenciais de múltiplos pavimentos. O único indicador de viabilidade utilizado foi o tempo de retorno de investimento. No orçamento, considerou-se a aproximação de que os tubos e conexões correspondem a 15% do custo somado de reservatórios, motobomba e mão de obra. Em dois dos três blocos analisados, o sistema se mostrou economicamente viável, com tempo de retorno de investimento inferior a cinco anos.

Gómez e Teixeira (2017) estudaram a viabilidade econômica em doze residências de diferentes padrões construtivos na cidade de Belém-PA. Para cada uma destas, foi dimensionado um sistema específico de aproveitamento de água pluvial. Diferentes padrões de consumo de água foram considerados. Observou-se que a demanda de água pluvial está diretamente relacionada com a viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água

pluvial. Assim como na pesquisa de Berwanger e Ghisi (2014), foi constatado que a estrutura tarifária da concessionária local inviabiliza o aproveitamento de água pluvial nas residências que pagam taxa mínima de água. Esta observação destaca a importância da revisão do modelo tarifário praticado, assim como do estabelecimento de políticas de incentivo que estimulem a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Ghisi, Tavares e Rocha (2009) também avaliaram a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Os autores analisaram a utilização de água pluvial em postos de gasolina para lavagem comercial de automóveis na cidade de Brasília-DF. Diferentes variáveis de projeto foram utilizadas nas simulações, como área de captação, capacidade de reservatório, número de lavagens ao dia e demandas de água potável e pluvial. Os potenciais de economia de água potável atingiram o valor médio de 32,7%. O investimento se mostrou viável na maioria dos casos analisados, apresentando valor presente líquido positivo para taxa interna de retorno de 1,0% ao mês.

Vaz et al. (2020) verificaram a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial captada por meio de pavimento poroso em um edifício universitário da cidade de Florianópolis-SC. O consumo médio mensal de água potável observado no edifício foi de 206.000 L. Considerou-se, nesta edificação, uma área de captação efetiva de água pluvial de 1.700 m<sup>2</sup>. O sistema proposto não apresentou viabilidade econômica, sobretudo devido ao alto custo de execução do pavimento permeável. No entanto, quando comparado a um sistema de captação composto de pavimento convencional, o pavimento permeável apresentou melhor desempenho econômico.

No Reino Unido, a adoção dos sistemas de aproveitamento de água pluvial vem ocorrendo de forma lenta, porém espera-se que estes ganhem popularidade em um futuro próximo (WARD; MEMON; BUTLER, 2020). Os mesmos autores compararam métodos simples de dimensionamento com métodos de simulação contínua para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Métodos baseados em simulação contínua resultaram em menores volumes de reservatório, impactando positivamente nos custos de instalação e viabilidade econômica dos sistemas. Ademais, constatou-se que sistemas de aproveitamento de água pluvial tendem a ser mais viáveis para grandes edificações comerciais do que para sistemas domésticos e mais compactos.

Li, Boyle e Reynolds (2010) constataram que, na Irlanda, o custo dos sistemas de aproveitamento de água pluvial é relativamente alto. Neste país, os tempos de retorno sobre investimento variam entre sete e vinte anos para reservatórios entre 1.500 e 10.000 litros, considerando a política tarifária praticada na época pela concessionária local. No entanto, segundo os autores, esse tempo de retorno tende a diminuir com o tempo, visto a tendência

ascendente dos custos de água e a atual inexistência de incentivos governamentais no país para instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Liang e Van Dijk (2011) verificaram a viabilidade econômica e financeira do aproveitamento de água pluvial para irrigação em áreas rurais de Pequim, na China. Seiscentos sistemas de aproveitamento de água pluvial construídos desde 2006 foram analisados no estudo por meio de análise de custo-benefício. Os resultados obtidos demonstram que este tipo de sistema é economicamente viável e traz benefícios sociais tangíveis sob o ponto de vista da administração pública. No entanto, a viabilidade financeira dos sistemas de aproveitamento de água pluvial depende largamente do valor cobrado pela água advinda do abastecimento centralizado, assim como do tamanho do sistema considerado.

Jing et al. (2017) analisaram a eficiência e a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial para usos não-potáveis em oito cidades de quatro zonas climáticas da China. Edificações de múltiplos pavimentos com 100 habitantes e área de captação correspondente a 1.000m<sup>2</sup> foram consideradas na pesquisa, por ser a tipologia mais comum existente nestas cidades. Três cenários de uso de água pluvial foram considerados. Os resultados indicam maiores índices de confiabilidade e potenciais de economia de água potável para sistemas com maiores capacidades de armazenamento, menor demanda e localizados em regiões mais úmidas. A viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial foi atingida em regiões úmidas e semi-úmidas para sistemas dimensionados corretamente. Entretanto, nas regiões áridas, a relação custo-benefício obtida não indicou viabilidade.

Cureau e Ghisi (2020) avaliaram os possíveis impactos econômicos de diferentes estratégias de economia de água sobre a administração pública na cidade de Joinville-SC. Quando considerada implantação extensiva de sistemas de aproveitamento de água pluvial no município, economia anual de até cinco milhões de reais poderia ser atingida pela redução na necessidade de expansão dos sistemas de abastecimento centralizados. Se considerada cobrança de tarifa fixa de água para o consumo de até 10m<sup>3</sup>, os autores apontam que a queda de arrecadação pela concessionária seria inferior ao montante correspondente ao pagamento das tarifas mínimas, resultando em mais ganhos para a companhia. O estudo conclui que a concessionária não deixaria de lucrar nos cenários avaliados, e obteria ganhos financeiros totais entre 13 e 45 milhões de reais anualmente pela adoção do aproveitamento de água pluvial na escala do município. Os autores ainda apontam que, apesar de trazer economias significativas para a companhia, é importante verificar o custo da implementação desse tipo de solução. A partir disto, a viabilização de possíveis subsídios para implantação de sistemas de aproveitamento água pluvial poderia ser ponderada pela própria concessionária.

A política tarifária considerada no trabalho de Cureau e Ghisi (2020) contempla a cobrança de tarifa única para consumos de água inferiores a 10m<sup>3</sup>. Segundo os autores, este modelo é capaz de produzir ganhos financeiros para as companhias a partir da redução no consumo de água pela população. Em contrapartida, o mesmo modelo inibe a adoção de sistemas que economizem água pelos consumidores, pois não compensa financeiramente o volume economizado. Recentemente, a CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, modificou sua política tarifária e extinguiu o consumo mínimo para estimular a economia de água por parte dos usuários (CASAN, 2020).

Para uma análise mais completa e realista da viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, é importante considerar seus benefícios indiretos. O adiamento de ampliações na infraestrutura de abastecimento e a melhoria no controle das vazões de pico na drenagem trazem consigo economias para a gestão pública. Apesar disto, a maioria das abordagens utilizadas em pesquisa é simplista por não considerar a totalidade dos benefícios desse tipo de tecnologia (CAMPISANO et al., 2017). Nesse sentido, para generalizar o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, torna-se essencial o apoio governamental por meio de políticas e subsídios, concebidos de maneira a abranger os benefícios socioambientais desses sistemas em escala mais ampla (PARTZSCH, 2009; GÓMEZ; TEIXEIRA, 2017; CÁCERES; RAMOS; SANT'ANA, 2019).

## 2.6. Aplicações de análise de sensibilidade

Segundo Saltelli e Marivoet (1990), técnicas de análise de sensibilidade são fundamentais para a compreensão de modelos, sobretudo quando são complexos e envolvem muitas variáveis de entrada. Na modelagem de sistemas de aproveitamento de água pluvial, a precipitação, área de captação, número de habitantes na residência, demanda de água potável e demanda de água pluvial são os principais variáveis de entrada utilizadas (GHISI, 2010). Dentre as saídas do modelo, o volume do reservatório é a mais importante para o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. No entanto, outros indicadores também podem ser utilizados para definir sua eficiência (MUN; HAN, 2012).

As técnicas de análise de sensibilidade compreendem um amplo conjunto de métodos, desenvolvidos ao longo dos anos por diferentes pesquisadores e destinados a aplicações diversas. Segundo Silva (2016), a análise de sensibilidade pode ser classificada em duas grandes abordagens: interna ou externa. A abordagem interna demanda maior esforço na fase de implementação e está sujeita a erros humanos, porém é eficiente quanto à demanda de tempo computacional. A abordagem externa, por sua vez, é mais adequada para modelos

computacionais devido à grande quantidade de equações e interações envolvidas. Esta última pode ainda ser subdividida entre os métodos local e global (TIAN, 2013), sendo que o global é mais utilizado para modelos de balanço energético em edificações, por exemplo.

Saltelli et al. (2008) recomendam que, antes mesmo da escolha do método, seja definida a configuração da análise de sensibilidade. Conforme a configuração, respostas distintas poderão ser obtidas a partir da medida de sensibilidade escolhida. Três possíveis configurações são propostas:

- a) Priorização de variáveis (*Factor Priorization Setting*): permite descobrir quais são as variáveis de entrada que mais exercem influência sobre as saídas do modelo, visando a redução de sua variância (SALTELLI et al., 2008);
- b) Fixação de variáveis (*Factor Fixing Setting*): permite descobrir quais são as variáveis de entrada que menos exercem influência sobre as saídas do modelo, visando a simplificação do mesmo (SALTELLI et al., 2008);
- c) Mapeamento de variáveis (*Factor Mapping Setting*): permite descobrir qual variável produz observações dentro de determinada região da variável dependente, e não tem relação com definir importância das variáveis (SALTELLI et al., 2008).

Cada método de análise de sensibilidade tem sua aplicabilidade. Na sequência, são apresentados alguns dos principais métodos de análise de sensibilidade global, a partir da revisão elaborada por Silva (2016).

Silva (2016) aponta que, para modelos cujo comportamento é linear, podem ser utilizados métodos baseados em índices de regressão e correlação. Dentre estes, destacam-se os Coeficientes de Regressão Padronizados (SRC - *Standardized Regression Coefficients*) e os Coeficientes de Correlação Parcial (PCC - *Partial Correlation Coefficients*). O SRC é baseado em regressão linear multivariada, sendo que os coeficientes de regressão são computados com o método dos mínimos quadrados. A principal limitação deste método está relacionada com o coeficiente de determinação  $R^2$  do modelo, que deve ser próximo de um. Os PCCs, por sua vez, são calculados com base em correlações de *Pearson*.

O método de Morris (1991) tem aplicabilidade para modelos mais complexos, lineares ou não (SILVA, 2016). Também chamado de método dos “Efeitos elementares”, foi desenvolvido por Morris (1991) com o objetivo de deixar uma análise experimental mais eficiente. Este método atende a configuração de “fixação de variáveis” e pode ser usado para classificá-las como negligenciáveis ou pouco influentes, lineares ou aditivas e não lineares (SILVA, 2016). Ainda segundo Silva (2016), o método proposto por Morris (1991) viabiliza a

análise de sensibilidade a partir de um número reduzido de observações, se comparado com outros métodos, como por exemplo, o experimento fatorial completo.

Métodos baseados no cálculo da variância, como o experimento fatorial completo, podem ser utilizados como alternativa às técnicas anteriormente apresentadas. Silva (2016) aponta algumas das características que diferenciam o experimento fatorial completo dos outros métodos:

- a) Independe da linearidade ou monotonicidade do modelo (*model-free*);
- b) É capaz de capturar a influência da variável em sua amplitude de variação completa;
- c) É capaz de quantificar interações entre variáveis de entrada;
- d) É capaz de determinar influências em grupos de variáveis de entrada, ao definir tipos lógicos de variáveis e a decomposição da variância associada a cada grupo.

Silva (2016) destaca a análise de variância com amostra fatorial completa como útil em grande parte dos casos. O método atende à configuração de “priorização de variáveis”, mas é limitada a um pequeno número de variáveis independentes. A característica *model-free* do método é uma das mais importantes, e justifica o uso da variância quando outras medidas não são eficazes.

A literatura dispõe de muitos exemplos da aplicação de análise de sensibilidade como ferramenta de suporte para projetos de diferentes tipologias, incluindo os sistemas de aproveitamento de água pluvial. Silva e Ghisi (2016) avaliaram, por meio de análise de variância em um experimento fatorial completo, a influência de diferentes variáveis de projeto no desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial em oito cidades brasileiras. Também foi avaliada, via análise de incertezas, a influência de variações diárias de consumo de água no dimensionamento desses sistemas para edificações residenciais. Os autores observaram conjunto diverso de variáveis de projeto relevantes para cada cidade analisada, a depender de seu regime pluviométrico. Foi constatado que a utilização de demandas diárias variáveis de água potável gerou variações insignificantes nos resultados das simulações computacionais.

Severis et al. (2019) fizeram uso de análise de sensibilidade para avaliação da viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial no município de Lages-SC. Foram analisados sistemas com distribuição direta e indireta de água pluvial. Segundo os autores, a tarifa de água cobrada pela concessionária foi identificada como a variável de maior influência sobre a viabilidade econômica dos sistemas analisados. Foi verificada correlação

direta entre esta tarifa tanto sobre o valor presente líquido quanto a respeito do custo-benefício dos projetos.

Mun e Han (2012) também avaliaram, por meio de análise de sensibilidade, a influência das variáveis de projeto (precipitação, área de captação, volume de reservatório e demanda de água) sobre indicadores operacionais relacionados à eficiência destes sistemas. Os autores obtiveram um conjunto de relações entre variáveis de projeto e indicadores de eficiência que podem ser utilizados como referência para a otimização de outros sistemas de aproveitamento de água pluvial. Uma relação ótima entre volume de reservatório e área de captação entre 0,03 e 0,08 foi obtida para a cidade de Seul, na Coreia do Sul. Foi constatado que o indicador “eficiência no uso da água” apresentou potencial de melhora a partir da expansão dos usos da água pluvial, sobretudo na época de maior disponibilidade pluviométrica.

Stec e Kordana (2015) avaliaram a lucratividade de sistemas de aproveitamento de água pluvial combinados com reuso de água cinza e aproveitamento de calor dissipado em tubulações a partir do levantamento de custos no ciclo de vida (*Life Cycle Cost*). O estudo foi realizado para um edifício residencial multifamiliar. Os resultados indicaram que os sistemas são viáveis para a edificação, mesmo considerando os investimentos extras que devem ser feitos para sua implementação. Por meio de análise de sensibilidade, os autores concluíram que a viabilidade financeira destes sistemas é pouco suscetível a alterações nas variáveis de projeto, considerando a realidade do edifício.

Li et al. (2018) estudaram um modelo de otimização para sistemas de aproveitamento de água pluvial contemplando análise de ciclo de vida em Pequim, na China. Como meios de captação de água pluvial, foram consideradas áreas verdes, coberturas verdes e pavimentos permeáveis. Onze indicadores de ciclo de vida foram avaliados para unidades funcionais de 10.000 m<sup>2</sup> de área de captação. Segundo os autores, a maior limitação dos estudos anteriores consiste na avaliação sistemática dos impactos socioambientais ao longo do ciclo de vida dos sistemas. Análise de sensibilidade foi utilizada para verificar o desempenho futuro dos sistemas a partir de cenários de precipitação afetados por mudanças climáticas. Por meio desta análise, constatou-se que a precipitação máxima diária é a variável mais importante na consistência futura de desempenho nas três tipologias de sistemas avaliados na pesquisa. As áreas verdes foram consideradas os meios de captação de água mais vantajosos socioambientalmente para a cidade de Pequim. Pavimentos permeáveis apresentaram bons resultados na mitigação da saturação do solo, sendo caracterizados, no entanto, pelo baixo desempenho relacionado aos materiais fósseis empregados em sua construção.

Chiu, Liaw e Chen (2009) propuseram uma abordagem inovadora para otimizar sistemas de aproveitamento de água pluvial. A pesquisa avaliou soluções para promover economia de energia destinada ao bombeamento de água potável em comunidades localizadas em terreno montanhoso. Diferentes cenários de dimensionamento foram considerados na análise de sensibilidade para definição de um projeto otimizado de aproveitamento de água pluvial. O custo unitário de economia de água foi definido como índice de otimização para comparação dos cenários. Os volumes de reservatório mais econômicos para a comunidade de Hua-Chan, em Taiwan, variaram entre 5 m<sup>3</sup> e 10 m<sup>3</sup> a depender do tipo de moradia. Os autores ainda apontam que, para os casos estudados, o aproveitamento de água pluvial se tornou eficiente a partir da análise conjunta de economia de água e energia elétrica.

Palla, Gnecco e Lanza (2011) propuseram a utilização de variáveis adimensionais para otimização do desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial. O modelo de balanço hídrico diário utilizado determina a economia de água, taxa de extravasamento e tempo de detenção como medidas de desempenho do sistema. As análises foram realizadas considerando condições típicas do território italiano, com três regimes de precipitação e três níveis de demanda de água. Neste caso, a análise de sensibilidade foi aplicada na investigação da influência da duração das séries de precipitação nos indicadores de desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, indicando que séries diárias de 30 anos são suficientes para este tipo de aplicação. O resultado obtido pelos autores é distinto do obtido por Ghisi, Cardoso e Rupp (2012) a partir de outro método, que viabiliza a utilização séries históricas superiores a treze anos.

Heiselberg et al. (2009) definem estratégias de eficiência energética no projeto de um edifício de escritórios localizado na Dinamarca por meio de análise de sensibilidade. Segundo os autores, esse tipo de diagnóstico é especialmente eficaz se executado nas fases iniciais de projeto. Em projetos complexos, é conveniente que se identifique as variáveis mais importantes para atingir soluções mais eficientes. Mun e Han (2012) apontam que a aplicação de análise de sensibilidade para este tipo de verificação apresenta um vasto campo em expansão em termos de possibilidades de pesquisa, sobretudo direcionada aos sistemas de aproveitamento de água pluvial.



## 2.7. Síntese da revisão de literatura

A crescente urbanização tem provocado a ocorrência de problemas sociais e ambientais, tais como a escassez hídrica e as inundações urbanas (ZHANG et al., 2019; HADDAD; TEIXEIRA, 2015). O Brasil, mesmo sendo um país abundante em águas, poderá enfrentar escassez hídrica severa em algumas regiões nas próximas décadas (GHISI, 2006). Para mitigar as consequências destes fenômenos, os sistemas de aproveitamento de água pluvial têm apresentado resultados promissores.

Além de reduzirem a demanda sobre os sistemas centralizados de abastecimento de água (STEFFEN et al., 2013), os sistemas de aproveitamento de água pluvial promovem economias consideráveis de água potável (TESTON et al., 2018). Ademais, sua aplicação possibilita redução nas vazões de pico do escoamento superficial urbano (CUSTÓDIO, 2017). Benefícios complementares são atribuídos a estes sistemas, evidenciando-os como boa prática de gerenciamento dos recursos hídricos (CAMPISANO et al., 2017).

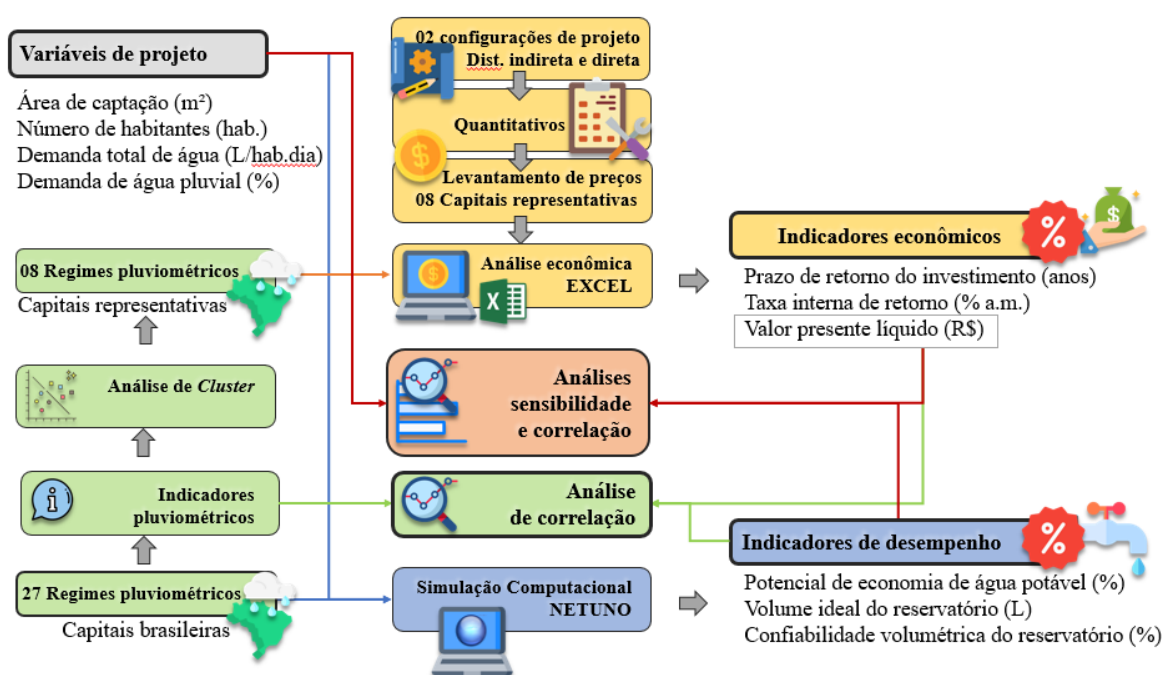
Estas vantagens, no entanto, se tornam expressivas somente a partir da aplicação abrangente dos sistemas de aproveitamento de água pluvial na escala urbana (CUSTÓDIO, 2017; FORASTÉ; HIRSCHMAN, 2010). Para isto, é fundamental que sua implantação seja economicamente viável para o usuário. Sabe-se que os sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial apresentam altos custos de instalação e longos tempos de retorno de investimento (DTU, 2001; TESTON et al., 2018). Essa realidade acaba por desencorajar possíveis investidores a adotarem esta tecnologia. Por isso, é importante o papel dos governos locais, que ao considerarem a totalidade dos benefícios desses sistemas, deveriam atuar na concessão de incentivos ou subsídios para sua aplicação (CÁCERES; RAMOS; SANT'ANA, 2019), como vem ocorrendo em diversas partes do mundo (PARTZSCH, 2009). Ganhos econômicos decorrentes da descentralização da distribuição de água nas cidades podem ser significativos (CUREAU; GHISI, 2020), e poderiam compor uma das fontes de capital para incentivar esta prática.

Esta pesquisa se propõe em avaliar as variáveis de projeto mais relevantes para o desempenho e viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial no contexto nacional. Métodos de análise de sensibilidade vêm sendo utilizados com sucesso na identificação de relações entre variáveis de projeto e indicadores de desempenho para este tipo de aplicação (SILVA; GHISI, 2016; MUN; HAN, 2012). Os resultados gerados por este estudo poderão servir de suporte na elaboração de diretrizes para elaboração de políticas públicas que buscam disseminar esta tecnologia em conjunto com seus benefícios.

### 3. Método

Séries históricas de precipitação foram obtidas para as 27 capitais brasileiras. A partir destas, foram simulados sistemas de aproveitamento de água pluvial conforme as variáveis de projeto definidas para esta pesquisa. Desta simulação, foram obtidos indicadores de desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial com abrangência nacional. Na sequência, oito capitais representativas foram selecionadas por meio de análise de agrupamentos. Nestas cidades, a influência das variáveis de projeto sobre o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial foi verificada por meio de análise de sensibilidade. O desempenho econômico dos sistemas de aproveitamento de água pluvial foi avaliado nas oito capitais representativas. Duas configurações de distribuição de água pluvial foram consideradas: direta e indireta. Quantitativos de material e mão de obra foram elaborados, sobre os quais foram levantados os preços e tarifas praticadas em cada localidade. Por meio de análise econômica, foram obtidos indicadores de desempenho econômico para estes sistemas. A influência das variáveis de projeto sobre o desempenho econômico dos sistemas de aproveitamento de água pluvial foi verificada por meio de análise de sensibilidade. Por fim, a influência dos indicadores pluviométricos sobre o desempenho e viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial também foi verificada, desta vez por meio de análises de correlação. A Figura 6 ilustra o método desenvolvido nesta pesquisa.

Figura 6 - Esquema síntese do método desenvolvido nesta pesquisa.



O método da pesquisa está detalhado ao longo das próximas seções.

### 3.1. Dados de precipitação

Dados de precipitação foram obtidos no formato diário em plataformas digitais (INMET, HidroWeb-ANA e EMBRAPA) e institutos de pesquisa para as 27 capitais brasileiras. Segundo Ghisi, Cardoso e Rupp (2012), séries históricas de precipitação superiores a treze anos são adequadas para o método de simulação escolhido para esta pesquisa. Portanto, foram priorizados períodos sem dados faltantes, conforme o critério estabelecido por estes autores. Na ocorrência de falhas pontuais com os dados de precipitação, os dias defectivos foram considerados como sem precipitação.

As séries históricas de precipitação foram caracterizadas primeiramente por meio de três indicadores, conforme praticado por Geraldi e Ghisi (2019): precipitação média anual, número médio de dias secos no ano e índice de sazonalidade. A precipitação média anual foi calculada por meio da Equação 1.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n(T_i)}{n} \quad (1)$$

Onde:

$R$  é a precipitação média anual (mm);

$T_i$  é a precipitação total de cada ano  $i$  (mm/ano);

$n$  é a duração da série histórica (anos).

O número médio de dias secos por ano foi calculado por meio da Equação 2.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n(d_i)}{n} \quad (2)$$

Onde:

$D$  é o número médio de dias secos por ano (dias);

$d_i$  é o número total de dias secos para cada ano  $i$  (dias);

$n$  é a duração da série histórica (anos).

Para caracterização das séries históricas, foi obtido o índice de sazonalidade para cada localidade. O índice descreve, por meio de um valor adimensional, a variação mensal de precipitação em uma determinada localidade. Quanto maior o valor, maior é a variação mensal de precipitação. Quanto menor o valor, melhor a distribuição de chuvas ao longo do ano (JENKINS, 2007). O índice de sazonalidade foi obtido por meio da Equação 3.

$$S = \frac{1}{A_i} * \sum_{i=1}^{12} \left| M_i - \frac{A_i}{12} \right| \quad (3)$$

Onde:

$S$  é o índice de sazonalidade (adimensional);

$A_i$  é a precipitação média anual (mm);

$M_i$  é a precipitação média mensal (mm).

As séries históricas de precipitação foram também classificadas quanto à duração média, duração máxima, desvio padrão e coeficiente de variação dos períodos sem precipitação conforme método utilizado por Silva e Ghisi (2016). Estas classificações têm como objetivo possibilitar correlações entre as características dos regimes de precipitação e o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

## 3.2. Simulação computacional

### 3.2.1. Programa Netuno

Neste trabalho, foi utilizado o programa Netuno (versão 4) para o dimensionamento e simulação computacional dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. O programa estima o potencial de economia de água potável para diferentes capacidades de reservatórios de armazenamento de água pluvial para dada configuração de consumo e disponibilidade pluviométrica. Este programa vem sendo amplamente utilizado para determinação dos potenciais de economia de água potável gerados por meio da utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial em diferentes tipologias de construções (SILVA; GHISI, 2016; GHISI; SCHONDERMARK, 2013; GÓMEZ; TEIXEIRA, 2017). O algoritmo do programa foi validado e comparado com outros métodos de dimensionamento estabelecidos pela versão anterior da NBR 15227 (ABNT, 2007) para diferentes regimes pluviométricos brasileiros, tendo produzido resultados satisfatórios (ROCHA, 2009; RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011; LOPES; MIRANDA, 2016).

Por meio de um modelo de balanço hídrico juntamente com a inserção das variáveis conhecidas e séries pluviométricas como dados de entrada, o programa executa simulações em base diária, considerando a demanda e disponibilidade de água pluvial (GHISI; CORDOVA,

2014b). A partir dos dados de entrada, o algoritmo do programa Netuno inicia calculando o volume captado de água pluvial  $Q(t)$  por meio da Equação 4 para cada dia  $t$ .

$$Q(t) = P(t) * A * c_p \quad (4)$$

Onde:

$Q(t)$  é o volume de água pluvial captado no passo de tempo  $t$  (L/dia);

$P(t)$  é a precipitação diária no passo de tempo  $t$  (mm/dia = L/m<sup>2</sup>.dia);

$A$  é a área de captação de água pluvial (m<sup>2</sup>).

$c_p$  é o coeficiente de escoamento superficial da superfície do telhado (adimensional).

A etapa seguinte consiste em determinar o volume de água consumido a cada dia  $t$  por meio da Equação 5.

$$C_{p(t)} = \min \begin{cases} d_p * D(t) * n \\ S_{(t-1)} + Q(t) \end{cases} \quad (5)$$

Onde:

$C_{p(t)}$  é o volume de água pluvial consumido no passo de tempo  $t$  (L/dia);

$d_p$  é a demanda de água pluvial (% da demanda total de água);

$D(t)$  é a demanda de água potável no passo de tempo  $t$  (L/capita.dia);

$n$  é o número de habitantes na residência (adimensional);

$S_{(t-1)}$  é o volume de água pluvial disponível no reservatório no passo de tempo  $t-1$  (L);

$Q(t)$  é o volume de água pluvial captado no passo de tempo  $t$  (L/dia).

Na sequência, o programa calcula o volume de água pluvial disponível no reservatório ao final de cada dia, por meio da Equação 6.

$$S_{(t)} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} S_{(t-1)} + Q(t) - C_{p(t)} \\ V - C_{p(t)} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (6)$$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água pluvial disponível no reservatório no passo de tempo  $t$  (L);

$S_{(t-1)}$  é o volume de água pluvial disponível no reservatório no passo de tempo  $t-1$  (L);

$Q(t)$  é o volume de água pluvial captado no passo de tempo  $t$  (L/dia);

$C_{p(t)}$  é o volume de água pluvial consumido no passo de tempo  $t$  (L/dia);

$V$  é a capacidade do reservatório de água (L).

A partir dos valores obtidos por meio das Equações 4 e 5, para cada passo de tempo  $t$ , o potencial de economia de água potável é estimado por meio da Equação 7.

$$E = 100 * \frac{\sum_{i=1}^T C_{p(t)}}{D_{(t)} * n * T} \quad (7)$$

Onde:

$E$  é a estimativa do potencial de economia de água potável (%);

$C_{p(t)}$  é o volume de água pluvial consumido no passo de tempo  $t$  (L/dia);

$D(t)$  é a demanda de água potável no passo de tempo  $t$  (L/capita.dia);

$n$  é o número de habitantes na residência (adimensional);

$T$  é o período de tempo total (número total de dias) (dia).

Nas seções seguintes, são descritas as variáveis de entrada e saída referentes à simulação computacional.

### 3.2.2. Área de captação

Segundo a ABNT (2019), a área de captação se refere à soma das projeções horizontais das áreas das superfícies que, interceptando a chuva, conduzem as águas para o reservatório inferior, em m<sup>2</sup>. Para representar diferentes padrões e tamanhos de edificações residenciais, três áreas de captação distintas foram consideradas nas simulações: 100, 200 e 300m<sup>2</sup>.

### 3.2.3. Demanda total de água

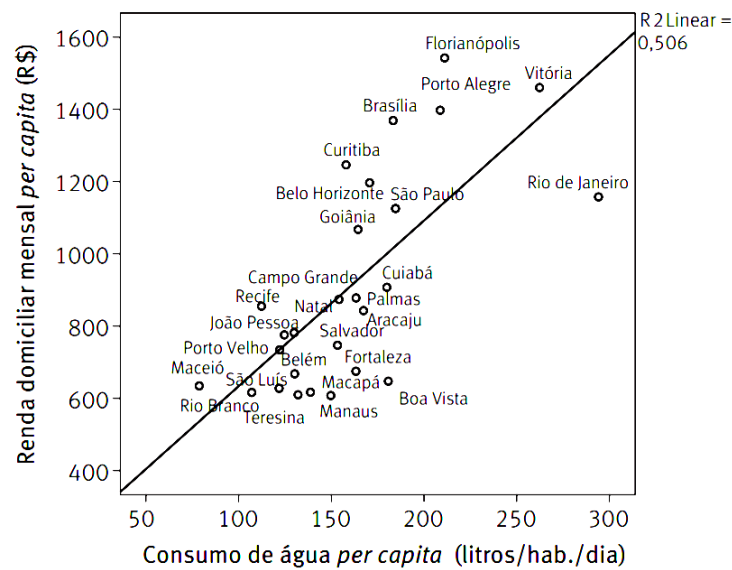
A demanda total de água, indicada no formato *per capita*, representa a quantidade de água necessária para atender a necessidades dos usuários da edificação. O programa Netuno permite a inserção deste dado no formato fixo ou variável. No primeiro caso, a demanda é considerada uniforme em todos os dias do período de análise. No segundo, a demanda varia ao longo dos dias, podendo ser informada no formato “diária” ou “mensal”, em L/dia ou L/mês, respectivamente.

Silva e Ghisi (2016) compararam os resultados de simulação computacional obtidos a partir de demandas fixas e variáveis de água. Os autores apontam que distribuições uniformes

podem ser utilizadas para simulações computacionais sem impacto significativo nos resultados de dimensionamento dos reservatórios e potenciais de economia de água potável.

Portanto, nesta etapa da pesquisa, foram simulados cenários para demandas uniformes de 100, 200 e 300 L/capita.dia, pois estes valores compreendem a maior parte do espectro de consumo de água no território nacional (CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014). A Figura 7 ilustra este consumo para as capitais brasileiras.

Figura 7 - Renda domiciliar per capita mensal por consumo urbano médio per capita de água das capitais brasileiras em 2010.



Fonte: Carmo, Dagnino e Johansen (2014).

### 3.2.4. Número de habitantes

Representa o número total de habitantes da residência ou usuários da edificação no período da análise. Nas simulações computacionais, o número de habitantes é multiplicado pela demanda *per capita* de água, resultando na demanda total de água da edificação no período. Para abranger diferentes composições familiares na ocupação residencial foram consideradas ocupações variando entre um e seis pessoas, com acréscimos unitários entre estas, totalizando seis cenários distintos para esta variável.

### 3.2.5. Demanda de água pluvial

Esta variável é definida a partir de pesquisas sobre usos finais de água em edificações residenciais, e deve estar coerente com os usos pretendidos para a água pluvial em cada

situação. Representa, em porcentagem, a parcela da demanda total de água que pode ser substituída por água pluvial.

Nesta pesquisa foram considerados três níveis distintos de demanda de água pluvial para as simulações, de modo a abranger uma ampla gama de usos para a água pluvial: 30%, 50% e 70% da demanda total de água. Conforme consta na literatura, estes valores representam faixa adequada de usos não potáveis de água em residências no contexto do território brasileiro (TESTON et al., 2018; TESTON; COLASIO; GHISI, 2017).

### 3.2.6. Coeficiente de escoamento superficial

A precipitação, ao entrar em contato com a superfície de captação do sistema de aproveitamento de água pluvial, está sujeita a perdas. Segundo Ghisi (2010), estas perdas podem ocorrer principalmente por meio da evaporação da água em contato com a cobertura e absorção da água pelas telhas. O coeficiente de escoamento superficial representa o percentual do volume total de precipitação que é coletado para o sistema de aproveitamento de água pluvial, e depende principalmente do tipo de superfície utilizado na área de captação.

Para esta pesquisa, foi definido o valor de 0,8 para o coeficiente de escoamento superficial da área de captação. Segundo pesquisas experimentais e bibliográficas sobre o tema, as coberturas convencionais apresentam coeficientes de escoamento superiores a 0,8, retendo em média cerca de 15% do escoamento. Portanto, o valor de 0,8 representa adequadamente as tipologias mais comuns de coberturas utilizadas no Brasil (MENTENS; RAES; HERMY, 2006; ROCHA, 2009).

### 3.2.7. Descarte de água de escoamento inicial (*first-flush*)

A partir das recomendações da NBR 15227 (ABNT, 2019), o valor de 2mm foi definido para o descarte de água de escoamento inicial.

### 3.2.8. Dimensionamento dos reservatórios

Nesta seção, são explicados os métodos e variáveis utilizados no dimensionamento dos reservatórios por meio de simulação computacional.



### 3.2.8.1. Reservatório superior

Em sistemas com distribuição indireta de água pluvial, a água pluvial é armazenada inicialmente no reservatório inferior, e bombeada para o reservatório superior para ser destinada aos pontos de consumo por gravidade. Nas simulações computacionais, foi considerado um volume de reservatório superior diferente para cada cenário, igual à demanda média diária de água pluvial. Este volume é calculado por meio da Equação 8 (GHISI; CORDOVA, 2014b).

$$V_{res\ sup} = d * n_{hab} * \frac{P_{subst}}{100} \quad (8)$$

Onde:

$V_{res\ sup}$  é o volume do reservatório superior definido pelo programa Netuno (L);

$d$  é a demanda de água *per capita*/dia (L);

$n_{hab}$  é o número de habitantes da edificação;

$P_{subst}$  é o percentual da demanda total de água que pode ser suprida por água pluvial (%).

Outra variável que deve ser determinada é o volume de água do reservatório superior abaixo do qual há recalque do reservatório inferior para o superior. Para esta pesquisa foi determinado o valor de 10%, ou seja, supõe-se que o recalque inicia a partir do momento em que o reservatório superior atinge 10% de sua capacidade total. No caso de ausência de água no reservatório inferior, o programa Netuno considera que o abastecimento é realizado pela concessionária.

Sistemas que adotam distribuição direta de água pluvial não necessitam de reservatório superior. Nestes casos, avaliados na simulação econômica, esta informação foi informada ao programa Netuno por meio da opção “não utilizar reservatório superior”.

### 3.2.8.2. Reservatório inferior

Para a simulação do reservatório inferior, o programa Netuno utiliza os mesmos critérios de dimensionamento, independente da presença de reservatório superior. Portanto, as variáveis abaixo são válidas e foram utilizadas nas duas configurações de projeto considerados nesta pesquisa.

Nestes casos, foi utilizado o recurso do programa Netuno que permite a simulação para reservatórios com diversos volumes. Estes são testados individualmente pelo programa,

dentro de um intervalo preestabelecido. O volume do reservatório inferior foi simulado partindo de zero litro, em intervalos de 1.000 litros até o volume máximo de 50.000 litros.

A partir destas simulações, o programa escolhe o volume ideal do reservatório para cada cenário a partir de um quociente informado pelo usuário, apresentado na Equação 9.

$$\Delta_{ideal} = \frac{\Delta p_{pluvial}}{\Delta V_{inf}} \quad (9)$$

Onde:

$\Delta_{ideal}$  é a variável indicada pelo usuário (%/m<sup>3</sup>);

$\Delta p_{pluvial}$  é a variação no percentual de utilização de água pluvial entre dois reservatórios consecutivos simulados (%);

$\Delta V_{inf}$  é a variação no volume do reservatório inferior percentual da demanda total de água que pode ser suprida por água pluvial (%).

Para esta pesquisa, o reservatório ideal foi definido no ponto em que o potencial de economia de água potável atingido variar 2,00% ou menos quando aumentada a capacidade do reservatório em 1.000 litros.

### 3.2.9. Variáveis de projeto (dados de entrada)

A Tabela 2 apresenta os dados de entrada utilizados na simulação computacional. Nesta etapa, foram simulados 8.748 cenários correspondentes as 27 capitais brasileiras.

Tabela 2 - Dados de entrada para simulação computacional para as capitais brasileiras.

Variável	Unidade	Entrada no programa
Precipitação	-	27 capitais brasileiras
Coefficiente de escoamento	%	80
Área de captação	m <sup>2</sup>	100, 200 e 300
Número de habitantes	hab.	1, 2, 3, 4, 5 e 6
Demanda total de água	L/hab.dia	100, 200 e 300
Demanda de água pluvial (em % da demanda total)	%	30, 50 e 70
Descarte de água do escoamento inicial	mm	2
Volume do reservatório superior	L	variável
Volume do reservatório inferior	L	1.000 - 50.000 (em intervalos de 1.000) $\Delta_{ideal} = 2\%$

### 3.2.10. Indicadores de desempenho da simulação computacional

A seguir, são apresentados os indicadores de desempenho a ser avaliados a partir da simulação computacional, que representam as variáveis dependentes do modelo estudado. Os dois primeiros indicadores são o potencial de economia de água potável e o volume ideal do reservatório inferior. Ambos foram calculados simultaneamente pelo programa Netuno na etapa de simulação computacional, a partir dos métodos apresentados anteriormente, nas seções 3.2.1 (que apresenta o algoritmo do programa Netuno) e 3.2.8 (que apresenta o método de dimensionamento dos reservatórios).

Para complementar a análise foi calculada a confiabilidade volumétrica do reservatório, ou seja, a proporção de demanda de água não potável atendida pela água pluvial (MCMAHON, 1993). A confiabilidade volumétrica do reservatório foi calculada por meio da Equação 10.

$$C_v = \frac{E}{D_p} \quad (10)$$

Onde:

$C_v$  é a confiabilidade volumétrica do reservatório (%);

$E$  é o potencial de economia de água potável observado na simulação (%);

$D_p$  é a demanda de água pluvial utilizada como dado de entrada na simulação (%).

Este indicador consiste na terceira variável dependente a ser analisada. Deste modo, os três indicadores de desempenho abaixo foram analisados referentes à simulação computacional:

- O potencial de economia de água potável ( $E$ , %);
- A capacidade ideal do reservatório inferior ( $V_{ideal}$ , L);
- A confiabilidade volumétrica do reservatório ( $C_v$ , %).

### 3.3. Análise econômica

Para a análise econômica, foram selecionadas oito cidades representativas dentre as 27 capitais brasileiras. Além disso, foram ajustadas outras variáveis de entrada conforme apresentado a seguir, na seção 3.3.3.

Duas configurações de projeto foram considerados nesta pesquisa, contemplando sistemas de distribuição de água pluvial distribuída direta e indiretamente. A partir dos projetos, foram elaborados orçamentos que contemplam os itens necessários para instalação dos sistemas em novas edificações. Custos de reservatórios foram levantados para cada cidade via telefone, e-mail ou consulta *online* em lojas e fornecedores locais. Foram consultados no mínimo três fornecedores distintos, sendo que o menor preço encontrado foi utilizado nas análises. Para os demais insumos, foram utilizadas as composições unitárias e preços de insumos do banco de dados da Caixa Econômica Federal (SINAPI, 2020) para as oito localidades escolhidas. Nas análises econômicas, foram utilizadas planilhas eletrônicas no programa *Microsoft Excel*, elaboradas segundo os critérios apresentados a seguir.

#### 3.3.1. Seleção dos locais de estudo

Para a análise econômica e análise de sensibilidade, foram selecionadas oito cidades representativas dentre as 27 capitais brasileiras. A seleção buscou contemplar as diferentes características pluviométricas presentes no território brasileiro, assim como as distintas realidades socioeconômicas do país e a possibilidade de comparação com resultados da literatura.

Cada uma das 27 capitais foi classificada quanto às suas características pluviométricas, conforme descrito na seção 3.1. Os indicadores obtidos a partir desta classificação foram usados como variáveis para uma análise de agrupamentos (análise de *cluster*), que agrupou as cidades considerando a similaridade entre suas características pluviométricas. A Tabela 3 apresenta as características principais de cada uma destas cidades.

Tabela 3 - Precipitação e localização geográfica das 27 capitais brasileiras.

<b>Cidade - estado</b>	<b>Latitude/Longitude</b>	<b>Precipitação média entre 1981-2010 (mm/ano)</b>
Belém - PA	-01° 27' 21" / -48° 30' 14"	3084
Macapá - AP	00° 02' 19" / -51° 03' 59"	2550
Rio de Janeiro - RJ	-22° 54' 10" / -43° 12' 28"	2366
Recife - PE	-08° 03' 14" / -34° 52' 51"	2263
Porto Velho - RO	-08° 45' 43" / -63° 54' 14"	2255
Manaus - AM	-03° 06' 00" / -60° 01' 00"	2249
São Luís - MA	-02° 31' 48" / -44° 18' 10"	2200
Rio Branco - AC	-09° 58' 16" / -67° 48' 40"	1998
João Pessoa - PA	-07° 05' 00" / -34° 50' 00"	1914
Salvador - BA	-13° 00' 00" / -38° 31' 00"	1872
Maceió - AL	-09° 39' 57" / -35° 44' 06"	1867
Palmas - TO	-10° 11' 04" / -48° 20' 01"	1832
Boa Vista - RR	02° 49' 12" / -60° 40' 19"	1712
Fortaleza - CE	-03° 43' 06" / -38° 32' 34"	1669
Goiânia - GO	-16° 40' 00" / -49° 15' 00"	1634
São Paulo - SP	-23° 33' 01" / -46° 38' 02"	1616
Belo Horizonte - MG	-19° 55' 00" / -43° 56' 00"	1603
Natal - RN	-05° 47' 42" / -35° 12' 32"	1589
Curitiba - PR	-25° 25' 47" / -49° 16' 19"	1576
Florianópolis - SC	-27° 35' 48" / -48° 32' 57"	1559
Brasília - DF	-15° 47' 38" / -47° 52' 58"	1495
Campo Grande - MS	-20° 28' 53" / -54° 36' 58"	1455
Porto Alegre - RS	-30° 01' 58" / -51° 13' 48"	1425
Cuiabá - MT	-15° 35' 45" / -56° 05' 49"	1364
Teresina - PI	-05° 05' 20" / -42° 48' 07"	1325
Vitória - ES	-20° 19' 08" / -40° 20' 16"	1319
Aracaju - SE	-10° 54' 36" / -37° 04' 12"	1300

Fonte: Dados de precipitação do INMET (2018).

O processo de agrupamento foi executado a partir do método descrito por Oliveira (2015) com uso da ferramenta *solver* do programa *Microsoft Excel*. O critério estatístico usado para agrupamento dos indicadores foi a distância euclidiana. Detalhes sobre a aplicação do método podem ser consultados no trabalho de Istchuk e Ghisi (2020). Para a seleção das oito cidades, foi considerado o agrupamento das 27 cidades em seis grupos distintos. Uma cidade foi escolhida por grupo, em conjunto com mais duas cidades que contemplassem outros critérios descritos no início desta seção. As cidades selecionadas são apresentadas nos resultados da pesquisa, na seção 4.1.

### 3.3.2. Configurações de projeto

Para determinação dos custos de instalação e operação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial neste trabalho, foram desenvolvidas duas configurações de projeto residencial unifamiliar de aproveitamento de água pluvial. O projeto foi concebido em conformidade com a NBR 15227 (ABNT, 2019) e representa as exigências mínimas relacionadas aos sistemas de aproveitamento de água pluvial em duas configurações de distribuição de água pluvial: direta e indireta.

A primeira configuração de projeto, com distribuição indireta de água pluvial, contempla a captação de água por meio da cobertura, a utilização de dois reservatórios, e uma motobomba controlada eletronicamente para recalque do volume de água utilizado pelos habitantes da residência. A distribuição de água para os pontos de utilização por gravidade a partir do reservatório superior. Na segunda configuração, a água pluvial é armazenada no reservatório inferior é distribuída de forma direta para os pontos de utilização por meio de um pressurizador. Detalhes sobre as duas configurações podem ser consultados na seção 2.1.

### 3.3.3. Variáveis de projeto

Nesta etapa da pesquisa, foram ajustadas as variáveis com relação à simulação computacional. A Tabela 4 apresenta os dados de entrada das simulações econômicas.

Tabela 4 - Dados de entrada para análise econômica para as capitais brasileiras.

Variável	Unidade	Entrada no programa
Precipitação	-	8 capitais representativas
Configuração de projeto	-	Distribuição indireta de água pluvial <sup>1</sup> Distribuição direta de água pluvial <sup>2</sup>
Coefficiente de escoamento	%	80
Área de captação	m <sup>2</sup>	100, 200 e 300
Número de habitantes	ocupante	2, 4, e 6
Demanda total de água	L/hab.dia	165
Demanda de água pluvial (em % da demanda total)	%	30, 50 e 70
Descarte de água do escoamento inicial	mm	2
Volume do reservatório superior	L	<sup>1</sup> variável <sup>2</sup> zero
Volume do reservatório inferior	L	1.000 - 50.000 (em intervalos de 1.000) $\Delta_{ideal} = 2\%$

O número de habitantes foi avaliado em três ao invés dos seis níveis usados na simulação computacional. A demanda total de água foi avaliada em um nível único (165 L/hab.dia), correspondente à média de consumo observada dentre as oito capitais representativas (CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014).

### 3.3.4. Convenções de projeto adotadas

O Quadro 1 apresenta as convenções de projeto adotadas para definição dos custos de instalação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Os custos foram divididos de modo a descrever e categorizar os principais componentes destes sistemas.

Quadro 1 - Convenções de projeto definidas para definição dos custos de instalação.

Item	Convenção	
Reservatórios	Tipo	Fibra de vidro, tipo comum, com tampa
Instalações hidráulicas	Material	PVC
	Incluso	Ramais de distribuição de água pluvial
		Ramais extravasor e de limpeza nos reservatórios
		Sistema alimentador de água potável para épocas secas
		Ramal de recalque (apenas no sistema com motobomba)
Obra civil	Reservatório enterrado	Escavação manual
		Base nivelada com 5cm de brita
		Paredes de alvenaria nas bordas da cavidade
		Tampa de concreto pré-moldado
	Sistema extravasor	Escavação manual
		Caixas de inspeção em concreto pré-fabricado
Captação	Calhas	PVC - conforme área de captação
	Filtros	Filtro em PVC conforme NBR 15527 (ABNT, 2019)
	<i>First-flush</i>	Barris plásticos de 200L, conforme área de captação
		Inclui registros e tubos de PVC necessários à operação
Instalações elétricas	Sensores de nível	Boias elétricas
	Controle de vazão	Válvula solenoide (alimentador para épocas secas)
	Dosador de cloro	Não considerado
	Fiação	Inclui cabos e conduítes
	Moto bomba	Potência ½ CV;
		Inclui placa de circuito elétrico para acionamento automático
	Pressurizador	½ CV;
Controlado por pressostato embutido		
		Inclui placa de circuito elétrico para ligar e desligar
Mão de obra	Considerada em todos os itens de acordo com a base nacional de custos SINAPI para as localidades avaliadas (SINAPI, 2021).	

Com base nos projetos padrão com distribuição indireta e direta de água pluvial, assim como as convenções de projeto adotadas nesta pesquisa, foram desenvolvidos levantamentos quantitativos de materiais e mão de obra. Os quantitativos consideram somente os componentes correspondentes ao sistema de aproveitamento de água pluvial, descrevendo assim os custos relativos à implantação desse tipo de sistema em novas construções. A lista completa de itens considerados para determinação dos custos iniciais desta pesquisa pode ser consultada no Apêndice A.

### 3.3.5. Custos de operação

Os custos de operação buscaram compreender as despesas esperadas para um sistema típico de aproveitamento de água pluvial. Foram considerados custos de energia elétrica para bombeamento ou pressurização da água pluvial, manutenção do sistema e desinfecção da água. Ao longo da vida útil do projeto, foi considerado sobre estes custos um acréscimo inflacionário de 0,40% a.m. conforme metas e histórico do relatório de inflação do Banco Central do Brasil (BCB, 2021).

Vieira et al. (2014) pesquisaram o consumo de energia elétrica de sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial. Entre estudos teóricos e empíricos, foram obtidos, respectivamente, valores medianos de 0,20 e 1,40 kWh/m<sup>3</sup> em função do consumo de água pluvial. Com base nesta faixa, o valor de 0,80 kWh/m<sup>3</sup> foi adotado como referência para os sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta. Sistemas com distribuição direta de água, que utilizam pressurizadores, tendem a apresentar um consumo reduzido de energia se comparados aos sistemas que utilizam motobomba devido a maior tecnologia embutida nesse tipo de equipamento (Vieira et al., 2014). Portanto, uma redução de 25% foi adotada e aplicada no consumo de energia dos sistemas de aproveitamento de água pluvial que utilizam pressurizador, resultando em 0,60 kWh/m<sup>3</sup> de consumo de água pluvial neste caso. Para determinação dos custos de energia elétrica necessária para bombeamento ou pressurização de água pluvial, tarifas de energia elétrica foram obtidas individualmente para cada uma das capitais representativas (apresentadas na seção 4.1) conforme apresentado na Tabela 5.



Tabela 5 - Tarifas de energia elétrica consideradas nesta pesquisa.

<b>Cidade</b>	<b>Concessionária</b>	<b>Tarifa (R\$/kWh)</b>
Belém-PA	CELPA	0,70
Belo Horizonte-MG	CEMIG	0,64
Brasília-DF	CEB	0,54
Campo Grande-MS	ENERGISA	0,65
Florianópolis-SC	CELESC	0,76
Recife-PE	CELPE	0,57
Salvador-BA	COELBA	0,62
São Paulo-SP	EDP	0,54

Fonte: ANEEL (2021)

Custos anuais de manutenção foram assumidos como 1,00% do custo de investimento inicial. Segundo Severis et al. (2019), que também adotaram este valor em sua pesquisa, a taxa está de acordo com as práticas recomendadas com relação a este tipo de sistema. Custos de desinfecção da água pluvial também foram considerados assim como praticado por Severis et al. (2019). Assumiu-se que 1L de hipoclorito de sódio 12% (NaClO) pode tratar até 60m<sup>3</sup> de água pluvial a um custo de R\$ 3,19 por litro de desinfetante. Além do material, custos associados à operação de desinfecção não foram considerados.

Foi considerada vida útil total de 30 anos para os sistemas de aproveitamento de água pluvial, conforme apontado por Sant'Ana, Boeger e Monteiro, (2014). Este período corresponde à duração total da análise econômica.

### 3.3.6. Economia de água

Para determinar os benefícios econômicos gerados pelo sistema ao longo de sua vida útil, a economia de água potável por meio da utilização de água pluvial foi calculada mensalmente em cada cenário. Custos de esgoto foram considerados em todos os cenários conforme praticado por cada concessionária. O Quadro 2 apresenta a lista das empresas consultadas para a obtenção das tarifas de água da rede pública em cada uma das capitais representativas (apresentadas na seção 4.1.).

Quadro 2 - Concessionárias de água e esgoto consultadas para a realização desta pesquisa.

Cidade	Concessionária	Referência
Belém-PA	CONSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	CONSANPA, 2019
Belo Horizonte-MG	COPASA - Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais	ARSAE, 2020
Brasília-DF	CAESB - Companhia de Saneamento do Distrito Federal	CAESB, 2020
Campo Grande-MS	AEGEA - Águas Guararioba	AEGEA, 2021
Florianópolis-SC	CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	CASAN, 2021
Recife-PE	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	COMPESA, 2021
Salvador-BA	EMBASA - Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A.	EMBASA, 2019
São Paulo-SP	SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	SABESP, 2020

As tarifas de água foram reajustadas anualmente considerando índice de inflação de 0,40% a.m. O valor foi definido conforme metas e histórico do relatório de inflação do Banco Central do Brasil (BCB, 2021). O consumo inicial de água utilizado para obter o custo original de água sem a presença do sistema de aproveitamento de água pluvial foi determinado mensalmente em cada cenário por meio da Equação 11.

$$W_0 = n * Q * d \quad (11)$$

Onde:

$W_0$  é o consumo inicial de água potável (litros/mês);

$n$  é o número de habitantes (pessoas);

$Q$  é a demanda de água potável (litros/ocupante.dia);

$d$  é o número de dias em determinado mês (dias).

O consumo de água utilizado para obter o custo de água após a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi determinado mensalmente em cada cenário por meio das Equações 12 e 13.

$$W_r = W_0 * P_{ws} \quad (12)$$

Onde:

$W_r$  é o consumo mensal de água pluvial (litros/mês);

$W_0$  é o consumo inicial de água potável (litros/mês);

$P_{ws}$  é o potencial de economia de água potável obtido na simulação computacional (%).

$$W_1 = W_0 - W_r \quad (13)$$

Onde:

$W_1$  é o consumo de água potável mensal após a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial (litros/mês);

$W_0$  é o consumo inicial de água potável (litros/mês);

$W_r$  é o consumo mensal de água pluvial (litros/mês).

Por fim, o cálculo do benefício financeiro gerado mensalmente por meio da instalação do sistema de água pluvial se deu pela Equação 14.

$$B = C_{W_0} - C_{W_1} \quad (14)$$

Onde:

$B$  é o benefício financeiro mensal gerado pela instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

$C_{W_0}$  é o custo mensal de água antes da instalação sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

$C_{W_1}$  o custo mensal de água após a instalação sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês).

### 3.3.7. Indicadores de desempenho da análise econômica

Nesta seção, são apresentados os indicadores de desempenho a ser avaliados a partir da análise econômica. Eles completam a descrição das variáveis dependentes do modelo estudado. Para efeito de análise, os indicadores abaixo foram correlacionados com o consumo mensal de água pluvial, apresentado na seção anterior.

O primeiro indicador de desempenho da análise econômica é o prazo de retorno de investimento. O prazo de retorno de investimento indica o período de tempo que leva para um investimento gerar benefícios financeiros suficientes para se pagar. Quanto menor o período de retorno, melhor o investimento, e sistemas com períodos de retorno acima de sua vida útil são considerados inviáveis economicamente (SANT'ANA; BOEGER; MONTEIRO, 2014).

Nesta pesquisa, para o cálculo do prazo de retorno de investimento foi utilizado o método do *payback* corrigido, calculado por meio da Equação 15.

$$PRI = \frac{K}{[\sum_1^{12}(E_a * C_a)] - C_o} \quad (15)$$

Onde:

*PRI* é o prazo de retorno de investimento (anos);

*K* é o custo capital de investimento (R\$);

*E<sub>a</sub>* é a economia de água mensal (m<sup>3</sup>);

*C<sub>a</sub>* é o custo de água mensal (R\$/m<sup>3</sup>), corrigido para a data-base do investimento;

*C<sub>o</sub>* é o custo de operação anual (R\$), corrigido para a data-base do investimento.

Isoladamente, a análise do prazo de retorno não é suficiente para descrever a viabilidade econômica de um investimento, pois não considera a economia financeira total gerada durante a vida útil do sistema de aproveitamento de água pluvial (SANT'ANA; BOEGER; MONTEIRO, 2014). A análise do valor presente líquido desses sistemas foi realizada considerando uma vida útil de 30 anos. O valor presente líquido pode ser calculado por meio da Equação 16.

$$VPL = K_o \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + i)^t} \quad (16)$$

Onde:

*VPL* é o valor presente líquido (R\$);

*K<sub>o</sub>* é o custo capital no ano zero (R\$);

*B<sub>t</sub>* é o benefício no ano *t* (R\$/ano);

*C<sub>t</sub>* é o custo no ano *t* (R\$/ano);

*i* é a taxa de juro anual (%);

*t* é a contagem do passo de tempo (anos);

*n* é a vida útil do sistema (anos).

O terceiro indicador de desempenho da análise econômica é a taxa interna de retorno. Ghisi e Cordova (2014b) a definem por meio da taxa de juros que iguala, em determinado momento do tempo, o valor presente dos benefícios (economia total na conta de água) com o das saídas (custos de instalação e manutenção) previstas de caixa. Para verificação de viabilidade econômica, este valor pode ser comparado diretamente com a taxa mínima de atratividade estabelecida para o investimento. Para este estudo, a taxa mínima de atratividade

considerada é de 0,50% a.m., visto que se trata de valor comum em investimentos de renda fixa no Brasil. A taxa interna de retorno pode ser descrita como a taxa que satisfaz a Equação 17, e pode ser calculada em base mensal ou anual.

$$VPL = 0 = K + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + TIR)^t} \quad (17)$$

Onde:

$VPL$  é o valor presente líquido (R\$);

$K_o$  é o custo capital no ano zero (R\$);

$C_t$  é o custo no ano  $t$  (R\$/ano);

$TIR$  é a taxa interna de retorno (% ao ano);

$t$  é a contagem do passo de tempo (anos);

$n$  é a vida útil do sistema (anos).

Portanto, para cada um dos cenários da simulação econômica foram analisados três indicadores, que descrevem o desempenho econômico dos sistemas de aproveitamento de água pluvial:

- O prazo de retorno de investimento (*payback*, anos);
- O valor presente líquido (VPL, R\$);
- A taxa interna de retorno (TIR, % a.m.).

### 3.4. Análise de sensibilidade

A determinação da influência das variáveis de projeto e suas interações sobre os indicadores de desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial foram feitas por meio de análise de sensibilidade. Esta etapa da pesquisa foi realizada nas localidades representativas selecionadas, conforme apresentado na seção 4.1. A análise de sensibilidade foi realizada em dois momentos distintos ao longo da pesquisa. Primeiramente, foi avaliada a influência das variáveis de projeto (seção 3.2.9) sobre os resultados da simulação computacional (seção 3.2.10). A segunda análise de sensibilidade foi realizada para analisar a influência das mesmas variáveis, incluindo volume de reservatório inferior (resultante da simulação computacional) sobre o valor presente líquido obtido na análise econômica (ver seção 3.3.7).

A influência das variáveis foi determinada até os efeitos de segunda ordem por meio de um experimento fatorial completo baseado em análise de variância (ANOVA linear) (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). A ferramenta escolhida para executar as análises de sensibilidade foi o Minitab® 18 *Statistical Software*. O indicador utilizado para a análise de sensibilidade foi o valor-F, calculado por meio da Equação 18 para os efeitos de primeira e segunda ordem.

$$F(x) = \frac{MQ(x)}{MQ(Erro)} \quad (18)$$

Onde:

$MQ(x)$  é a média dos quadrados da variável  $x$  para uma variável dependente  $y$ ;

$F(x)$  é o valor-F para a variável  $x$ ;

$MQ(Erro)$  é a média dos quadrados das variâncias não computadas, por exemplo, as variâncias além dos efeitos de terceira ordem.

Os valores-F obtidos passaram por normalização linear a partir do maior valor observado em cada conjunto (assumido como 1,0) para permitir a comparação entre os índices de sensibilidade de diferentes indicadores de desempenho (variáveis dependentes), assim como entre trabalhos acadêmicos distintos.

### 3.5. Relação entre regime pluviométrico e desempenho

O terceiro objetivo específico deste trabalho consiste em estabelecer relações entre os regimes pluviométricos estudados e os indicadores de desempenho e viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Os indicadores dos regimes pluviométricos (seção 3.1) foram avaliados por meio de correlação de *Pearson* e *Spearman* com os indicadores de desempenho (variáveis dependentes) da simulação computacional (seção 3.2.10) e com o valor presente líquido obtido na análise econômica (seção 3.3.7).

## 4. Resultados

### 4.1. Localidades selecionadas

Para a seleção das oito capitais representativas, os regimes pluviométricos das 27 capitais brasileiras foram caracterizados conforme apresentado na seção 3.1. A Tabela 6 compara os indicadores obtidos entre as cidades analisadas.

Tabela 6 - Comparativo de indicadores de regime pluviométrico entre as capitais brasileiras.

Cidade - estado	Precipitação média anual (mm)	Número médio de dias secos por ano (dias)	Índice de sazonalidade (adimensional)	Períodos sem precipitação			
				Duração média (dias)	Desvio padrão (dias)	Coefficiente de variação (%)	Duração máxima (dias)
Belém-PA	2998	98	0,46	1,84	1,59	0,86	18
Macapá-AP	2502	172	0,56	3,41	6,31	1,85	105
Rio de Janeiro-RJ	2454	222	0,18	4,00	3,83	0,96	28
Manaus-AM	2430	181	0,45	2,72	3,17	1,17	36
Recife-PE	2360	145	0,56	2,58	2,63	1,02	18
São Luís-MA	2074	219	0,82	5,01	10,13	2,02	108
Rio Branco-AC	1970	205	0,54	3,10	3,80	1,23	45
João Pessoa-PB	1913	170	0,60	2,82	3,19	1,13	41
Boa Vista-RR	1885	225	0,74	4,38	6,43	1,47	59
Florianópolis-SC	1857	198	0,22	3,17	3,08	0,97	24
Porto Velho-RO	1764	256	0,58	4,10	7,04	1,72	76
Salvador-BA	1754	170	0,48	2,94	2,82	0,96	22
Natal-RN	1740	193	0,64	3,04	3,52	1,16	37
Palmas-TO	1705	229	0,74	4,72	14,78	3,13	131
Maceió-AL	1705	166	0,56	3,32	4,09	1,23	35
São Paulo-SP	1658	238	0,53	4,32	5,49	1,27	51
Curitiba-PR	1642	195	0,20	2,89	2,83	0,98	38
Goiânia-GO	1576	234	0,74	5,19	13,20	2,54	126
Porto Alegre-RS	1569	214	0,14	3,40	2,64	0,78	16
Brasília-DF	1499	237	0,74	6,29	15,75	2,50	128
Belo Horizonte-MG	1486	263	0,74	6,71	11,91	1,77	97
Fortaleza-CE	1481	214	0,80	3,98	5,77	1,45	65
Campo Grande-MS	1479	235	0,47	4,86	7,75	1,60	90
Cuiabá-MT	1461	237	0,62	4,20	8,02	1,91	93
Vitória-ES	1397	231	0,40	4,46	4,62	1,04	50
Teresina-PI	1349	252	0,85	5,06	7,76	1,53	95
Aracaju-SE	1100	224	0,57	3,99	5,06	1,27	39

Pode-se observar, na Tabela 6, grande heterogeneidade de características entre os regimes pluviométricos das capitais brasileiras. Entre a capital mais chuvosa (Belém) e a mais seca (Aracaju), existe uma diferença superior a 1800mm/ano de precipitação. Belo Horizonte é a capital com maior número de dias secos no ano (263), enquanto Belém se situa no outro

extremo, com apenas 98 dias sem chuva anualmente. O índice de sazonalidade aponta Porto Alegre como a capital com menor variação sazonal de precipitação no Brasil (0,14), enquanto Teresina (0,85) apresenta a distinção mais evidente entre estações secas e chuvosas. Os períodos sem chuva duram, em média dois dias na cidade de Belém, e sete dias na cidade de Belo Horizonte. Brasília foi a cidade que apresentou maior desvio padrão (15,75) na duração dos períodos sem precipitação, enquanto Belém é caracterizada pelo menor (1,59). Porto Alegre apresentou o menor coeficiente de variação nos períodos sem precipitação (0,78%) enquanto Palmas apresentou o maior (3,13%). O maior período sem chuva foi observado na cidade de Palmas, com duração de 108 dias. Nas cidades de Belém e Recife, por outro lado, o maior período sem chuva registrado nas séries de treze anos foi de apenas dezoito dias.

A partir dos indicadores apresentados na Tabela 5, as cidades foram agrupadas considerando a similaridade entre suas características pluviométricas. A partir do agrupamento das cidades em seis grupos distintos, foram selecionadas oito capitais representativas para as análises de sensibilidade e econômica. A escolha das oito cidades representativas buscou atender os critérios estabelecidos na seção 3.1 (variabilidade pluviométrica, socioeconômica e possibilidade de comparação dos resultados com a literatura). Também foi considerada a população das cidades, sendo priorizadas, quando possível, as cidades mais populosas do grupo, priorizando a representatividade dos resultados. Com exceção das simulações computacionais iniciais, que foram feitas para todas as cidades, as demais análises foram realizadas somente para o conjunto representativo. O Quadro 3 apresenta o agrupamento utilizado e as cidades selecionadas para o estudo, sublinhadas.

Quadro 3 - Agrupamento considerado e cidades selecionadas para o estudo.

<b>Grupo</b>	<b>Cidades</b>
1	<u>Belém</u> , Manaus, <u>Recife</u>
2	João Pessoa, Macapá, Maceió, Natal, Rio Branco, <u>Salvador</u>
3	Curitiba, <u>Florianópolis</u> , Porto Alegre, Rio de Janeiro
4	<u>Brasília</u> , Goiânia, Palmas, São Luís
5	Aracaju, Boa Vista, <u>Campo Grande</u> , Cuiabá, Fortaleza, Porto Velho, <u>São Paulo</u> , Vitória
6	<u>Belo Horizonte</u> , Teresina

Cada grupo apresentou características distintas em termos do comportamento de seus indicadores pluviométricos. A Tabela 7 descreve as características de cada um por meio das médias dos indicadores pluviométricos de cada grupo.



Tabela 7 - Indicadores médios de cada agrupamento pluviométrico.

<b>Grupo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
Precipitação média anual (mm)	2596	1931	1881	1714	1528	1418	
Número médio de dias secos por ano (dias)	141	179	207	230	233	258	
Índice de sazonalidade (adimensional)	0,49	0,56	0,19	0,76	0,59	0,80	
Períodos sem precipitação	Duração média (dias)	2,38	3,11	3,37	5,30	4,29	5,89
	Desvio padrão (dias)	2,46	3,96	3,10	13,47	6,27	9,84
	Coeficiente de variação (%)	1,02	1,26	0,92	2,55	1,47	1,65
	Duração máxima (dias)	24	48	27	123	65	96

O primeiro grupo concentra cidades cuja precipitação anual é muito alta e os dias sem precipitação são mais escassos. Há distinção entre a estação chuvosa e outra mais seca, porém as estiagens mais severas tendem a durar menos de 24 dias. Períodos sem precipitação duram, em média, menos de três dias, acompanhados de indicadores de dispersão relativamente baixos. Estas características definem o Grupo 1 por chuvas muito abundantes e bem distribuídas.

O grupo 2 também é caracterizado pelas chuvas abundantes. No entanto, tende a ser ligeiramente mais seco que o primeiro, com a presença de mais dias sem precipitação no ano e sazonalidade mais acentuada. Em média, os períodos secos duram menos de três dias, mas podem chegar até 48 dias, em média. O Grupo 2 também pode ser definido pelas chuvas abundantes e bem distribuídas, porém de forma menos acentuada que o primeiro grupo.

O terceiro grupo é caracterizado, sobretudo, pelo mais baixo índice de sazonalidade. Isto significa chuvas muito bem distribuídas ao longo do ano. Apesar de apresentar menor precipitação média anual e mais dias secos no ano que os dois grupos anteriores, o Grupo 3 concentra períodos sem precipitação inferiores a quatro dias. As estiagens máximas observadas neste grupo tendem a durar menos de um mês, em média.

O Grupo 4 concentra cidades com disponibilidade pluviométrica razoável e distinção muito clara entre as estações chuvosa e seca. As estiagens, neste grupo, duram em média cinco dias. No entanto, os altos índices de dispersão observados indicam que existem períodos de estiagem mais longos. Em média, estes períodos podem durar até 123 dias nas cidades do Grupo 4.

O quinto grupo é o maior deles, e contempla oito cidades. A disponibilidade pluviométrica é relativamente baixa se comparada à média nacional. A distinção entre a estação seca e a chuvosa não é tão acentuada, apesar de significativa. Por fim, o Grupo 6 contempla cidades cuja disponibilidade pluviométrica está entre as mais baixas do país, em conjunto com uma distinção muito clara entre a estação seca e a chuvosa. No Grupo 6, há a maior quantidade média de dias sem precipitação anualmente (258).

## 4.2. Simulação computacional

A seguir são apresentados os resultados de simulação computacional de sistemas de aproveitamento de água pluvial para as 27 capitais brasileiras. Além destes resultados, são apresentadas análises de correlação entre os indicadores pluviométricos e os indicadores de desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

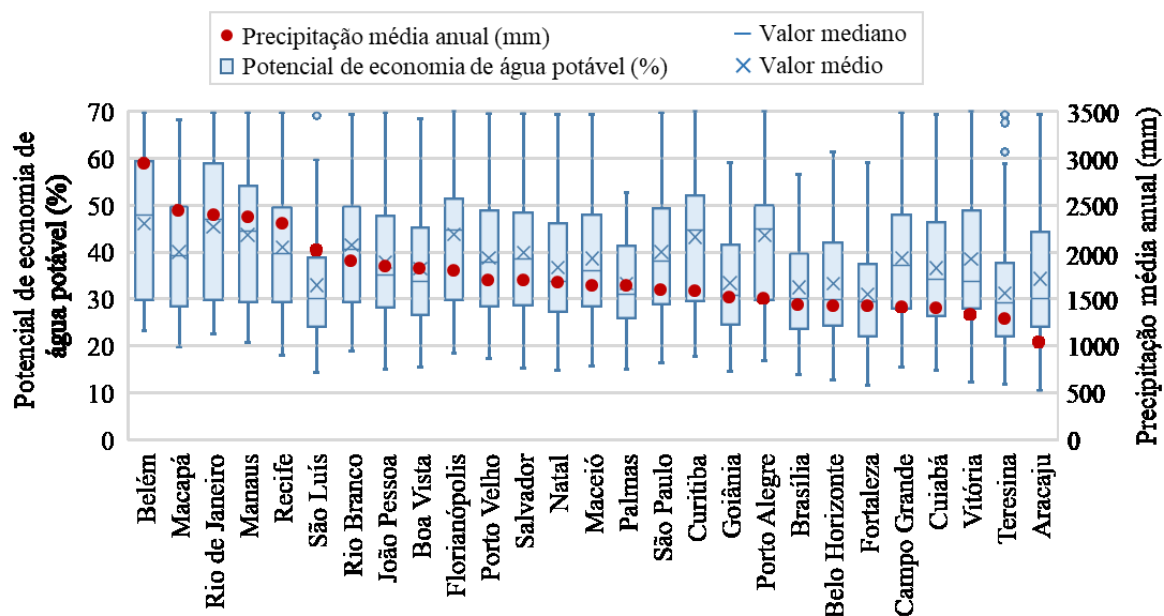
### 4.2.1. Indicadores de desempenho

A partir das variáveis de projeto descritas na seção 3.2.10, foram simulados 8.748 cenários de sistemas de aproveitamento de água pluvial, correspondentes as 27 capitais brasileiras.

#### 4.2.1.1. Potencial de economia de água potável

A Figura 8 apresenta os potenciais de economia de água potável obtidos na simulação para as capitais brasileiras.

Figura 8 - Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para as capitais brasileiras.



Demandas de água pluvial entre 20% e 70% da demanda total de água foram utilizadas como variável de entrada nas simulações. Pode-se notar, na Figura 11, que nem todas as cidades conseguiram suprir plenamente esta demanda, com destaque para São Luís, Palmas,

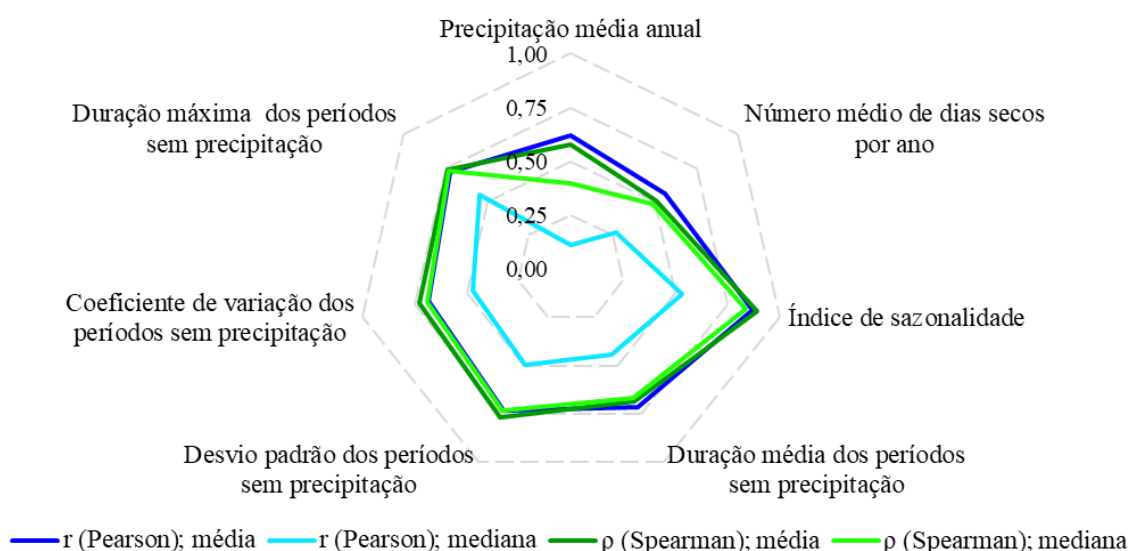
Goiânia, Brasília, Belo Horizonte, Fortaleza e Teresina. Cidades com ocorrência de períodos longos sem precipitação (mais de 100 dias) tendem a não atingir os potenciais mais altos (menos de 60%) de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial. A Tabela 8 apresenta os coeficientes de correlação obtidos entre os indicadores pluviométricos e o potencial de economia de água potável médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

Tabela 8 - Correlação entre indicadores pluviométricos e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p	r (Pearson)		ρ (Spearman)	
		Média	Mediana	Média	Mediana
Precipitação média anual (R)	0,000	0,621	0,110	0,579	0,397
Número médio de dias secos por ano (D)	0,000	-0,560	-0,271	-0,510	-0,485
Índice de sazonalidade (S)	0,000	-0,868	-0,533	-0,894	-0,838
Períodos sem precipitação	Duração média	0,000	-0,716	-0,685	-0,668
	Desvio padrão	0,000	-0,732	-0,769	-0,733
	Coefficiente de variação	0,000	-0,680	-0,728	-0,688
	Duração máxima	0,003	-0,723	-0,736	-0,731

A Figura 9 permite a visualização dos indicadores pluviométricos mais relevantes sobre o potencial de economia de água potável nas localidades estudadas.

Figura 9 - Correlação entre indicadores pluviométricos e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

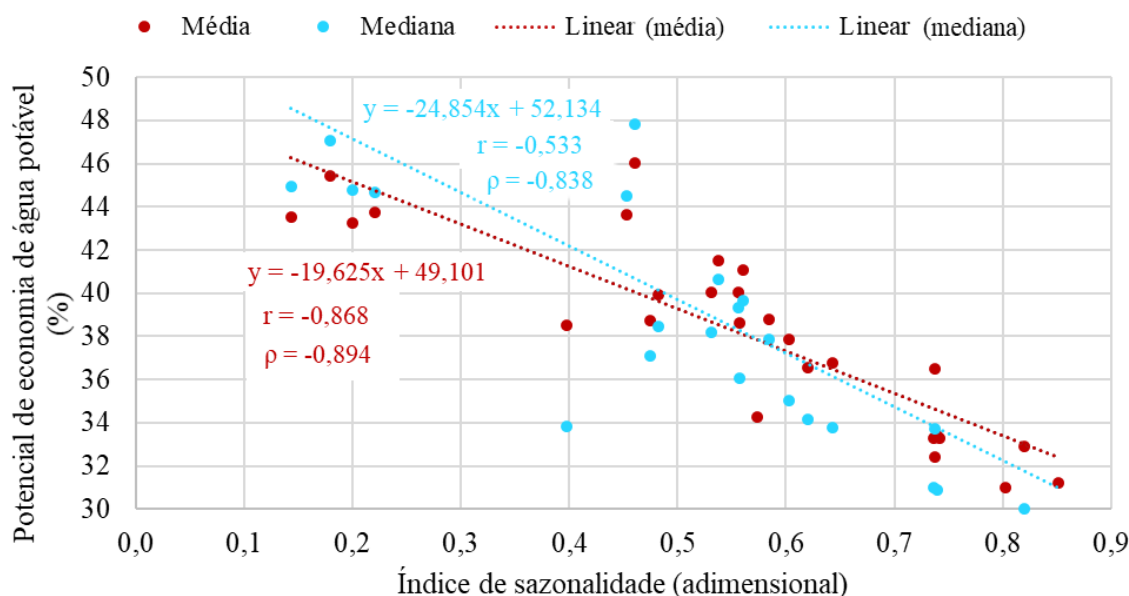


Todos os indicadores pluviométricos apresentaram correlação significativa com o potencial de economia de água potável. Isto pode ser constatado pelos valores-p zerados em

todos os indicadores, exceto na duração máxima dos períodos sem precipitação, onde ainda ficou abaixo de 1% (critério de significância da correlação adotado de 5%). Isto indica que os indicadores escolhidos para agrupamento das cidades são relevantes para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

O Índice de sazonalidade foi o indicador pluviométrico que apresentou maior correlação com o potencial de economia de água potável, tanto na análise de *Pearson* quanto na análise de *Spearman*. Em geral, os dois coeficientes apresentaram resultados similares, no entanto foi observada menor ordem de grandeza nos coeficientes de correlação de *Pearson* correspondentes à mediana dos potenciais de economias de água pluvial. Cidades que apresentam melhor distribuição pluviométrica ao longo do ano obtiveram, em geral, maiores potenciais de economia de água potável. A Figura 10 apresenta a correlação entre o índice de sazonalidade e o potencial de economia de água potável médio e mediano nas capitais brasileiras. Demais diagramas de dispersão referentes a este indicador podem ser encontrados no Apêndice D.

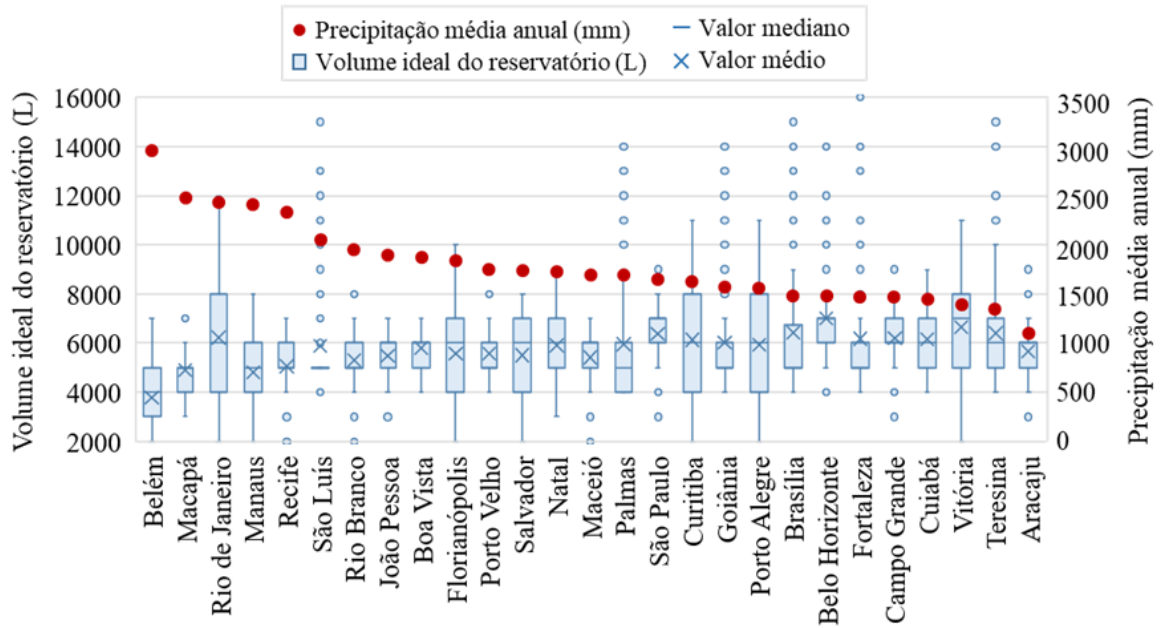
Figura 10 - Correlação entre o índice de sazonalidade e o potencial de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.



#### 4.2.1.2. Volume ideal do reservatório

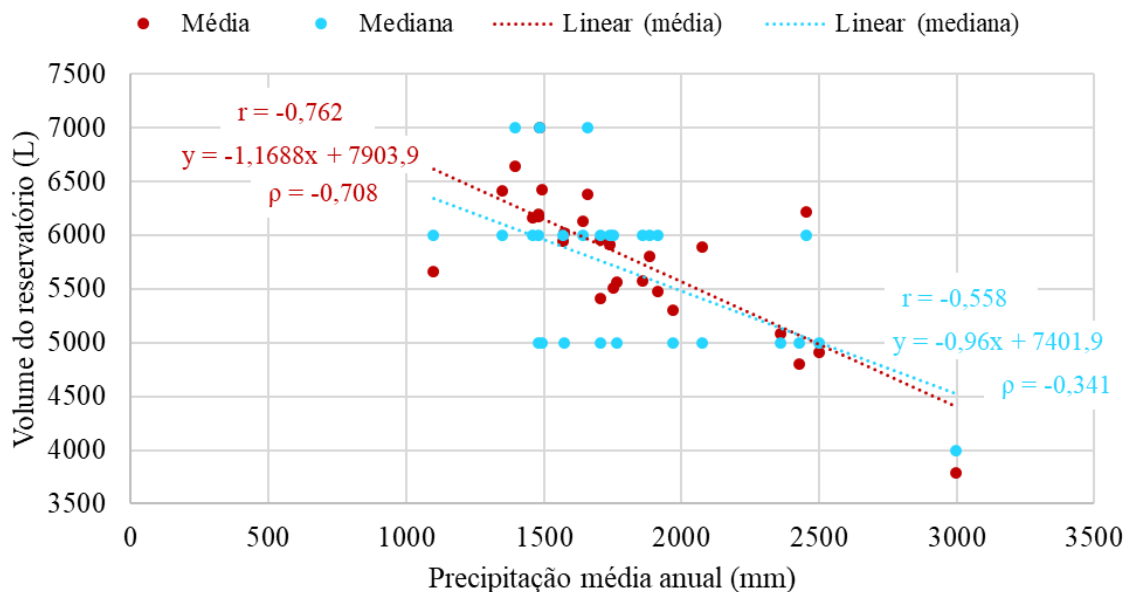
O segundo indicador de desempenho avaliado na simulação computacional foi o volume ideal de reservatório de água pluvial. A Figura 11 apresenta estes volumes para as capitais brasileiras.

Figura 11 - Volumes ideais de reservatório de água pluvial obtidos para as capitais brasileiras.



Foram obtidos resultados variáveis entre as cidades estudadas. Locais com maiores índices de precipitação anual necessitam de menores volumes de reservatório, enquanto locais mais secos demandam maiores capacidades. A Figura 12 ilustra este comportamento por meio da correlação entre estas variáveis.

Figura 12 - Correlação entre a precipitação média anual e o volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.



O volume ideal do reservatório também pode ser relacionado com o comportamento dos períodos sem chuva em cada localidade. Quanto mais longos e frequentes estes períodos, maiores são os reservatórios necessários para atendimento da demanda. As Figuras 13 e 14 mostram a correlação, respectivamente, entre a duração média dos períodos sem precipitação e o número médio de dias sem precipitação por ano com o volume médio e mediano de reservatório obtido nas capitais brasileiras.

Figura 13 - Correlação entre a duração média dos períodos sem precipitação e o volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

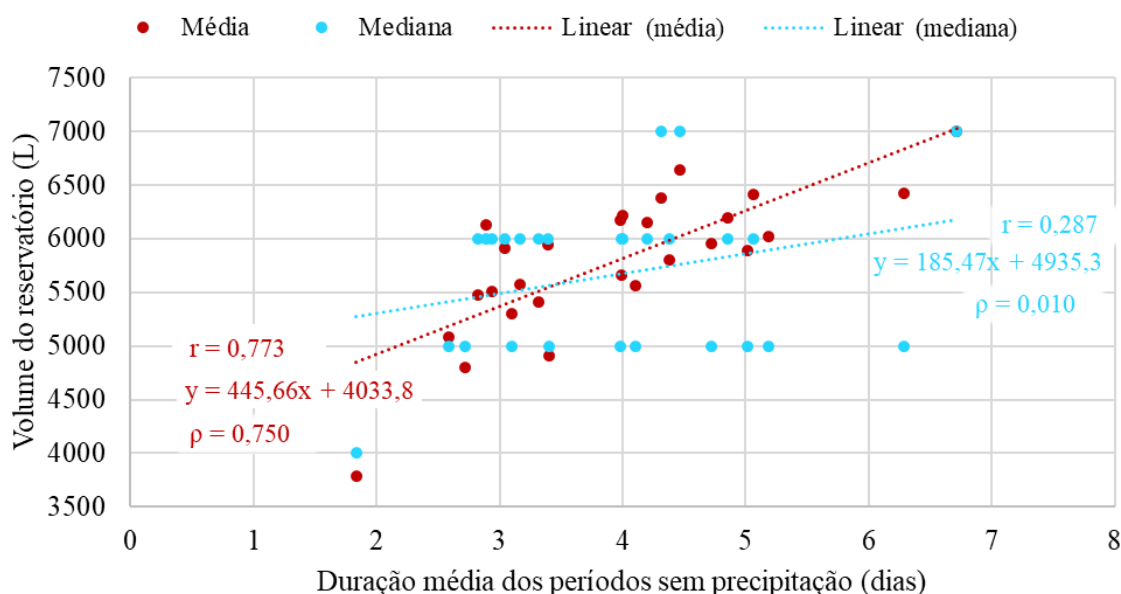
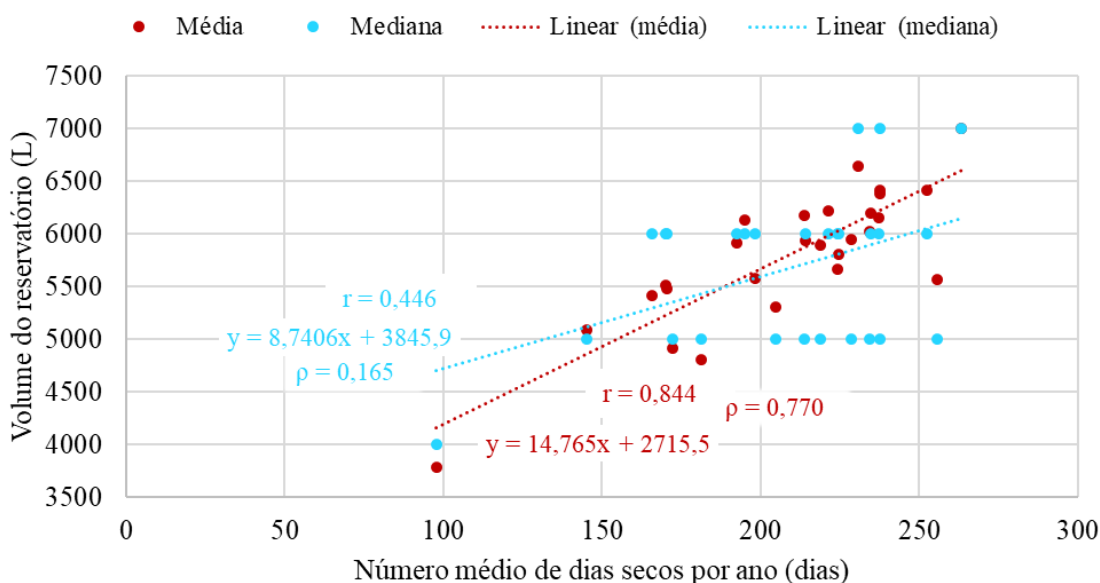
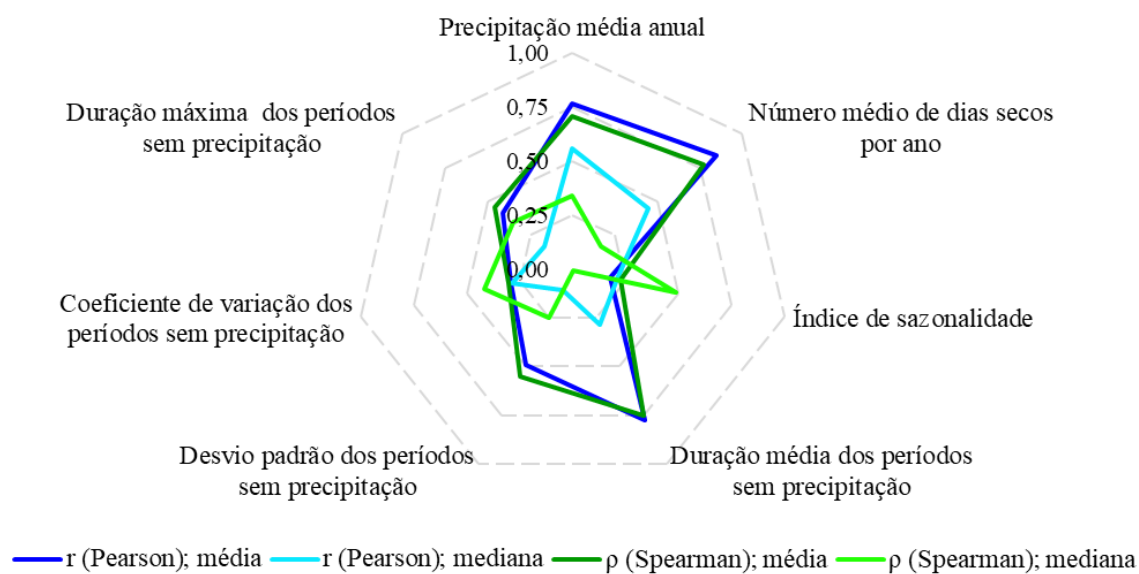


Figura 14 - Correlação entre o número médio de dias secos por ano e o volume ideal médio e mediano do reservatório para das capitais brasileiras.



Os volumes ideais de reservatório apresentaram correlação mais significativa com os indicadores apresentados nas Figuras 12, 13 e 14 em comparação aos demais indicadores pluviométricos avaliados. A média dos volumes de reservatório apresentou correlações mais significativas do que a mediana destes volumes. A Figura 15 ilustra estes resultados.

Figura 15 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o volume ideal médio e mediano de reservatório das capitais brasileiras.



O índice de sazonalidade, por exemplo, apresentou baixa correlação (0,177) com os volumes de reservatório inferior. No entanto, os valores-p obtidos indicam que há correlação linear significativa entre todos os indicadores pluviométricos analisados e os volumes ideais de reservatório. A Tabela 9 apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* ( $r$ ) e *Spearman* ( $\rho$ ) para todos os indicadores pluviométricos. Os demais diagramas de dispersão referentes ao volume ideal do reservatório podem ser encontrados no Apêndice D.

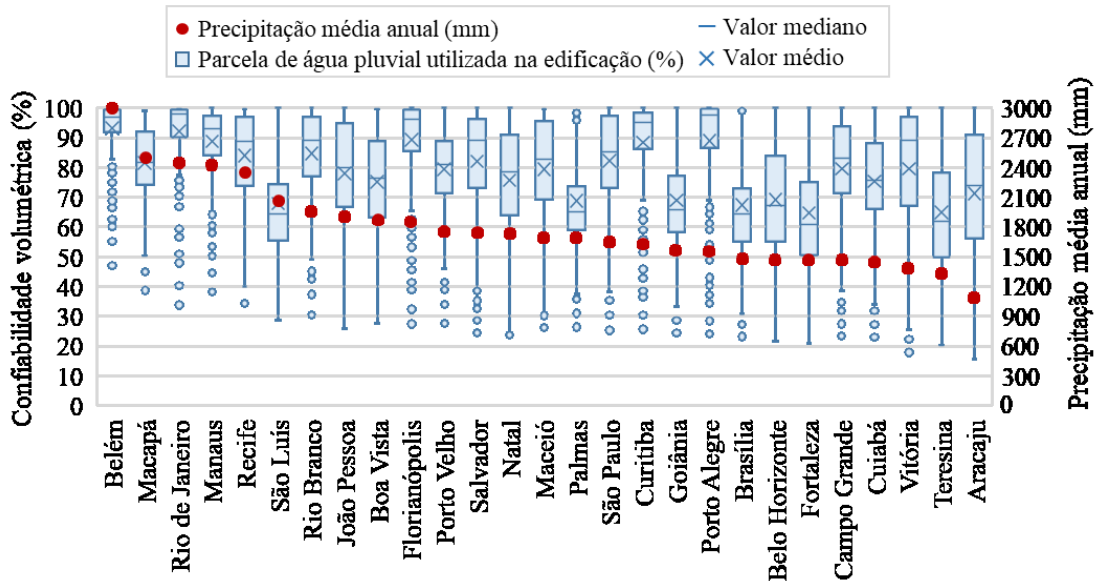
Tabela 9 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o volume ideal médio e mediano de reservatório das capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p	$r$ (Pearson)		$\rho$ (Spearman)	
		Média	Mediana	Média	Mediana
Precipitação média anual (R)	0,000	-0,762	-0,558	-0,708	-0,341
Número médio de dias secos por ano (D)	0,000	0,844	0,446	0,770	0,165
Índice de sazonalidade (S)	0,000	0,177	-0,212	0,229	-0,487
Períodos sem precipitação					
Duração média	0,000	0,773	0,287	0,750	0,010
Desvio padrão	0,000	0,494	-0,107	0,552	-0,249
Coeficiente de variação	0,000	0,292	-0,284	0,302	-0,415
Duração máxima	0,000	0,413	-0,168	0,460	-0,349

#### 4.2.1.3. Confiabilidade volumétrica dos reservatórios

Conforme exposto na seção 3.2.10, também foi avaliada a confiabilidade volumétrica dos reservatórios. A Figura 16 apresenta os valores de confiabilidade volumétrica obtidos para cada capital brasileira.

Figura 16 - Confiabilidade volumétrica dos reservatórios para cada capital brasileira.



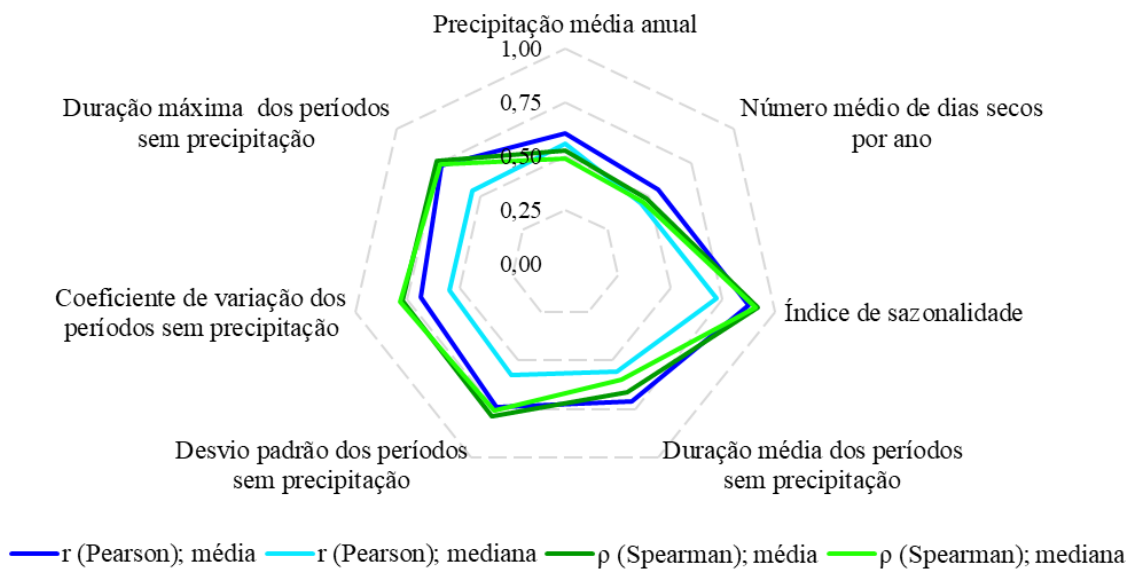
A Figura 16 mostra que os sistemas dimensionados para cada cidade promoveram, na maioria dos casos, boa confiabilidade volumétrica com atendimento satisfatório da demanda de água pluvial (médias superiores a 70%). No entanto, as cidades de São Luís, Palmas, Goiânia, Brasília, Belo Horizonte, Fortaleza, Goiânia e Teresina apresentaram confiabilidades volumétricas inferiores a 70%. Assim como constatado na análise de potencial de economia de água potável, estas cidades apresentaram menor desempenho devido à má distribuição de suas chuvas, tendo como característica marcante os longos períodos de estiagem. A Tabela 10 mostra os coeficientes de correlação de *Pearson* ( $r$ ) e *Spearman* ( $\rho$ ) correspondentes às confiabilidades volumétricas médias e medianas de água pluvial para as capitais brasileiras. Na sequência, a Figura 17 ilustra estes resultados.



Tabela 10 - Correlação entre indicadores pluviométricos e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

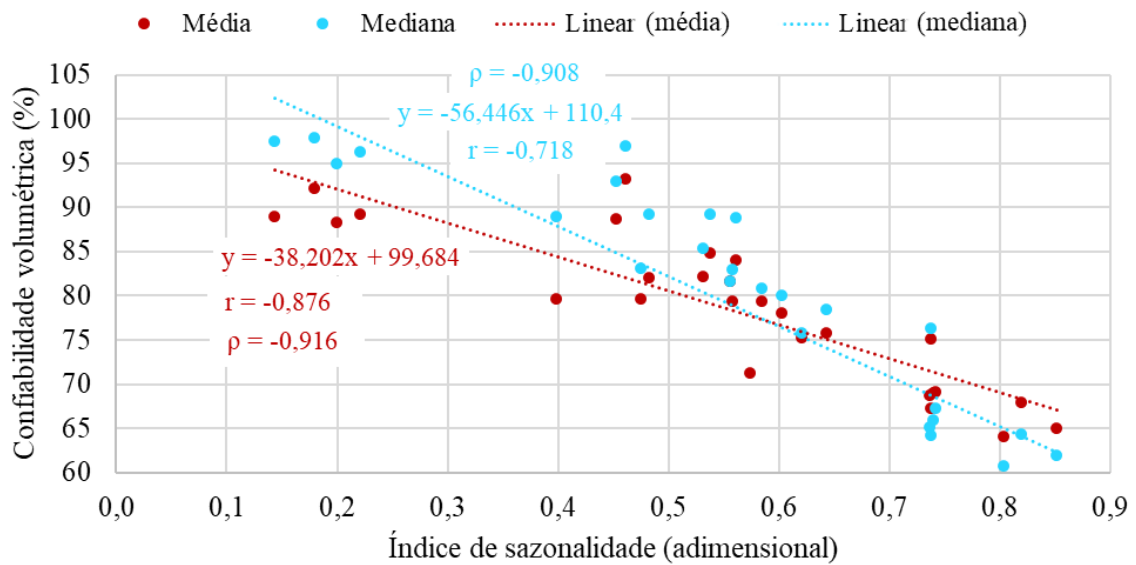
Indicador Pluviométrico	valor-p	r (Pearson)		ρ (Spearman)	
		Média	Mediana	Média	Mediana
Precipitação média anual (R)	0,000	0,603	0,558	0,526	0,487
Número médio de dias secos por ano (D)	0,000	-0,552	-0,447	-0,486	-0,460
Índice de sazonalidade (S)	0,000	-0,876	-0,718	-0,916	-0,908
Períodos sem precipitação	Duração média	0,000	-0,712	-0,553	-0,664
	Desvio padrão	0,000	-0,736	-0,576	-0,789
	Coefficiente de variação	0,000	-0,689	-0,551	-0,774
	Duração máxima	0,031	-0,731	-0,548	-0,763

Figura 17 - Correlação entre indicadores pluviométricos e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.



A confiabilidade volumétrica dos reservatórios apresentou correlação significativa com todos os indicadores pluviométricos (valor-p inferior a 5%), sobretudo com o índice de sazonalidade. Isto significa que locais com melhor distribuição de chuva ao longo do ano tendem a atender melhor às demandas de água pluvial estabelecidas na fase de projeto. Os demais indicadores, sobretudo os relacionados aos períodos sem precipitação, também se mostraram relevantes. A confiabilidade volumétrica foi o indicador de desempenho que apresentou maior correlação média com os indicadores pluviométricos avaliados nesta pesquisa ( $r$  médio=0,700). A Figura 18 correlaciona o índice de sazonalidade com a confiabilidade volumétrica dos reservatórios.

Figura 18 - Correlação entre o índice de sazonalidade e a confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.



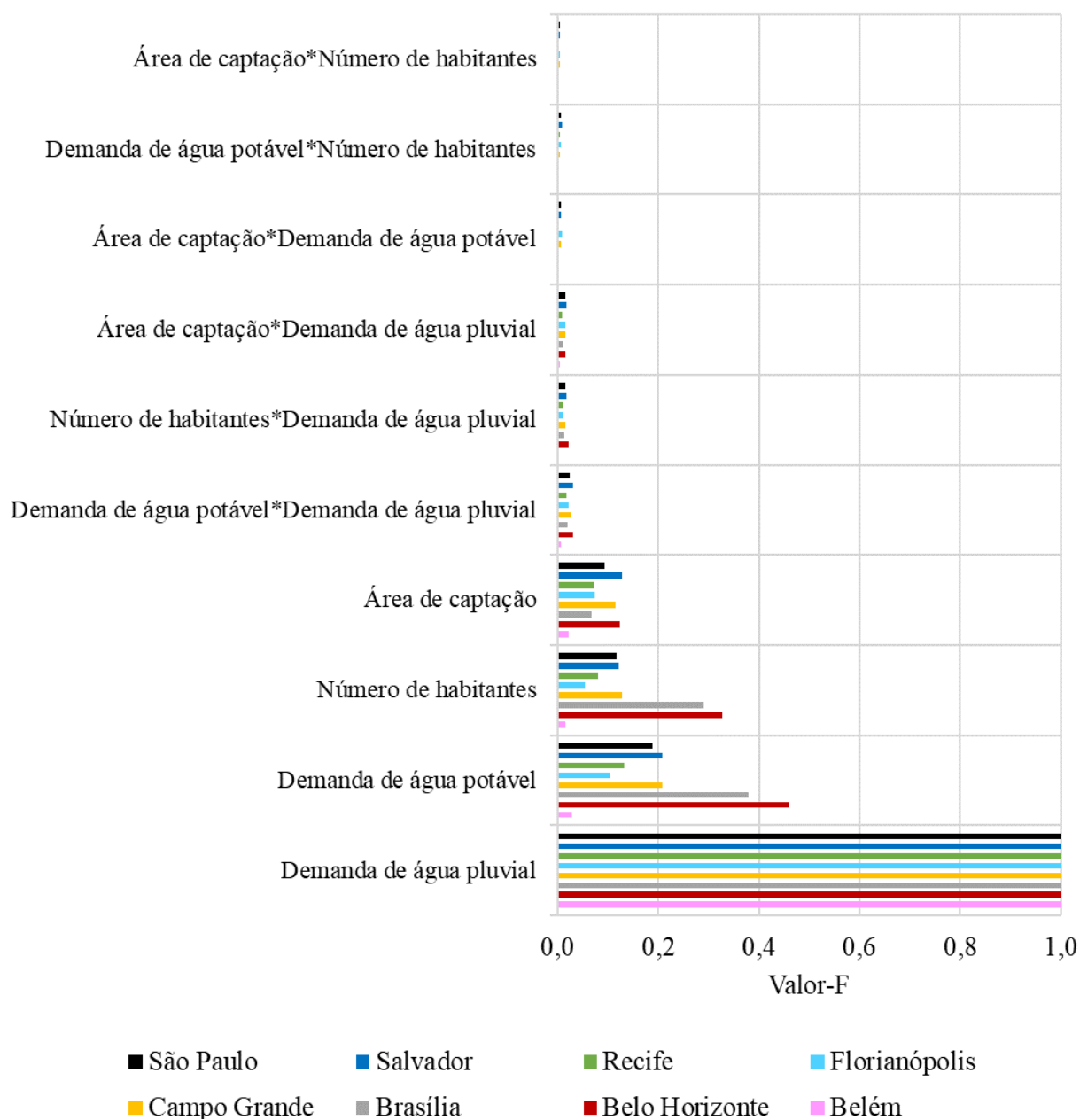
#### 4.2.2. Análise de sensibilidade

Nesta etapa da pesquisa, cada uma das oito capitais representativas foi avaliada quanto à influência das variáveis de projeto sobre o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. A seguir são apresentados os resultados de análise de sensibilidade para cada um dos indicadores de desempenho avaliados nesta pesquisa. Todos os gráficos e tabelas com os valores-F podem ser encontrados no Apêndice E.

##### 4.2.2.1. Potencial de economia de água potável

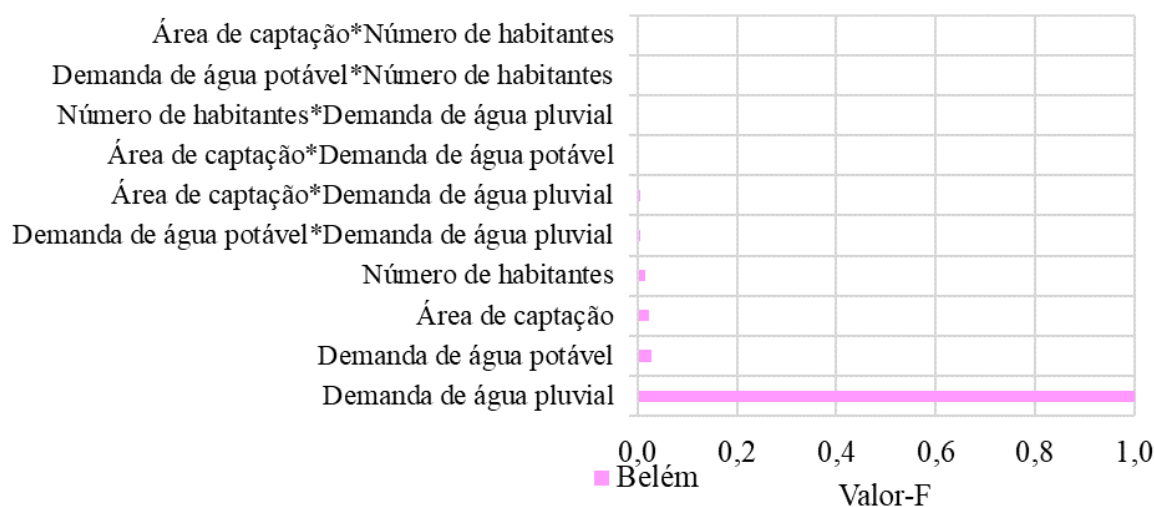
A Figura 19 apresenta os resultados obtidos na análise de sensibilidade das variáveis de projeto e suas interações de segunda ordem (marcadas com asterisco) sobre o potencial de economia de água potável nas cidades avaliadas neste estudo. A demanda de água pluvial foi, em todas as cidades analisadas, a variável de projeto mais influente sobre o potencial médio de economia de água potável.

Figura 19 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável das cidades avaliadas nesta pesquisa.



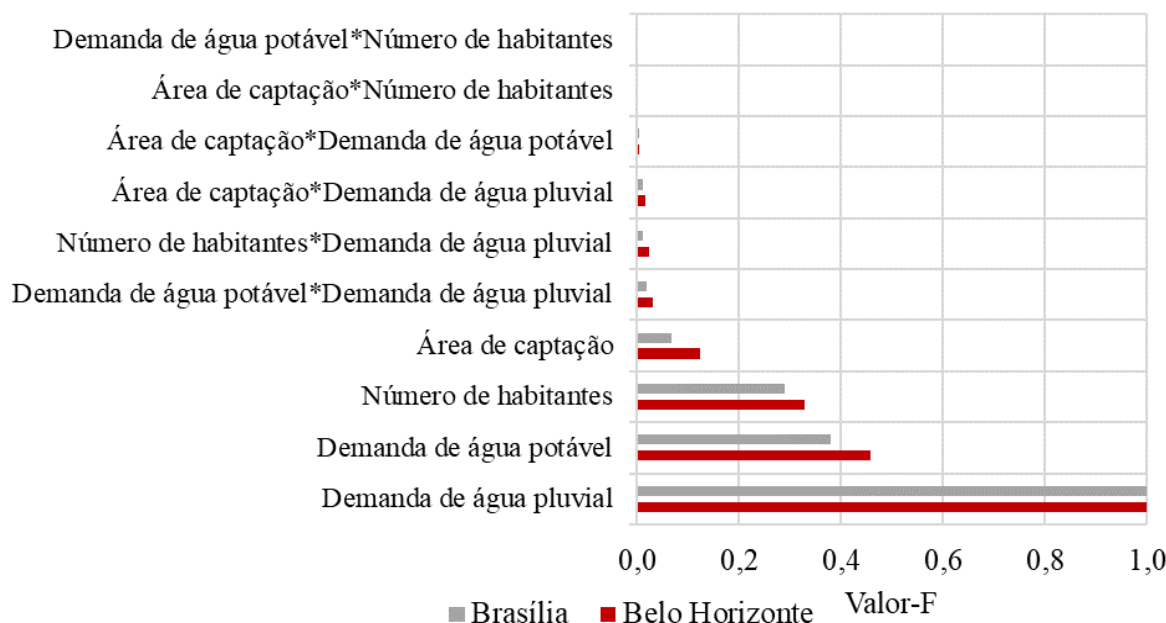
A seguir, a Figura 20 apresenta os valores-F para o potencial médio de economia de água potável em Belém.

Figura 20 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para Belém-PA.



Em Belém, apenas a demanda de água pluvial (em porcentagem da demanda total de água consumida na edificação) exerce influência significativa sobre o potencial de economia de água potável. Esta variável é definida com base nos usos finais pretendidos para a água pluvial. A Figura 21 ilustra a influência das variáveis de projeto sobre os potenciais médios de economia de água potável em Brasília e Belo Horizonte.

Figura 21 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para Brasília-DF e Belo Horizonte-MG.

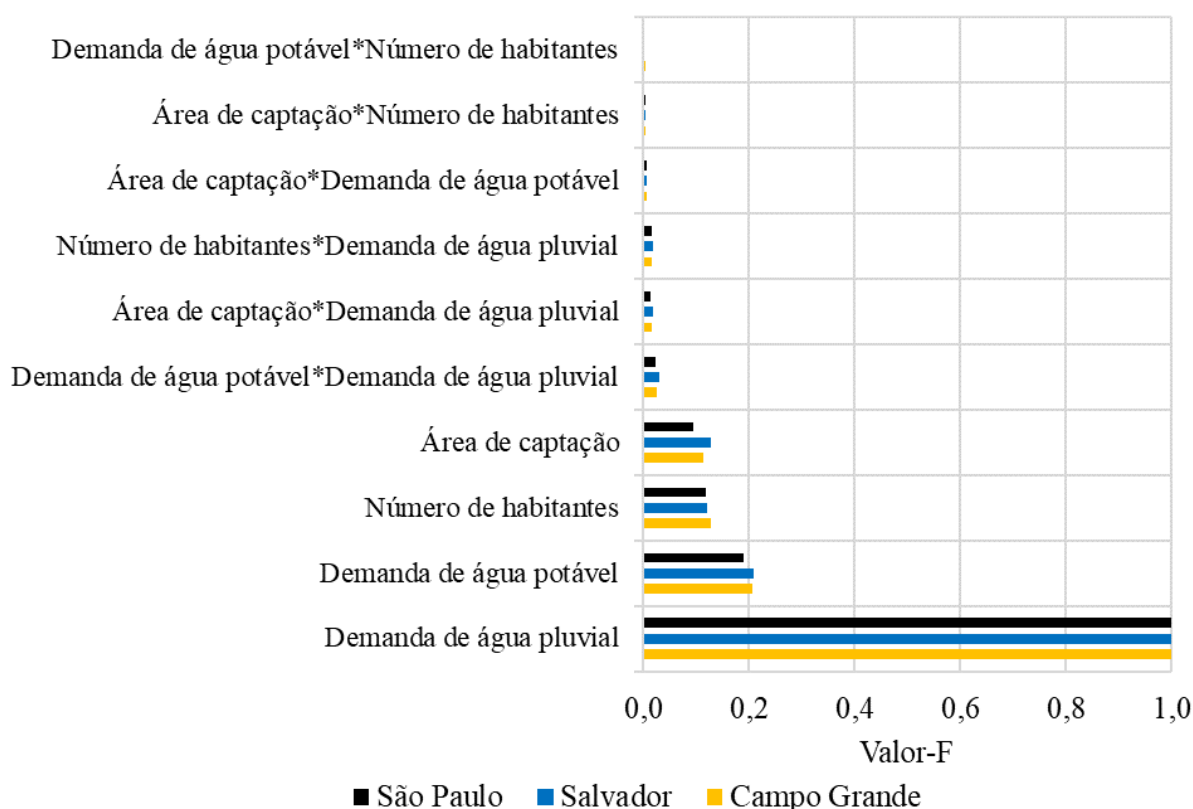


Assim como observado em Belém, a demanda de água pluvial é a variável de entrada que exerce mais influência sobre os potenciais de economia de água potável em Brasília e

Belo Horizonte. Por disporem de menor disponibilidade pluviométrica (1499 mm/ano e 1486 mm/ano, respectivamente) e sazonalidade acentuada (0,74 nas duas cidades), variáveis relacionados à demanda de água nas edificações (Demanda de água potável e Número de habitantes) também exercem influência sobre o potencial de economia de água potável. A área de captação, nestes casos, exerce pouca influência sobre este indicador. No caso de Brasília, Silva e Ghisi (2016) obtiveram resultados similares com relação a este indicador.

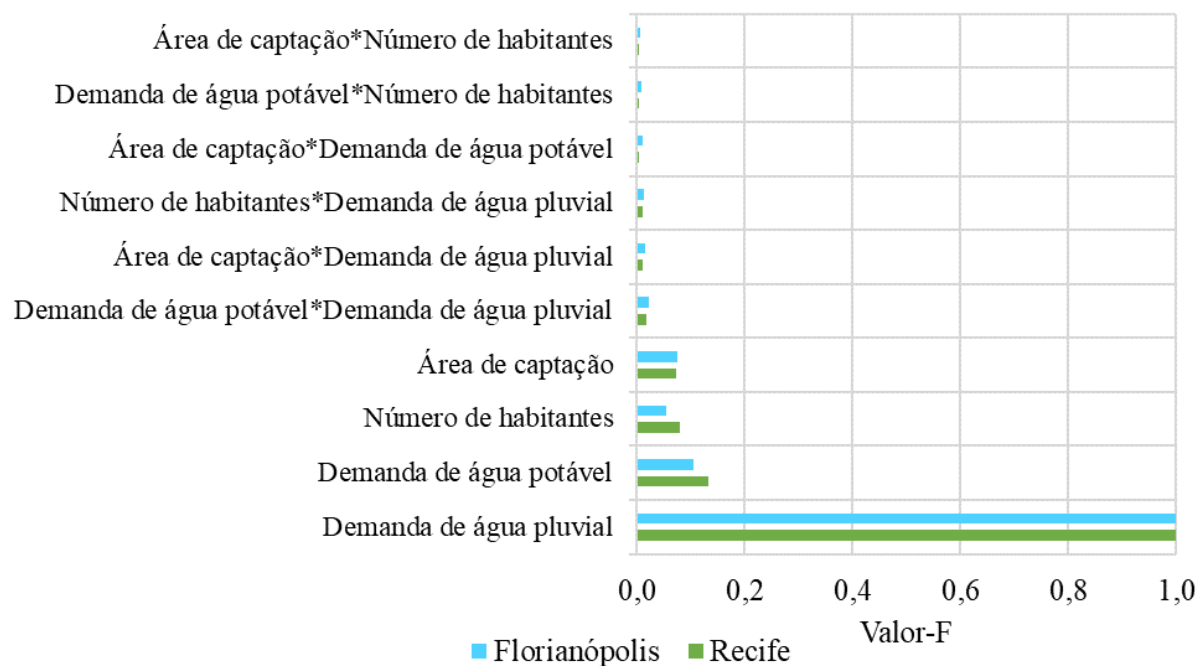
Na sequência, os resultados de São Paulo, Salvador e Campo Grande são analisados em conjunto, por serem similares. A Figura 22 apresenta a influência das variáveis de projeto (valores-F) sobre o potencial médio de economia de água potável destas cidades.

Figura 22 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para São Paulo-SP, Salvador-BA e Campo Grande-MS.



A demanda de água pluvial foi a variável que mais exerceu influência nos potenciais de economia de água potável em São Paulo, Salvador e Campo Grande, assim como observado nas demais localidades. Neste caso, as demais variáveis exerceram influência significativamente menor que o primeiro, porém não de forma tão acentuada quanto observado em Belém. A seguir, são apresentados os valores-F correspondentes ao potencial médio de economia de água potável em Recife e Florianópolis, apresentados em conjunto por serem similares. A Figura 23 apresenta estes resultados.

Figura 23 - Influência das variáveis de projeto sobre o potencial médio de economia de água potável para Florianópolis-SC e Recife-PE.

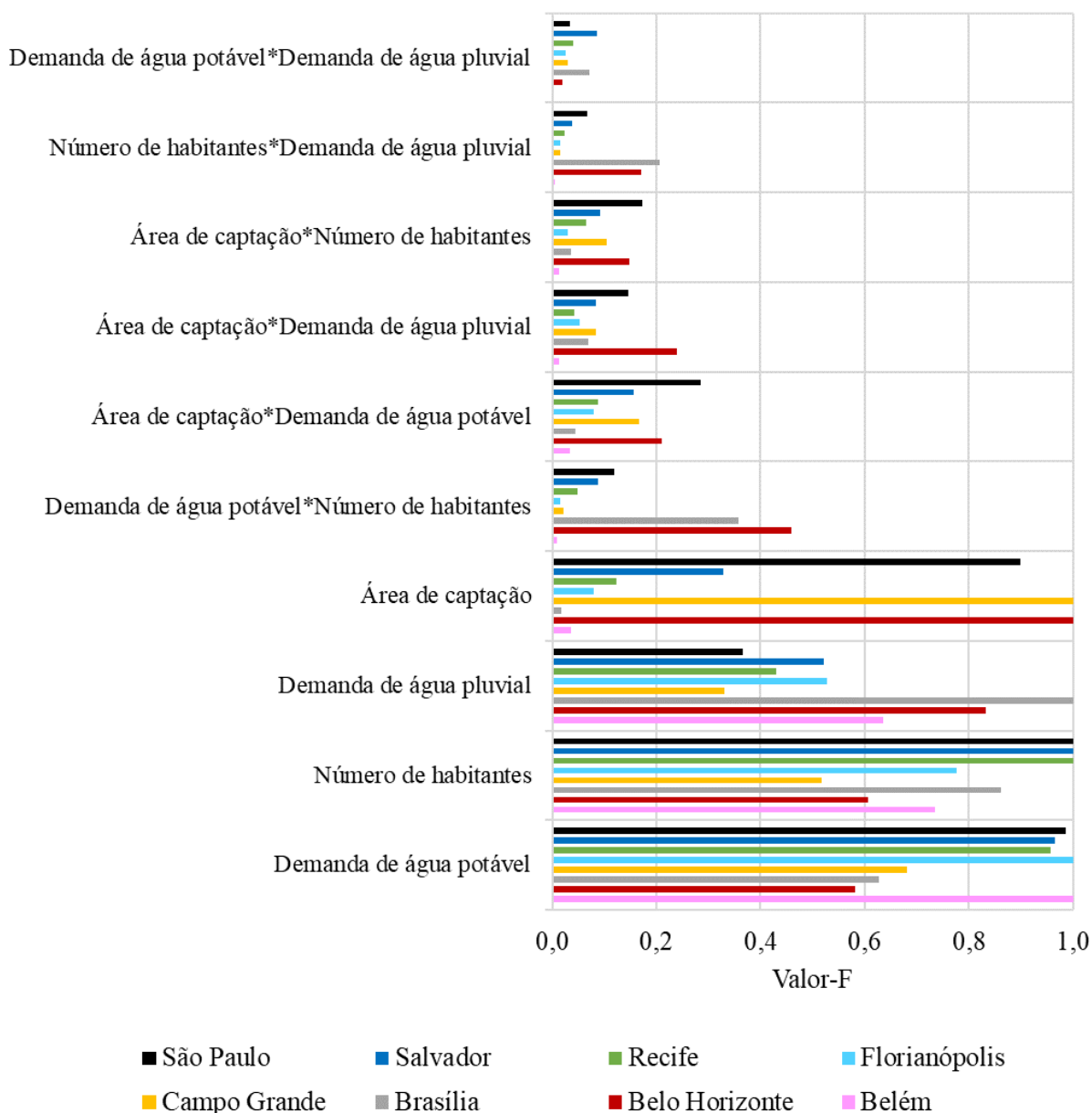


Florianópolis e Recife apresentaram resultados similares aos observados em outras cidades com boa disponibilidade pluviométrica, como Belém. Os demais variáveis exerceram baixa influência sobre o potencial de economia de água potável. Estas duas cidades apresentam características distintas de disponibilidade pluviométrica (1857 e 2360 mm/ano, respectivamente) e sazonalidade (0,22 e 0,56, respectivamente). Silva e Ghisi (2016) obtiveram resultados semelhantes para Florianópolis com relação aos potenciais de economia de água potável.

#### 4.2.2.2. Volume ideal do reservatório

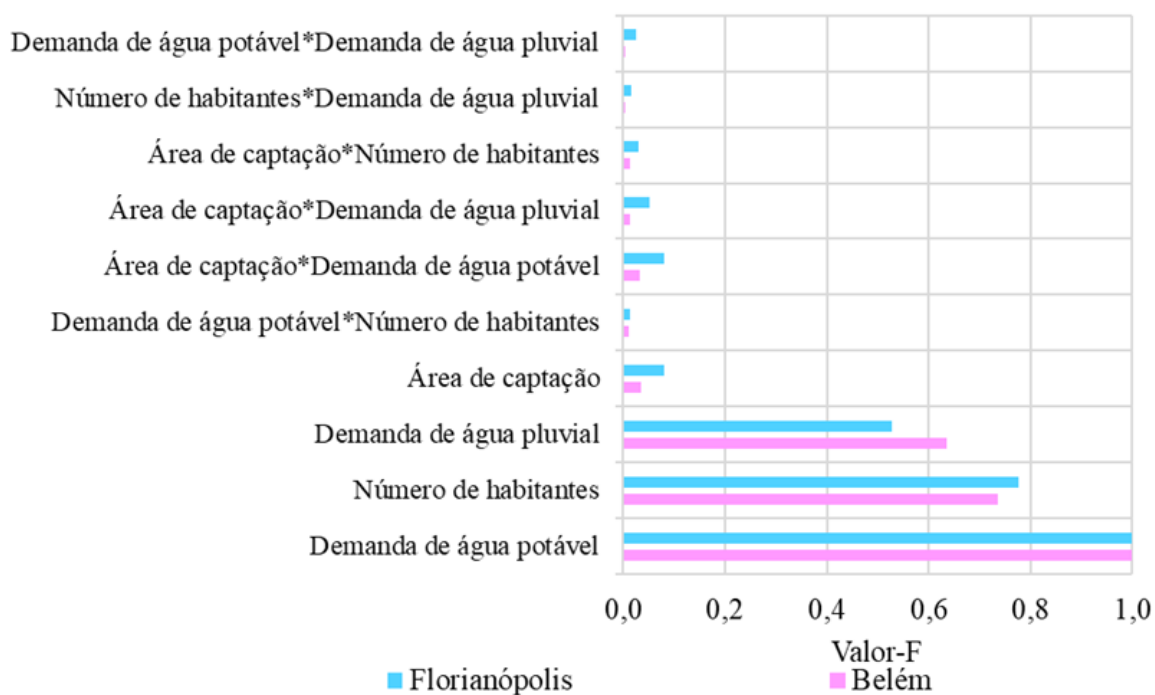
A Figura 24 mostra a influência das variáveis de projeto e suas interações de segunda ordem (marcadas com asterisco) sobre os volumes ideais médios do reservatório inferior. As capitais representativas avaliadas apresentaram resultados distintos.

Figura 24 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório nas cidades avaliadas nesta pesquisa.



Florianópolis e Belém são, na sequência, analisadas em conjunto pois apresentam resultados similares. A Figura 25 ilustra esta situação, apresentando os valores-F correspondentes ao volume ideal médio de reservatório inferior nestas cidades.

Figura 25 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório inferior para Florianópolis-SC e Belém-PA.

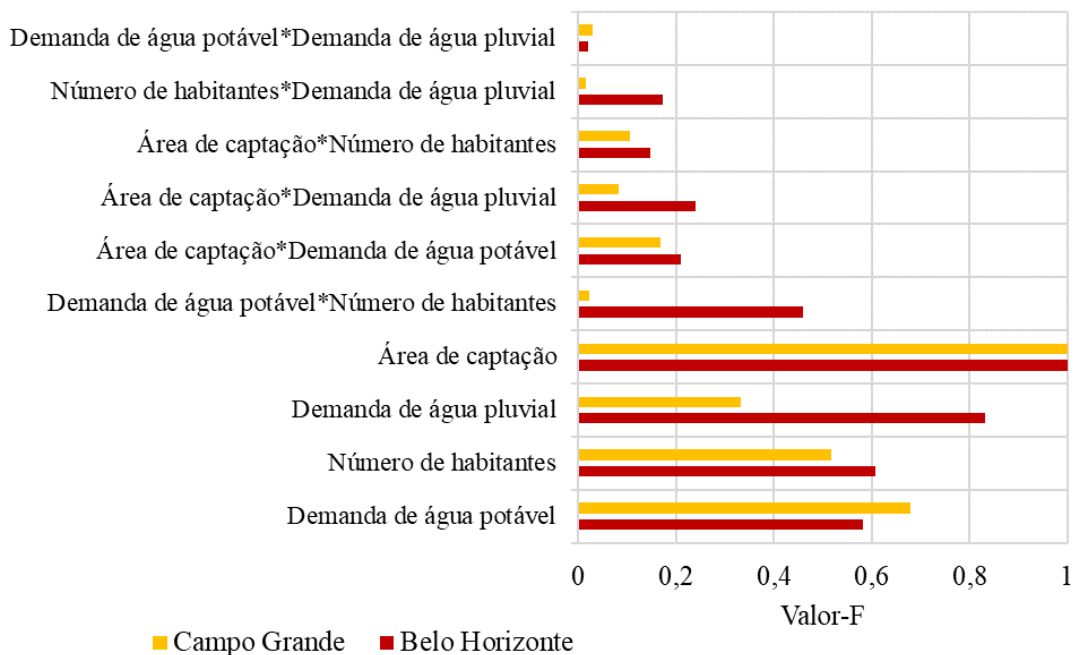


Belém é caracterizada pela alta pluviosidade (2998 mm/ano) e curtos períodos sem precipitação (duração média de 1,8 dia). Florianópolis, por sua vez, é caracterizada por baixa sazonalidade (0,22) e disponibilidade pluviométrica média (1857 mm/ano). Nestes casos de boa oferta de água pluvial, o volume do reservatório é sobretudo influenciado por fatores relacionados à demanda de água pluvial no contexto da edificação (demanda de água potável, número de habitantes e demanda de água pluvial). A área de captação exerce baixa influência sobre os volumes de reservatório. Para o caso de Florianópolis, Silva e Ghisi (2016) obtiveram resultados similares.

A seguir, são apresentados os resultados de Campo Grande e Belo Horizonte, analisados em conjunto devido a sua similaridade. A Figura 26 ilustra os valores-F obtidos para estas cidades.

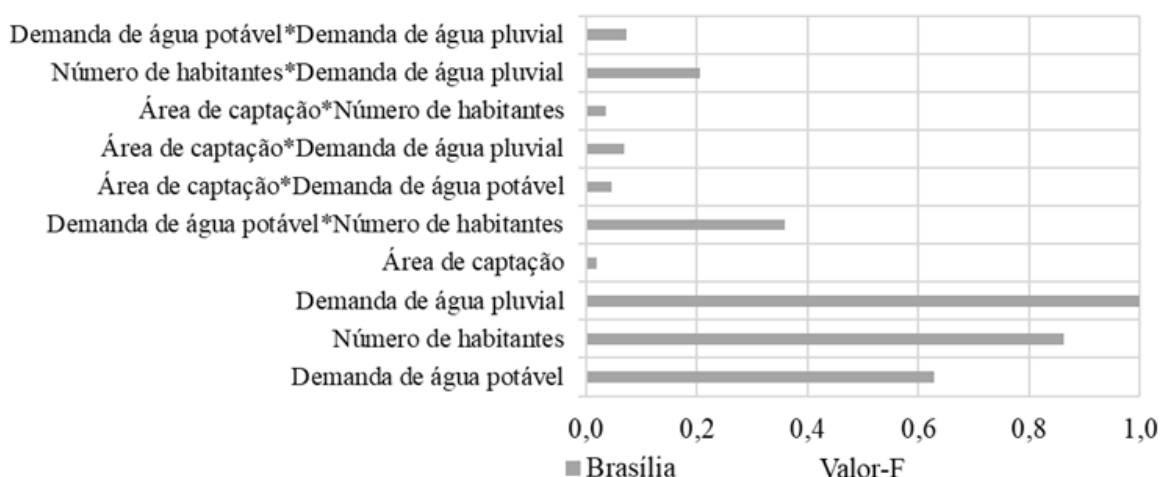


Figura 26 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório inferior para Campo Grande-MS e Belo Horizonte-MG.



Belo Horizonte, ao contrário de Belém, é caracterizada por baixa precipitação média anual (1486 mm/ano) e sazonalidade bem definida entre meses secos e chuvosos (0,74). Campo Grande apresenta precipitação média anual similar (1479 mm/ano) e menor sazonalidade (0,47). Nestas cidades, a variável área de captação (relacionada à oferta de água) é o que exerce mais influência sobre o volume ideal do reservatório de água pluvial, seguido pelas variáveis relacionadas à demanda deste recurso. A Figura 27 apresenta os valores-F para o volume ideal médio de reservatório para Brasília.

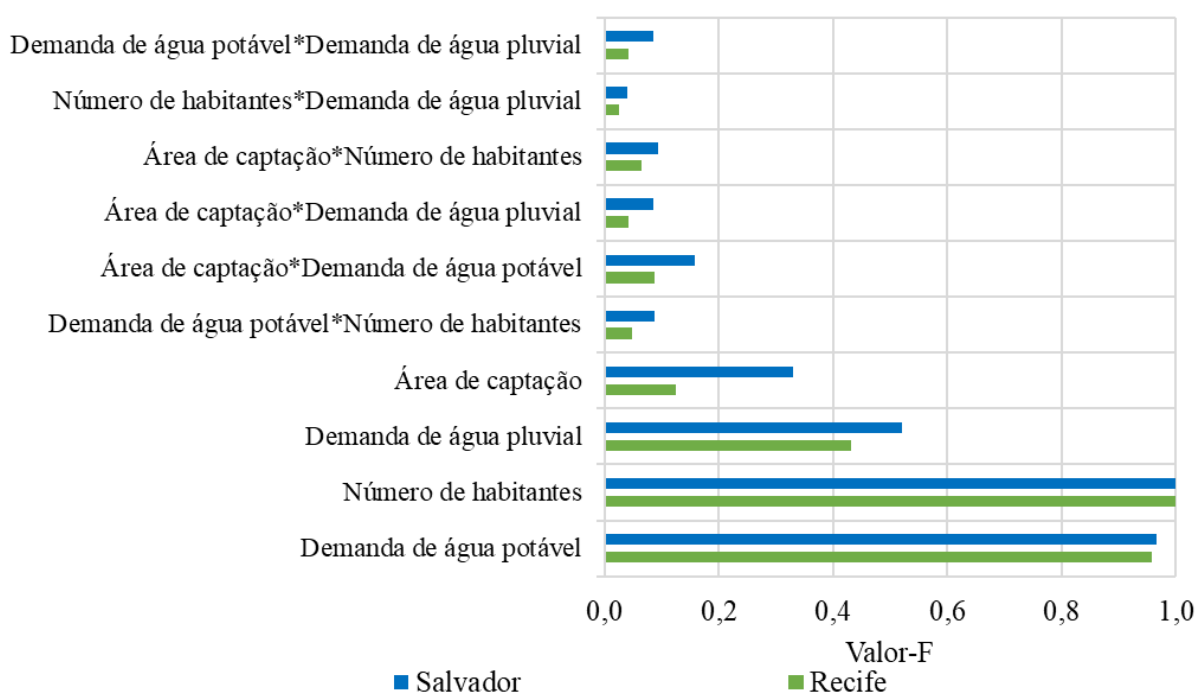
Figura 27 - Influência das variáveis de projeto sobre o volume médio de reservatório inferior para Brasília-DF.



Ao contrário do observado em Belo Horizonte e Campo Grande, na cidade de Brasília a área de captação é a variável que menos exerce influência sobre os volumes de reservatório inferior. Os regimes pluviométricos das três cidades são relativamente similares. O que as diferencia neste sentido é o comportamento de seus períodos sem precipitação. Brasília apresenta períodos de estiagem mais longos (duração máxima de 128 dias) que Belo Horizonte (97 dias) e Campo Grande (90 dias). Com relação às demais variáveis, observa-se que os relacionados à demanda de água na edificação são os mais importantes para o dimensionamento dos reservatórios em Brasília. Os resultados obtidos nesta pesquisa se mostraram similares aos de Silva e Ghisi (2016) com relação a este indicador.

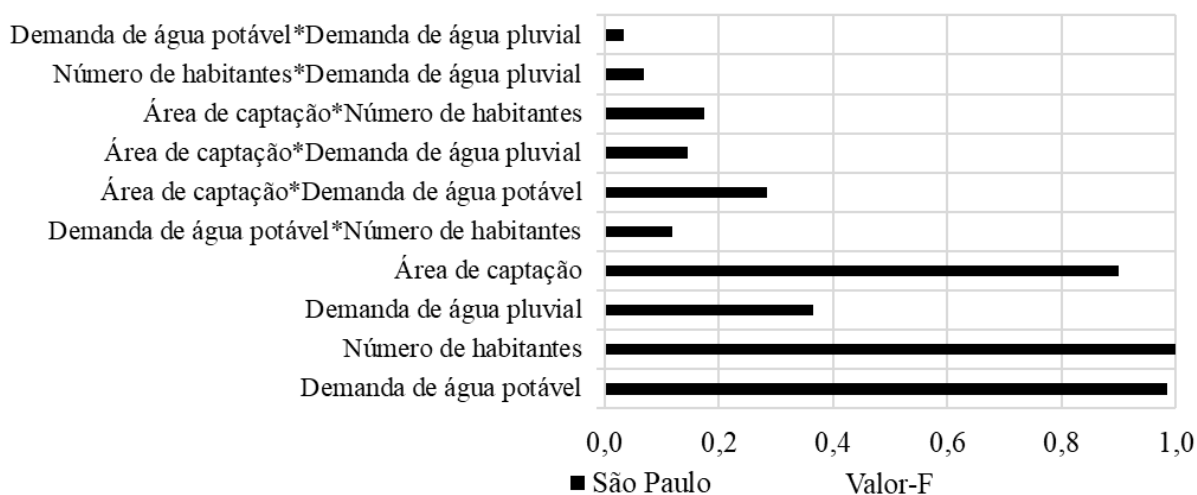
Na sequência, são analisados os resultados de Salvador e Recife. A Figura 28 apresenta os valores-F obtidos para estas cidades.

Figura 28 - Influência das variáveis de projeto sobre os volumes médios de reservatório inferior para Salvador-BA e Recife-PE.



Assim como observado em outras localidades com chuvas mais abundantes, a área de captação exerce pouca influência sobre os volumes de reservatório de armazenamento de água pluvial em Recife (2360 mm/ano) e Salvador (1754 mm/ano). As variáveis mais influentes sobre este volume nestas cidades são o número de habitantes e a demanda de água potável e pluvial. A Figura 29 mostra os valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal médio de reservatório inferior para São Paulo.

Figura 29 - Influência das variáveis de projeto sobre o volume médio de reservatório inferior para São Paulo-SP.

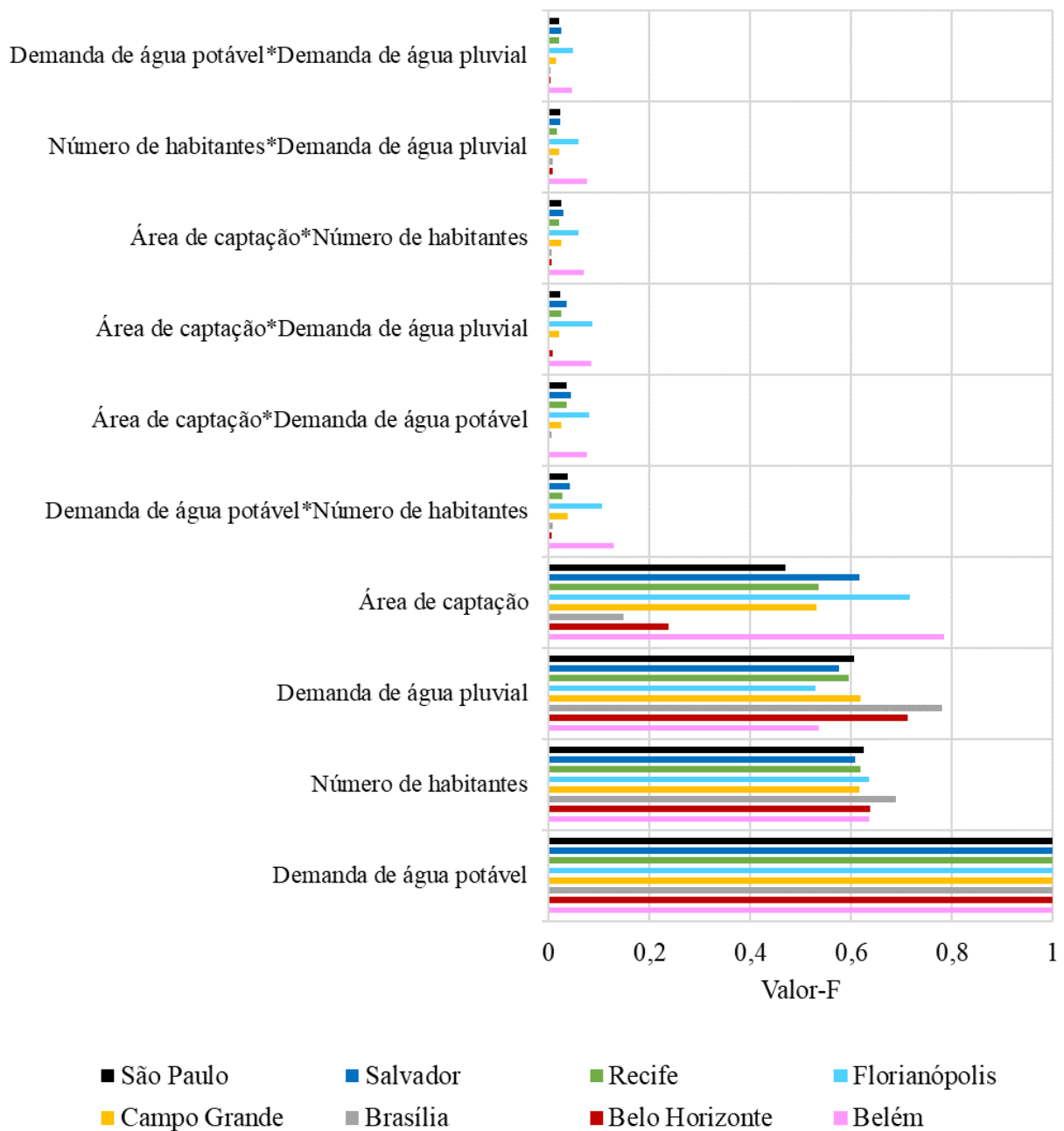


São Paulo apresenta resultados relativamente similares aos observados em Recife e Salvador. No entanto, em São Paulo a área de captação exerceu influência significativamente maior do que a observada nas outras duas cidades. Isto ocorre, pois São Paulo apresenta menor disponibilidade pluviométrica (1658 mm/ano) e períodos secos mais longos (média de 4 dias) do que em Salvador e Recife.

#### 4.2.2.3. Confiabilidade volumétrica dos reservatórios

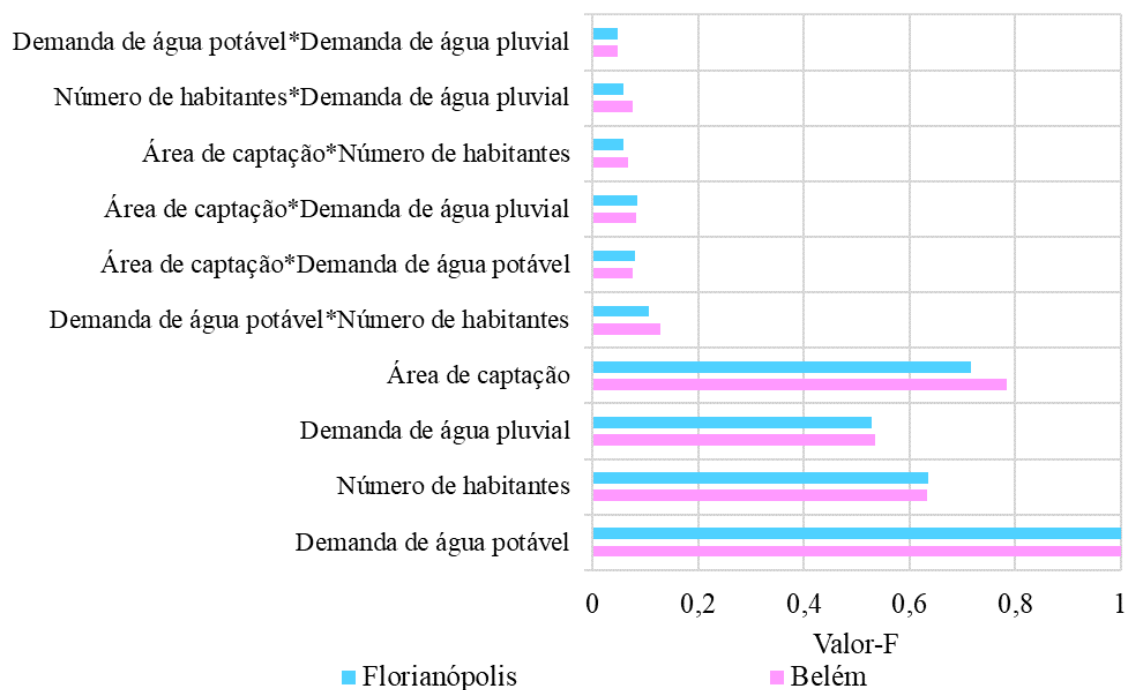
Por fim, é analisada a influência das variáveis de projeto e suas interações de segunda ordem (marcadas com asterisco) sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios em cada cidade avaliada nesta pesquisa. A Figura 30 apresenta os valores-F obtidos nesta situação. A demanda de água potável foi, em todas as cidades analisadas, a variável de projeto mais influente sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios.

Figura 30 - Influência das variáveis de projeto sobre confiabilidades volumétricas médias dos reservatórios nas cidades avaliadas nesta pesquisa.



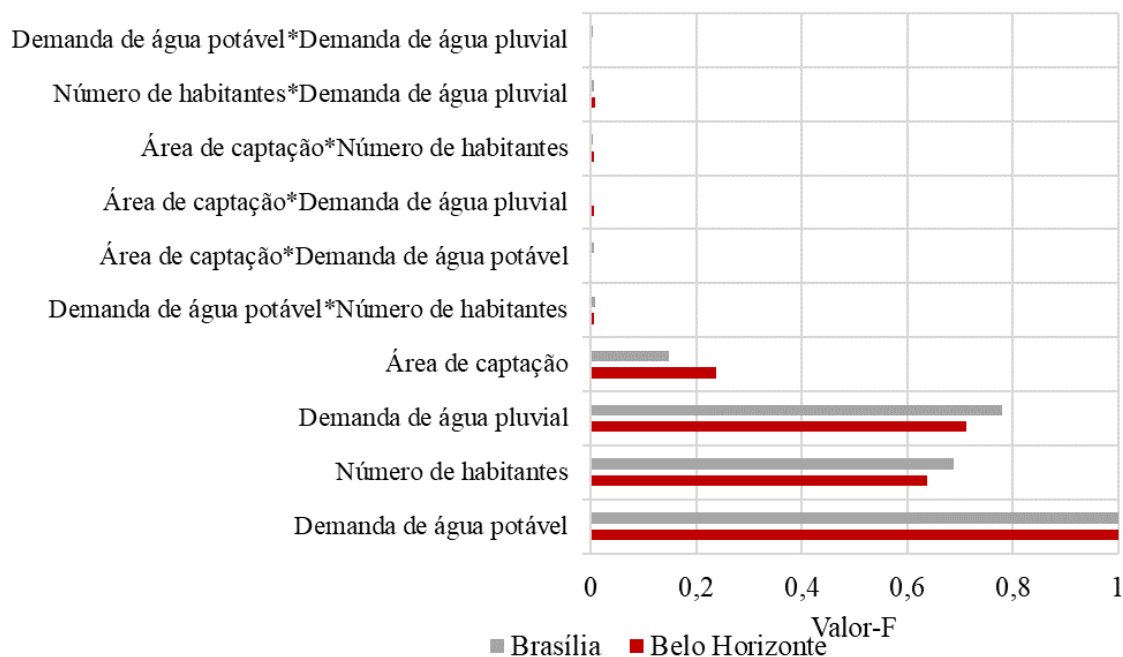
Na sequência, são analisadas as cidades de Florianópolis e Belém. A Figura 31 apresenta os valores-F das variáveis de projeto com relação à confiabilidade volumétrica dos reservatórios nestas cidades.

Figura 31 - Influência das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios para Florianópolis-SC e Belém-PA.



Belém e Florianópolis possuem como característica geral boa disponibilidade pluviométrica e chuvas bem distribuídas. Nestas cidades, tanto variáveis relacionadas à demanda (demanda de água potável, pluvial e número de habitantes) quanto à oferta (área de captação) exerceram influência significativa sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios utilizados. Interações de segunda ordem entre as variáveis exercem pouca influência sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios nestas localidades. A Figura 32 apresenta a influência das variáveis de projeto sobre o mesmo indicador em Brasília e Belo Horizonte.

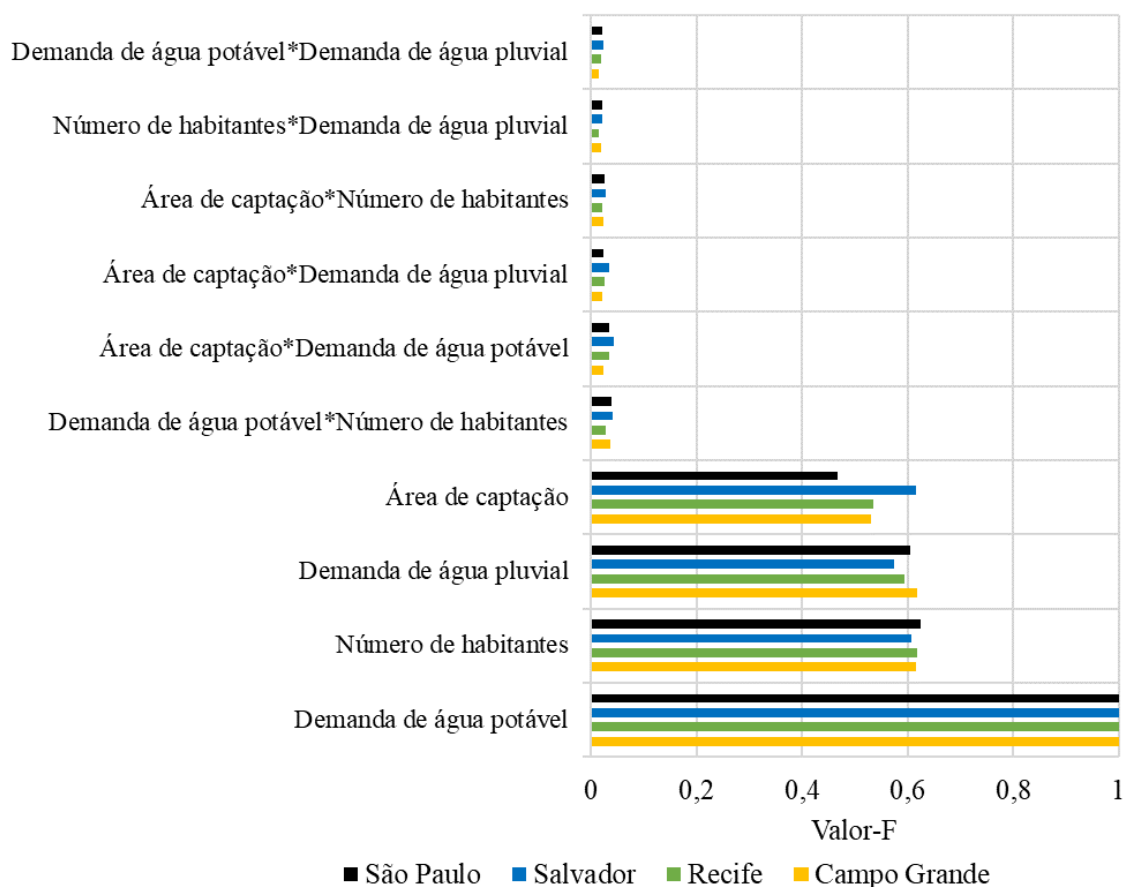
Figura 32 - Influência das variáveis de projeto sobre a sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios para Brasília-DF e Belo Horizonte-MG.



Belo Horizonte e Brasília apresentam características pluviométricas muito similares. Belo Horizonte tende a apresentar períodos de estiagem mais longos que os observados em Brasília. Assim como observado para Belém e Florianópolis, em Belo Horizonte e Brasília a demanda de água potável é a variável mais influente sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios. No entanto, diferentemente de Belém e Florianópolis, a área de captação exerce menor influência sobre este indicador. As interações de segunda ordem entre as variáveis resultaram em influência praticamente nula sobre a confiabilidade volumétrica.

Na sequência, são analisados os resultados de Campo Grande, Recife, Salvador e São Paulo com relação à confiabilidade volumétrica dos reservatórios de água pluvial. Estas quatro cidades apresentaram resultados muito similares. A Figura 33 apresenta os valores-F de Campo Grande para ilustrar esta situação.

Figura 33 - Influência das variáveis de projeto so sobre a confiabilidade volumétrica média dos reservatórios para São Paulo-SP, Salvador-BA, Recife-PE e Campo Grande-MS.



Em geral, São Paulo, Salvador, Recife e Campo Grande apresentaram resultados similares aos das demais localidades. A principal diferença observada está na influência da área de captação. Quando comparada aos resultados de Belo Horizonte e Brasília (localidades mais secas), as quatro cidades deste conjunto apresentam maior influência da área de captação. Se comparada aos resultados das localidades mais úmidas (Belém e Florianópolis), esta influência é menor. A íntegra dos gráficos e tabelas relacionados a esta análise de sensibilidade pode ser encontrada no Apêndice D.

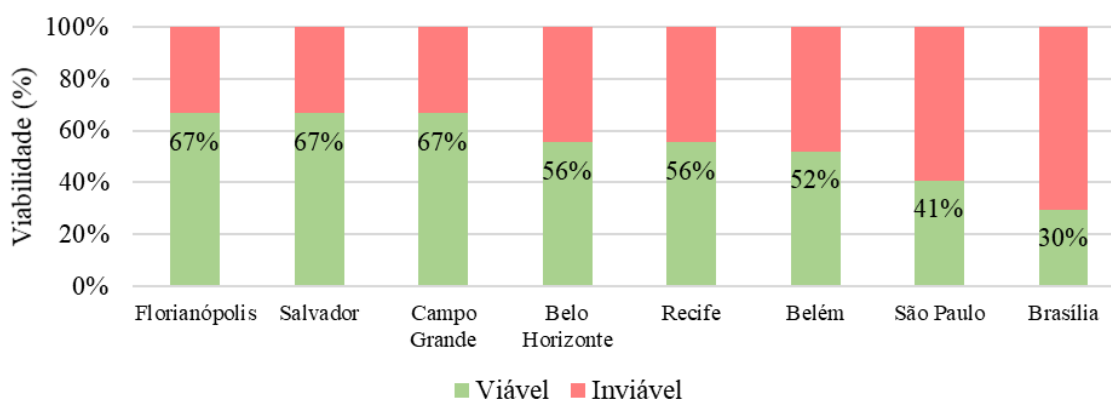
### 4.3. Análise econômica

Nesta seção são apresentados os resultados de análise econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial para as oito capitais representativas selecionadas.

#### 4.3.1. Viabilidade econômica

Os 54 cenários simulados para cada cidade (conforme variáveis da seção 3.3.3) foram avaliados quanto a sua viabilidade econômica conforme os critérios estabelecidos para cada indicador econômico na seção 3.3.7. Diferentes capitais brasileiras apresentaram índices de viabilidade distintos, a depender de seu regime pluviométrico, preços de insumos e tarifas praticadas em cada região. A Figura 34 apresenta os resultados de viabilidade econômica para as oito capitais estudadas neste trabalho para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta.

Figura 34 - Viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta simulados nesta pesquisa.



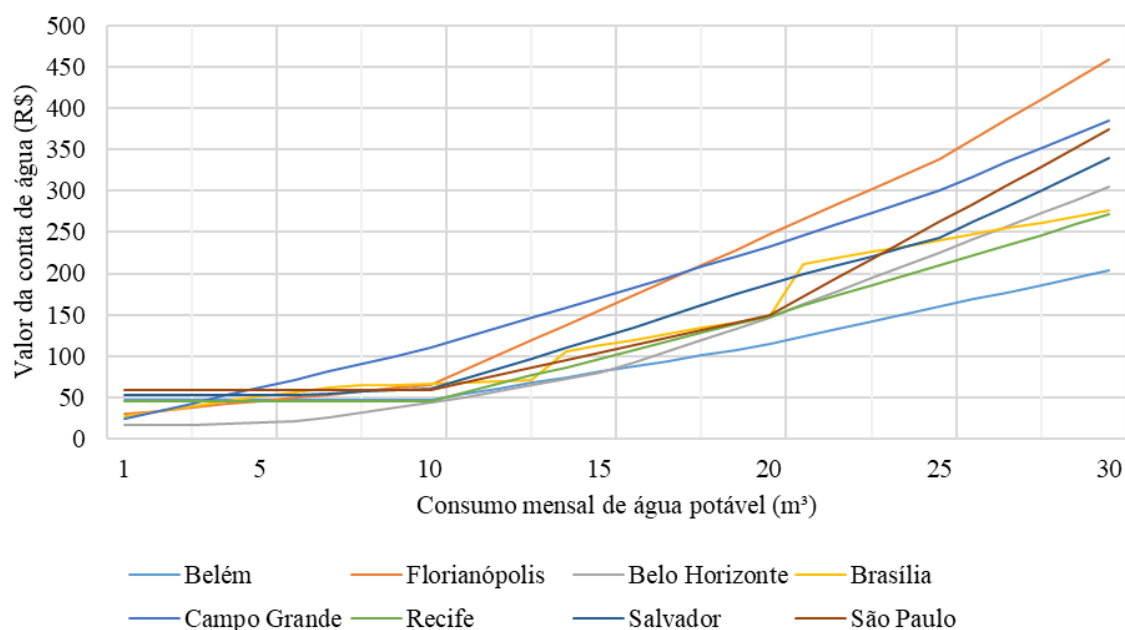
Dentre as capitais avaliadas, Florianópolis, Salvador e Campo Grande apresentaram os melhores percentuais de viabilidade para sistemas com distribuição indireta de água pluvial, com viabilidade econômica em 67% dos cenários simulados. Enquanto Florianópolis e Salvador apresentam uma precipitação média anual similar (1857 e 1754 mm/ano, respectivamente), Campo Grande é mais seca, com precipitação média anual de 1479 mm/ano. Campo Grande e Salvador apresentam índices de sazonalidade de 0,47 e 0,48, respectivamente, enquanto Florianópolis se destaca pela ótima distribuição de chuvas ao longo do ano ( $S=0,22$ ). Dentre estas três cidades, Campo Grande apresenta maior número de dias secos por ano (235 dias), quando comparada com Florianópolis (198 dias) e Salvador (170 dias).



Belém se destaca pela maior disponibilidade pluviométrica entre as cidades avaliadas ( $R=2998$  mm/ano) e índice de sazonalidade similar aos de Campo Grande e Salvador ( $S=0,46$ ). Com apenas 98 dias secos por ano, em média, esperava-se melhor índice de viabilidade para esta cidade, que apresentou viabilidade econômica em 52% dos cenários simulados.

A viabilidade econômica dos sistemas simulados em Belém foi comprometida pela tarifação de água praticada nesta localidade. Apesar de apresentar tarifas, em média, mais baixas que as outras cidades, o valor da taxa mínima e a progressão das tarifas conforme o consumo (inclinação da reta) não produzem economias significativas na conta de água a partir da economia de água potável. Campo Grande, por outro lado, foi beneficiada nesse sentido por praticar uma estrutura de cobrança de água que favorece o benefício econômico dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, mesmo apresentando clima mais seco. A Figura 35 apresenta a progressão de tarifas de água (inclusive esgoto) praticada nas localidades avaliadas nesta pesquisa.

Figura 35 - Progressão de tarifas de água praticadas nas cidades avaliadas nesta pesquisa.



Berwanger e Ghisi (2014) avaliaram sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial na cidade de Itapiranga, e apontaram que não houve viabilidade econômica em sistemas com consumo de água inferior a  $10\text{m}^3/\text{mês}$  devido à tarifa fixa praticada pela concessionária local de água. Nesta pesquisa, o mesmo pode ser observado em algumas localidades. Ghisi e Oliveira (2007) apontam a importância de se revisar a legislação brasileira quanto aos esquemas de cobrança de água pelas concessionárias no sentido de estimular a economia de água potável. A partir de um estudo de caso em Belém-PA, Gómez e

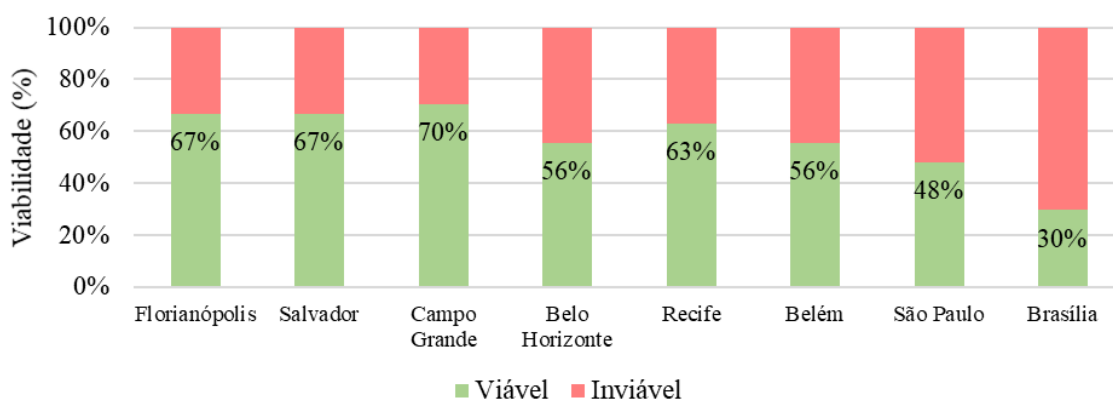
Teixeira (2017) também mencionam a estrutura tarifária praticada e sugerem ajustes para que seja produzido maior benefício econômico a partir do consumo mais racional da água potável.

Brasília apresentou os menores percentuais de viabilidade dentre as cidades estudadas, com 30% dos cenários simulados considerados viáveis economicamente. O local apresenta distribuição irregular de chuvas ao longo do ano ( $S=0,74$ ), além do maior período contínuo de estiagem na série de precipitação considerada, com duração de 128 dias. No caso desta cidade, tanto o clima pouco favorável quanto o esquema de tarifação praticado pela concessionária e considerado nesta pesquisa afetaram seu desempenho econômico. Sant'Ana et al. (2017) avaliaram as políticas tarifárias praticadas em Brasília com foco na viabilidade econômica de diferentes tipologias de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Em seu relatório, os autores sugerem princípios de políticas tarifárias que beneficiariam economicamente os sistemas instalados em residências de baixo, médio e alto padrão.

Belo Horizonte se destaca por apresentar percentual de viabilidade de 56%, mesmo com sazonalidade igual à de Brasília ( $S=0,74$ ) e média de 263 dias secos por ano, a maior dentre as cidades estudadas. Esta diferença pode ser explicada pelas diferentes estruturas tarifárias praticadas entre as cidades, conforme exposto anteriormente, na Figura 38.

Recife e São Paulo apresentaram percentuais de viabilidade de 56% e 41%, respectivamente. Recife é caracterizada por alta disponibilidade pluviométrica (2360mm/ano) quando comparada à de São Paulo (1658mm/ano). Recife e São Paulo apresentam índices de sazonalidade próximos ( $S= 0,56$  e  $0,53$ , respectivamente). Recife apresentou custos de investimento inicial abaixo da média das cidades estudadas, enquanto São Paulo apresentou os sistemas mais caros. O mesmo foi observado para os custos de operação. A Figura 36 apresenta os mesmos resultados de viabilidade econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta.

Figura 36 - Viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta simulados nesta pesquisa.

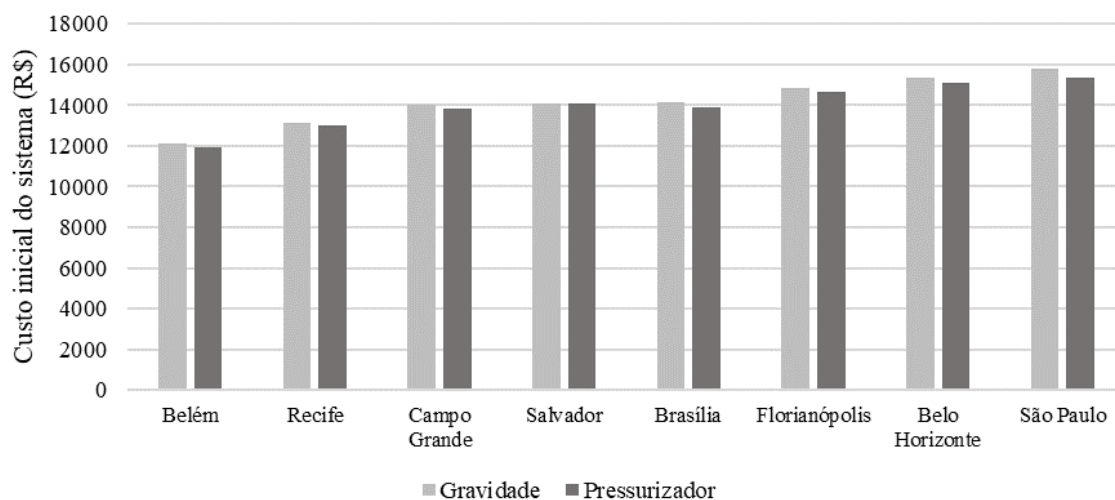


Campo Grande, Recife, Belém e São Paulo apresentaram percentuais de viabilidade econômica mais favoráveis para sistemas com distribuição direta de água pluvial se comparados aos resultados obtidos para sistemas com distribuição indireta de água pluvial. Este resultado está de acordo com o que foi observado por Severis et al. (2019). A pesquisa dos autores constatou que os sistemas com distribuição direta de água pluvial são mais viáveis economicamente que os com distribuição indireta. Para as demais cidades, o índice de viabilidade se manteve idêntico entre as duas modalidades de distribuição de água pluvial, conforme critérios adotados nesta pesquisa.

#### 4.3.2. Custo de investimento inicial

Custos de investimento inicial foram obtidos para as oito capitais brasileiras representativas, tanto para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta e indireta. A Figura 37 apresenta os valores médios de investimento inicial dentre todos os cenários simulados para cada cidade representativa.

Figura 37 - Custo inicial médio, dentre os cenários simulados, para sistemas de aproveitamento de água pluvial para as oito capitais representativas.



Dentre as cidades pesquisadas, não houve variação significativa entre os custos iniciais obtidos. O maior custo inicial médio dentre as capitais foi obtido para a cidade de São Paulo (R\$ 15.785,17 e R\$ 15.360,22 para sistemas com distribuição de água pluvial indireta e direta, respectivamente). O menor custo foi observado em Belém-PA (analogamente, R\$ 12.094,61 e R\$ 11.904,50). Sistemas com distribuição direta de água pluvial apresentaram custo inicial entre 0,30% (Salvador) e 2,69% (São Paulo) abaixo do custo obtido para sistemas com distribuição indireta. Por dispensarem a utilização de reservatório superior, os

sistemas com distribuição direta tendem a ter menor custo inicial. No entanto, maiores custos com equipamento de pressurização tendem a tornar esta economia menos significativa.

As Tabelas 11 e 12 apresentam a média de custo inicial dentre as oito cidades consideradas na pesquisa, em função da área de captação e tamanho do reservatório para os dois tipos de sistemas de aproveitamento de água pluvial avaliados nesta pesquisa. A tabela completa contendo os custos para cada cidade avaliada pode ser encontrada no Apêndice B.

Tabela 11 - Custos médios de investimento inicial para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta dentre as oito capitais representativas.

Reservatório inferior (L)	Área de captação (m <sup>2</sup> )		
	100	200	300
3000	R\$ 10.999,18	R\$ 12.077,02	R\$ 12.885,18
4000	R\$ 11.565,93	R\$ 12.643,77	R\$ 13.451,94
5000	R\$ 12.157,43	R\$ 13.235,27	R\$ 14.043,43
6000	R\$ 13.134,95	R\$ 14.212,78	R\$ 15.020,95
7000	R\$ 14.130,44	R\$ 15.208,27	R\$ 16.016,44
8000	R\$ 15.143,90	R\$ 16.221,74	R\$ 17.029,90
9000	R\$ 16.175,34	R\$ 17.253,17	R\$ 18.061,34

Tabela 12 - Custos médios de investimento inicial para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta entre as oito capitais representativas.

Reservatório inferior (L)	Área de captação (m <sup>2</sup> )		
	100	200	300
3000	R\$ 10.749,30	R\$ 11.872,14	R\$ 12.680,30
4000	R\$ 11.361,05	R\$ 12.438,89	R\$ 13.247,06
5000	R\$ 11.952,55	R\$ 13.030,39	R\$ 13.838,55
6000	R\$ 12.930,07	R\$ 14.007,90	R\$ 14.816,07
7000	R\$ 13.925,56	R\$ 15.003,39	R\$ 15.811,56
8000	R\$ 14.939,02	R\$ 16.016,86	R\$ 16.825,02
9000	R\$ 15.970,46	R\$ 17.048,29	R\$ 17.856,46

A comparação dos resultados obtidos nesta pesquisa com a literatura a seguir inclui a correção dos valores obtidos por outros autores para Março de 2021 de acordo com o Índice Nacional da Construção Civil (INCC).

Ghisi e Oliveira (2007) avaliaram os custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em duas casas térreas em Palhoça, em Santa Catarina. Tanques com 5000L de água pluvial foram suficientes para prover economias de água potável na ordem de 50% com área de captação em torno de 200m<sup>2</sup>. Custos iniciais corrigidos

variaram entre R\$ 6027,68 e R\$ 7512,70 entre as duas residências, valores que correspondem entre 44,3% e 55,2% do obtido por esta pesquisa em sistemas similares conforme preços levantados em Florianópolis. Analogamente, Carvalho (2010) estimou um custo inicial de R\$ 7199,29, o que corresponde a 52,9% do valor tomado como referência nesta análise.

Nas pesquisas comparadas, assim como neste trabalho, foi considerado o material e a mão-de obra necessária para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial. No entanto, conforme apontado por Teston et al. (2018), a diferença significativa observada entre os custos obtidos pelos autores e os desta pesquisa pode estar relacionada a diferentes convenções de projeto adotadas para orçamentação. Por apresentar, neste caso, custos superiores aos de outros trabalhos, é possível que esta pesquisa tenha considerado mais itens no orçamento, quando comparada às pesquisas de Ghisi e Oliveira (2007) e Carvalho (2010). As convenções de projeto adotadas nesta pesquisa podem ser verificadas na seção 3.3.4.

Severis et al. (2019) avaliaram sistemas de maiores dimensões e distribuição indireta de água pluvial, tendo obtido um custo inicial de R\$ 14.372,72 para um sistema com área de captação de 139,20m<sup>2</sup> e 12.000L de capacidade no reservatório inferior. O valor corresponde a 88,9% do custo médio obtido nesta pesquisa para um sistema de dimensões próximas, com 100m<sup>2</sup> de área de captação e um reservatório de 9.000L. Considerando a maior proximidade entre os valores comparados, pode-se assumir que um nível de detalhamento mais próximo foi considerado entre estas pesquisas. Nesse sentido, é importante destacar que a adição e/ou subtração de itens que compõem o sistema tem impacto direto sobre facilidade de uso, rotina de manutenção, impacto estético, entre outros atributos.

Os custos iniciais obtidos também foram separados em categorias que representam os diferentes grupos de componentes utilizados para sistemas de aproveitamento de água pluvial. A Tabela 13 apresenta os resultados médios obtidos dentre as cidades estudadas para sistemas com distribuição indireta de água conforme o volume do reservatório utilizado no sistema. Nesta análise, foram tomados como referência os sistemas com área de captação de 200m<sup>2</sup> por representarem o valor médio das áreas de captação avaliadas. Os resultados completos podem ser consultados no Apêndice B.

Tabela 13 - Distribuição dos custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta e área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)
3000	15,55	24,63	15,78	31,40	12,64
4000	17,32	23,52	17,09	29,99	12,07
5000	18,92	22,47	18,41	28,66	11,53
6000	22,84	20,93	18,82	26,68	10,74
7000	26,24	19,56	19,24	24,93	10,04
8000	29,22	18,33	19,67	23,37	9,41
9000	31,84	17,24	20,10	21,98	8,85

O custo relativo aos reservatórios aumenta conforme a capacidade dos mesmos é ampliada, assim como ocorre nos itens correspondentes a obra civil, diretamente relacionada à instalação dos tanques no terreno. Para os demais itens, o custo representativo diminui à medida que o volume dos reservatórios aumenta.

Sant'Ana (2006) avaliou os custos de instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em uma edificação existente de Brasília-DF. O autor obteve custo inicial corrigido de R\$ 53.206,59 correspondente a um sistema com área de captação de 483m<sup>2</sup> e reservatório de água pluvial com capacidade de 30.000L. Quando aplicados coeficientes de majoração adequados sobre a distribuição de custo obtida nesta pesquisa em Brasília-DF para uma área de captação de 200m<sup>2</sup> e reservatório de 2000L (majoração de 3,33 vezes para os custos de reservatórios e obra civil com base na diferença de capacidade dos reservatórios e de 2,42 vezes para os demais itens com base no aumento da área de captação), foi obtido custo inicial de R\$ 50.076,72, correspondente a 94,12% do valor obtido por Sant'Ana (2006). Este resultado indica que o método aqui demonstrado pode ser utilizado para estimar custos de sistemas de aproveitamento de água pluvial de maiores dimensões com precisão satisfatória a depender do objetivo da estimativa.

A Tabela 14 apresenta os resultados médios obtidos para sistemas com distribuição direta de água e área de captação de 200m<sup>2</sup> conforme o volume do reservatório utilizado no sistema.

Tabela 14 - Distribuição dos custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta e área de captação de 200m<sup>2</sup>.

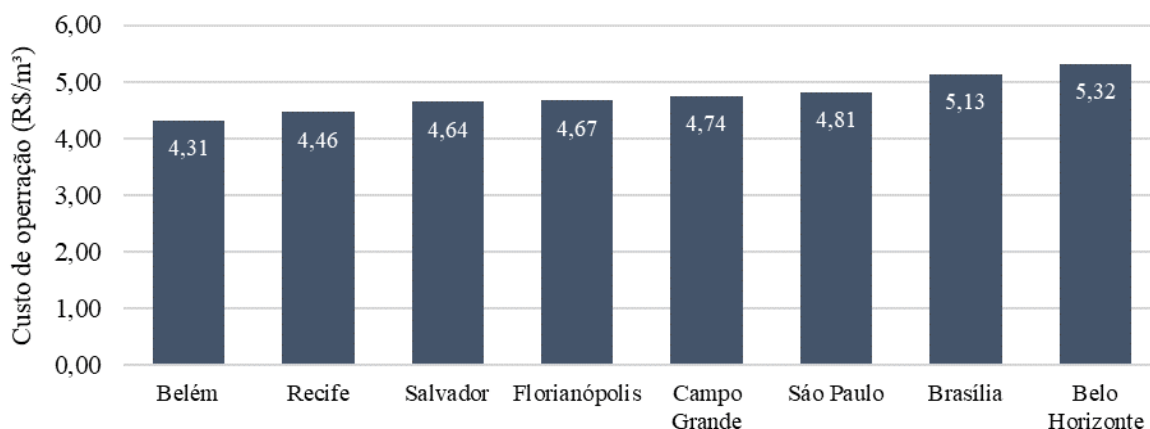
Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)
3000	14,12	16,05	23,40	14,50	31,93
4000	15,99	17,37	22,33	13,84	30,48
5000	17,68	18,70	21,31	13,21	29,10
6000	21,73	19,09	19,82	12,29	27,06
7000	25,25	19,50	18,51	11,47	25,27
8000	28,33	19,92	17,34	10,74	23,67
9000	31,04	20,34	16,29	10,09	22,24

Apesar de apresentar custos iniciais similares, a distribuição dos mesmos nos sistemas com distribuição direta se mostrou diferente da obtida para sistemas com distribuição indireta de água pluvial. Por mais que os sistemas com distribuição direta necessitem de menos capital para reservatórios, os custos de instalações elétricas tendem a ser maiores devido a diferença significativa de preços observada entre a motobomba e o pressurizador.

#### 4.3.3. Custo de operação

Nesta seção, os custos de operação foram avaliados em todos os cenários, tanto viáveis quanto inviáveis. Em média, os custos de operação obtidos para sistemas com água pluvial com distribuição direta ficaram 3,08% abaixo dos custos de operação obtidos para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta, sobretudo devido aos menores custos de energia elétrica atribuídos ao pressurizador. A Figura 41 apresenta os custos médios de operação obtidos em sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta para cada uma das cidades avaliadas nesta pesquisa.

Figura 38- Custo de operação médio mensal, dentre os cenários simulados, para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta.



Os custos de operação incluem custo de manutenção (1% do custo inicial, anualmente), custo de energia elétrica para distribuição de água pluvial, e custo de desinfecção de água pluvial, ambos calculados em função de seu consumo mensal. A seguir, serão apresentadas as relações obtidas entre os custos de operação e o consumo mensal de água pluvial em algumas das capitais representativas. As Figuras 39 e 40 apresentam esta relação para Belém e Brasília, respectivamente. Os gráficos correspondentes às demais cidades podem ser encontrados no Apêndice C.

Figura 39 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Belém-PA.

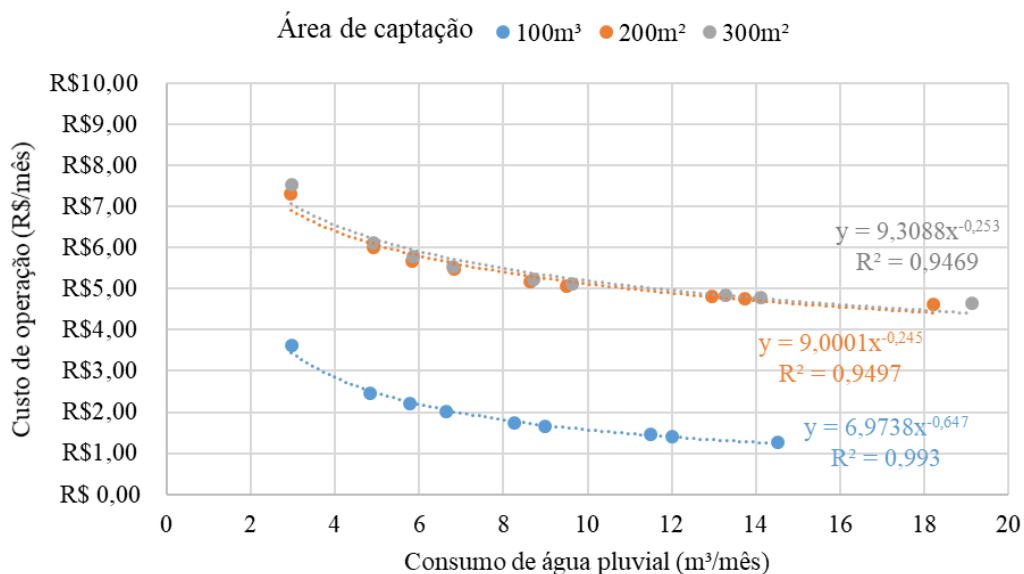
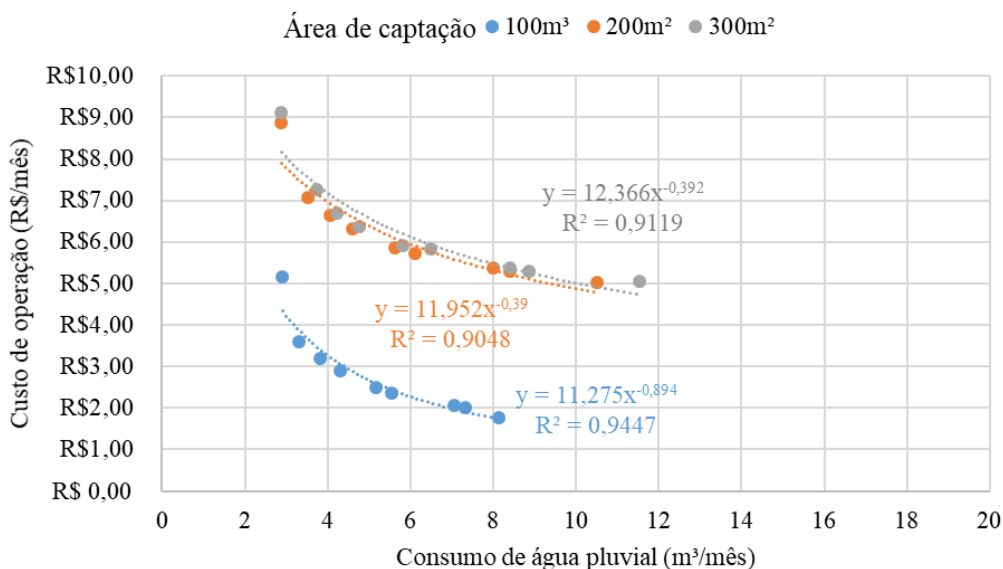


Figura 40 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Brasília-DF.





Belém e Brasília representam o comportamento dos custos de operação em função do consumo de água pluvial. Percebe-se, primeiramente, que o consumo de água pluvial para as duas cidades é bastante distinto devido às diferenças pluviométricos entre as duas localidades. Sistemas com 100m<sup>2</sup> conseguem prover água pluvial para um consumo significativamente menor do que os sistemas com áreas de captação de 200m<sup>2</sup> e 300m<sup>2</sup>, que suprem praticamente o mesmo consumo de água pluvial. Este comportamento indica que, para os valores de demanda de água pluvial usados nesta pesquisa, um aumento na área de captação de 200m<sup>2</sup> para 300m<sup>2</sup> não é efetivo no sentido de melhorar a oferta de água pluvial nos sistemas. Este comportamento também pôde ser verificado nas demais cidades, indicando que, para os regimes pluviométricos brasileiros, áreas de 200m<sup>2</sup> podem ser suficientes para suprir uma família de até 6 pessoas com até 70% de substituição de água potável por água pluvial.

A Tabela 15 apresenta os custos médios de operação verificados em cada cidade, considerando os sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta e direta. Médias destes custos operacionais foram obtidas tanto para os cenários viáveis quanto para os inviáveis.

Tabela 15 - Custos de operação obtidos para cada capital representativa.

Cidade - estado	Custo médio de operação - geral (R\$/mês)		Custo médio de operação - cenários viáveis (R\$/mês)		Custo médio de operação - cenários inviáveis (R\$/mês)	
	Indireta	Direta	Indireta	Direta	Indireta	Direta
Belém-PA	4,31	4,15	3,7	3,62	4,97	4,81
Belo Horizonte-MG	5,32	5,14	4,55	4,39	6,28	6,09
Brasília-DF	5,13	4,98	4,47	4,33	5,41	5,25
Campo Grande-MS	4,74	4,58	4,09	4,06	6,03	5,83
Florianópolis-SC	4,67	4,48	4,28	4,12	5,43	5,23
Recife-PE	4,46	4,33	4,24	4,11	5,12	5,18
Salvador-BA	4,63	4,50	4,24	4,11	5,40	5,27
São Paulo-SP	4,81	4,75	4,03	3,87	5,35	5,27

#### 4.3.4. Relação entre regime pluviométrico e desempenho econômico

A Tabela 16 apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* ( $r$ ) e *Spearman* ( $\rho$ ) entre os indicadores pluviométricos e o valor presente líquido médio e mediano obtido na análise econômica das capitais brasileiras.

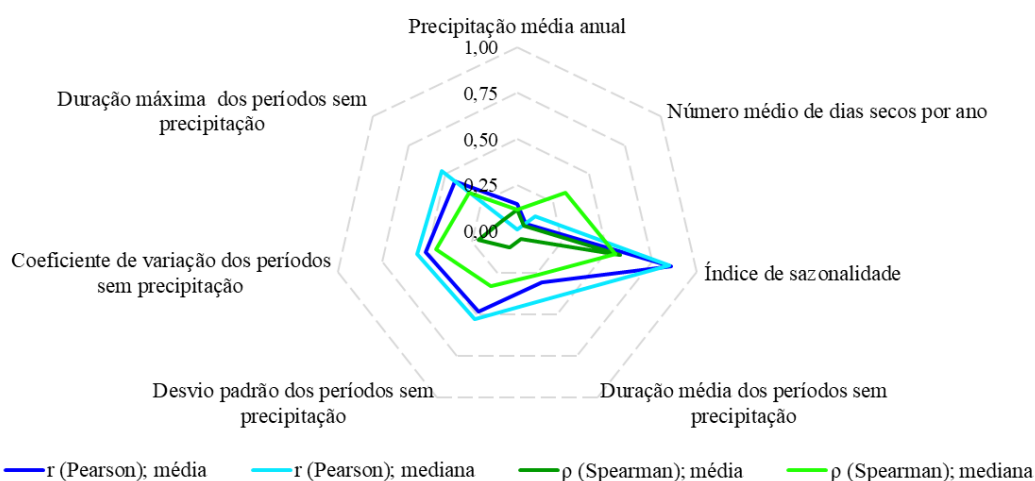
Tabela 16 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o valor presente líquido médio e mediano obtido na análise econômica das capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p	r (Pearson)		ρ (Spearman)		
		Média	Mediana	Média	Mediana	
Precipitação média anual (R)	0,15	0,150	0,010	-0,119	0,119	
Número médio de dias secos por ano (D)	0,07	0,062	0,126	0,048	-0,333	
Índice de sazonalidade (S)	0,06	0,859	0,846	-0,571	-0,548	
Períodos sem precipitação	Duração média	0,06	0,308	0,408	0,048	0,262
	Desvio padrão	0,06	0,487	0,531	-0,095	-0,333
	Coefficiente de variação	0,06	0,509	0,556	-0,214	-0,452
	Duração máxima	0,06	0,433	0,520	-0,095	-0,333

O valor-p obtido para estas correlações não indica correlação linear significativa entre os indicadores pluviométricos e o valor presente líquido quando utilizado critério de significância da correlação (valor-p) de 5%. Os custos de investimento e operação dos sistemas apresentaram coeficientes de variação de 24% e 40% entre os cenários simulados. Portanto, a baixa correlação entre os indicadores pluviométricos com o valor presente líquido dos sistemas pode estar relacionada com variações extrínsecas às interações entre pluviometria e desempenho econômico. Correlações desta natureza poderiam ser obtidas se a análise econômica utilizasse os mesmos custos em todas as cidades.

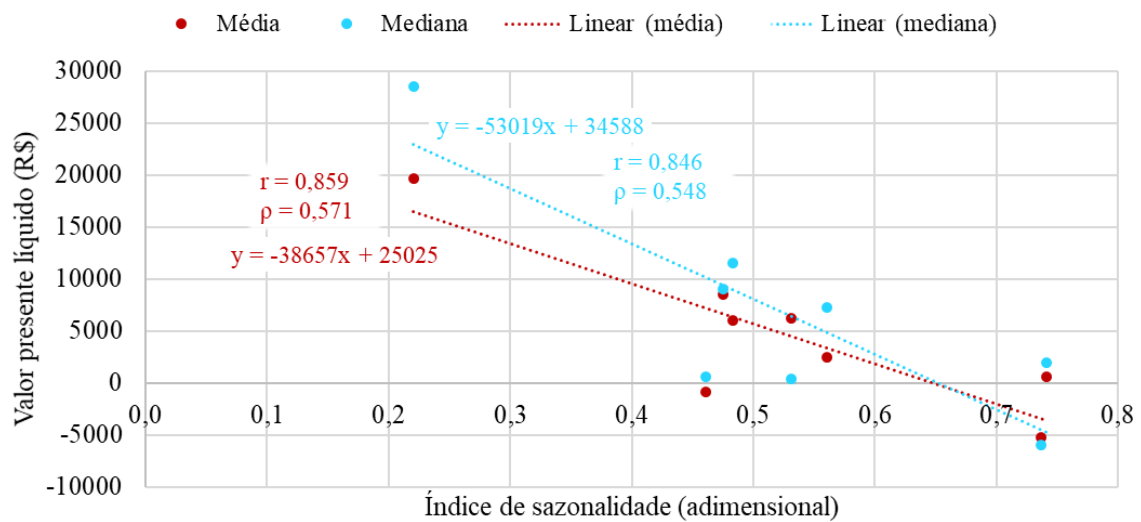
Mesmo tendo sofrido influência significativa das variações de custos entre as cidades, alguns indicadores apresentam correlações mais significativas que outros. A Figura 41 ilustra os resultados, e permite a visualização mais clara dos indicadores pluviométricos mais relevantes sobre o valor presente líquido nas localidades estudadas.

Figura 41 - Correlação entre indicadores pluviométricos e o valor presente líquido médio e mediano obtido na análise econômica das capitais brasileiras.



O Índice de sazonalidade foi o indicador pluviométrico que apresentou maior correlação com o valor presente líquido. Quanto melhor distribuídas as chuvas em determinada localidade, maior a tendência dos sistemas de aproveitamento de água pluvial ser economicamente viáveis. Os coeficientes de correlação de *Pearson* indicam que a duração máxima, o coeficiente de variação e o desvio padrão dos períodos sem precipitação podem ser relevantes sobre a viabilidade econômica dos sistemas. No entanto, é possível que as variações de custos entre as cidades analisadas tenham afetado este resultado. A Figura 42 ilustra a correlação entre o índice de sazonalidade e o valor presente líquido. Resultados referentes aos demais indicadores pluviométricos podem ser consultados no Apêndice D.

Figura 42 - Correlação entre o índice de sazonalidade e o valor presente líquido médio e mediano dos sistemas de aproveitamento de água pluvial simulados nesta pesquisa.



### 4.3.5. Indicadores de desempenho

As Figuras 43 a 45 apresentam os tempos de retorno do investimento, valores presentes líquidos e taxa internas de retorno obtidos nos sistemas viáveis com distribuição indireta de água pluvial. Na Figura 43, pode-se observar uma tendência de sistemas mais economicamente viáveis quanto menor for o índice de sazonalidade da localidade.

Figura 43 - Tempo de retorno do investimento obtido nos cenários viáveis de sistemas com distribuição indireta de água pluvial nas capitais brasileiras.

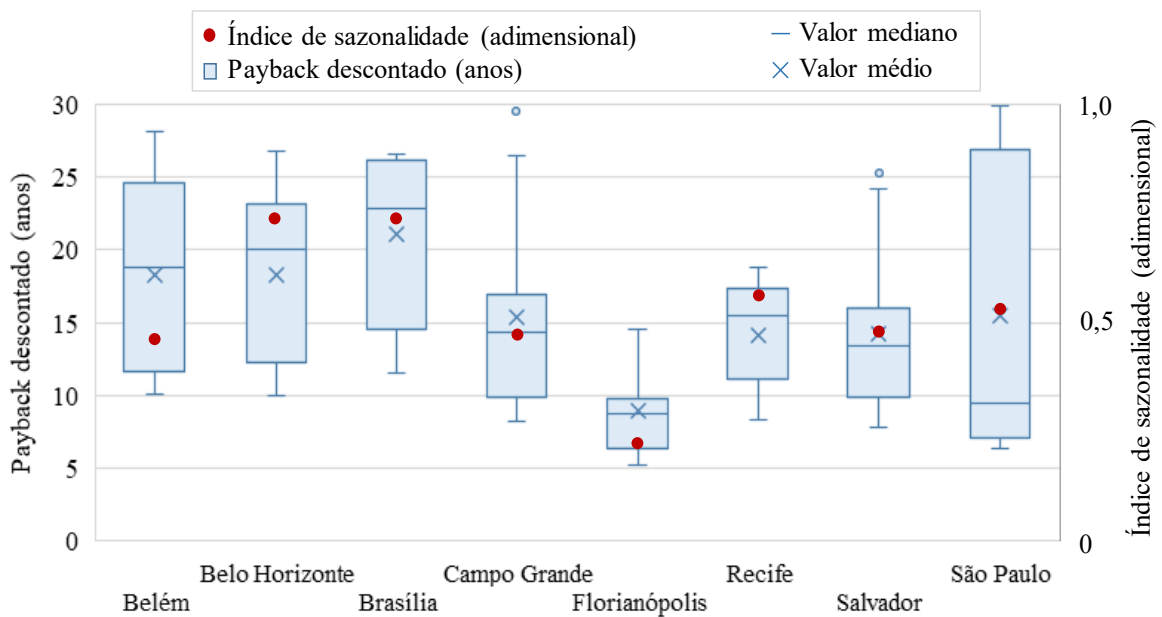


Figura 44 - Valores presentes líquidos de sistemas com distribuição indireta de água pluvial nas capitais brasileiras.

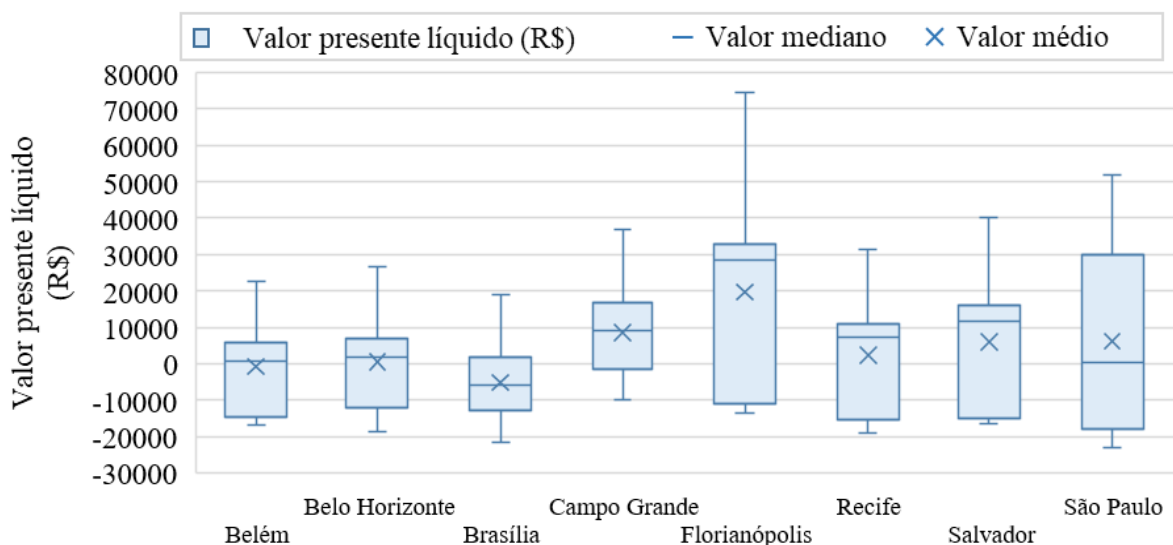
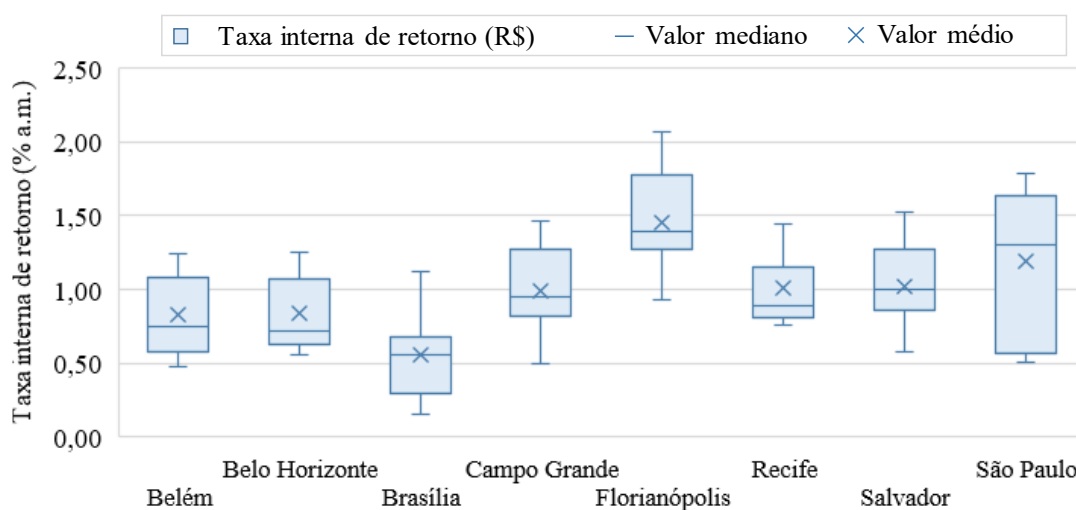


Figura 45 - Taxa interna de retorno de sistemas com distribuição indireta de água pluvial nas capitais brasileiras.

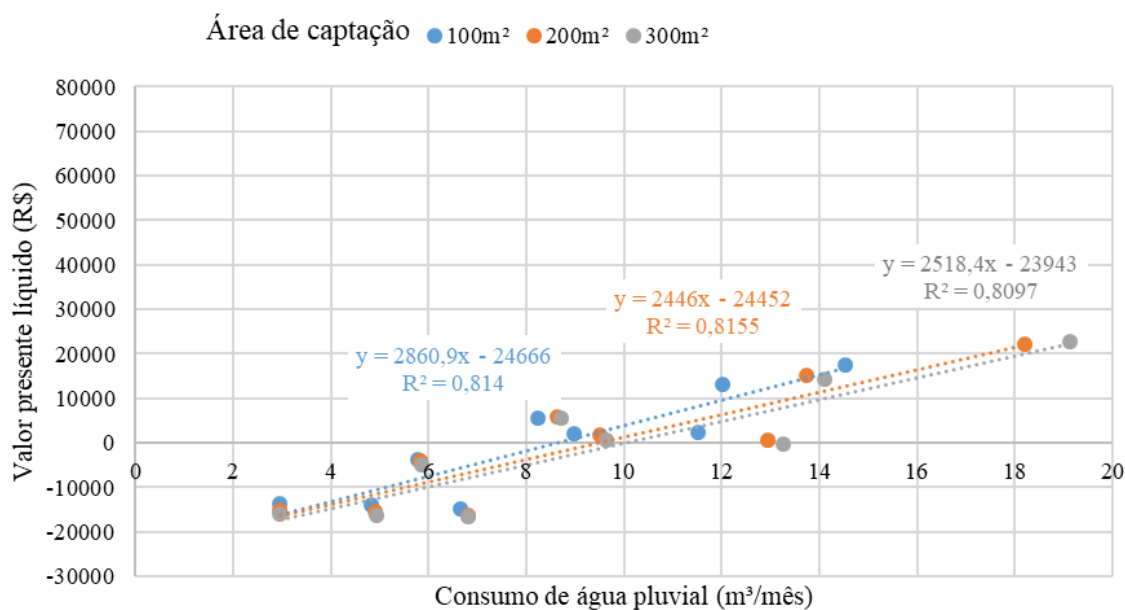


Em Florianópolis, os sistemas de aproveitamento de água pluvial apresentaram o melhor desempenho econômico. Chuvas abundantes ( $R=1857\text{mm/ano}$ ) e bem distribuídas ( $S=0,22$ ) contribuem com estes resultados, além de tarifas de água que beneficiam a economia de água pluvial. Recife ( $R=2360\text{mm/ano}$ ), Salvador ( $R=1754\text{mm/ano}$ ) e Campo Grande ( $R=1479\text{mm/ano}$ ) apresentaram desempenhos intermediários. Mesmo sendo uma localidade mais seca, Campo Grande obteve melhor desempenho econômico devido ao esquema de cobrança de água adotado pela concessionária local. Sistemas simulados em Brasília ( $R=1449\text{mm/ano}$ ), Belo Horizonte ( $R=1486\text{mm/ano}$ ) e Belém ( $R=2998\text{mm/ano}$ ) obtiveram baixo desempenho econômico. Mesmo sendo extremamente úmida, Belém foi prejudicada pelo seu esquema de cobrança de água. São Paulo ( $R=1658\text{mm/ano}$ ) apresentou resultados médios similares aos de Recife, Salvador e Campo Grande. No entanto, a maior amplitude observada nos resultados indica que a viabilidade dos sistemas em São Paulo é fortemente influenciada pelas variáveis de projeto.

A seguir, é discutido o desempenho econômico de cada capital representativa. Os resultados completos de cada cidade podem ser encontrados no Apêndice F.

Em Belém, 52% dos cenários simulados nesta localidade se mostraram viáveis economicamente para projetos com distribuição indireta de água pluvial. Para sistemas com distribuição direta de água pluvial, a viabilidade foi verificada em 56% dos cenários, conforme os critérios adotados nesta pesquisa. Dentre os indicadores avaliados em Belém, a melhor correlação foi obtida entre o consumo de água pluvial e o valor presente líquido ( $R^2$  médio=0,8131). A Figura 46 apresenta esta relação.

Figura 46 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Belém-PA.



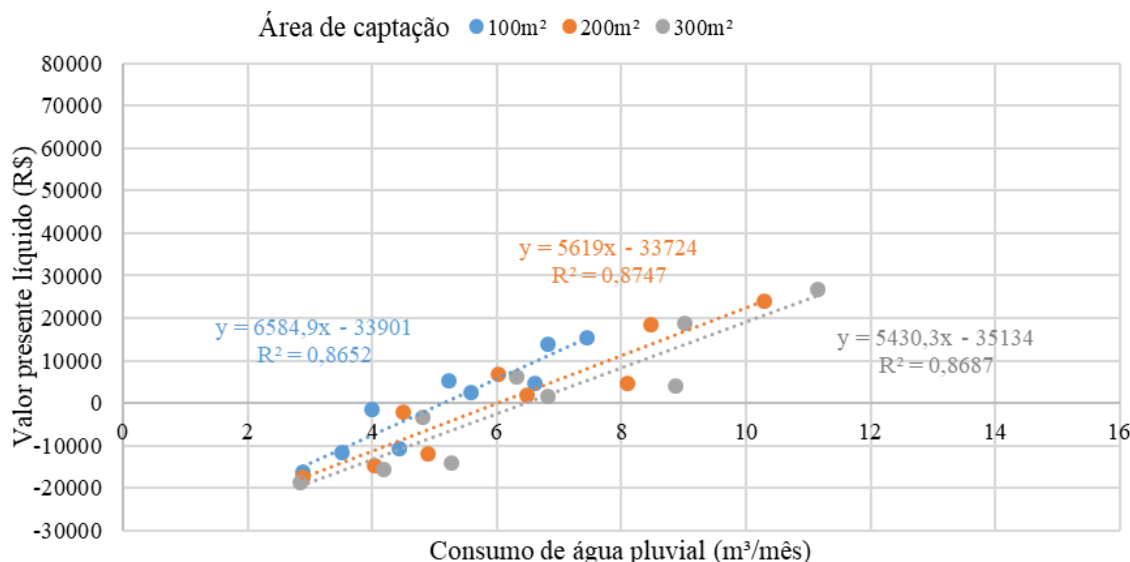
O regime pluviométrico de Belém ( $R=2998\text{mm/ano}$ ) foi capaz de suprir consumo máximo de  $14,5\text{m}^3/\text{mês}$  de água pluvial para sistemas com área de captação de  $100\text{m}^2$ ,  $18,2\text{m}^3/\text{mês}$  para sistemas com  $200\text{m}^2$  de área de captação e de  $19,1\text{m}^3/\text{mês}$  para sistemas com captação de  $300\text{m}^2$  de acordo com as variáveis de projeto usadas nesta simulação. Sistemas com distribuição indireta de água pluvial e consumo de água pluvial abaixo de  $9\text{m}^3/\text{mês}$  não atingiram viabilidade econômica segundo os critérios adotados nesta pesquisa. Quanto maior o consumo de água pluvial, maior a viabilidade econômica do sistema. Nenhum cenário com dois habitantes na residência foi considerado viável economicamente, enquanto todos os cenários simulados com seis habitantes foram considerados viáveis.

O valor presente líquido médio obtido para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial não apresentou diferença significativa, cujos resultados foram R\$ 9.223,56 e R\$9.316,67, respectivamente. O tempo de retorno médio do investimento para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta foi de 18,1 anos, pouco abaixo do obtido para sistemas com distribuição indireta de água (18,3 anos). Dentre os cenários viáveis, não foi observada diferença significativa entre as médias de taxa interna de retorno obtidas para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial, que resultaram em 0,85% a.m. e 0,86% a.m., respectivamente. Demais análises referentes aos indicadores econômicos médios de cada cidade podem ser consultadas no apêndice F.

Em Belo Horizonte, 56% dos cenários simulados se mostraram viáveis economicamente, nos dois tipos de sistemas avaliados. A Figura 47 apresenta a relação entre o

tempo de retorno do investimento e o consumo de água pluvial em sistemas com distribuição indireta em Belo Horizonte.

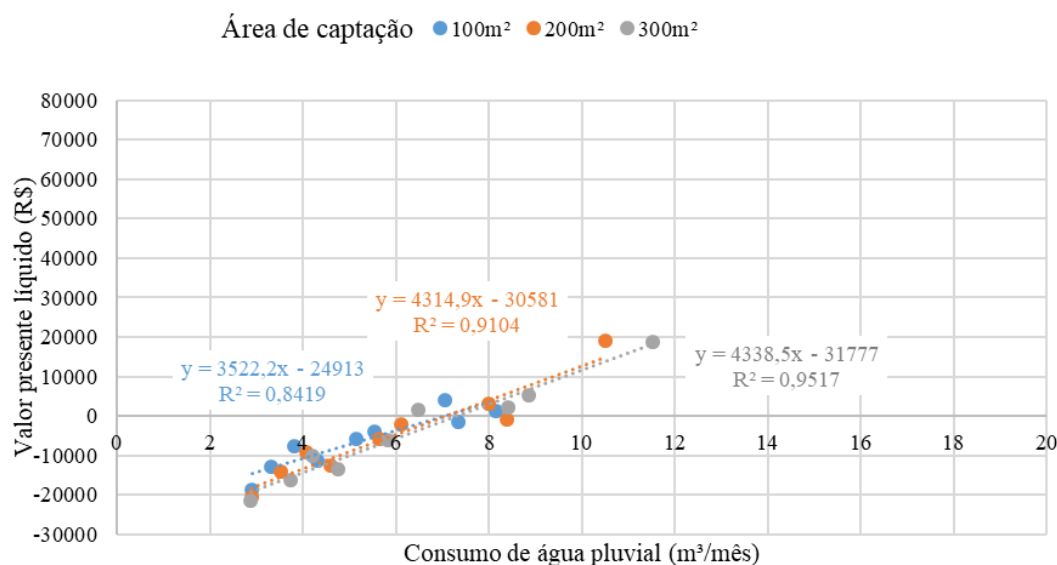
Figura 47 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Belo Horizonte-MG.



A correlação observada entre o tempo de retorno do investimento e o consumo de água pluvial se mostrou mais significativa do que a observada em Belém para este indicador ( $R^2$  médio = 0,8688). No entanto, o regime pluviométrico desta cidade ( $R=1486\text{mm/ano}$ ) supriu consumo de água pluvial significativamente menor. Sistemas com área de captação de 100m<sup>2</sup> apresentaram viabilidade econômica com consumo de água pluvial acima de 5,6m<sup>3</sup>/mês. Nos sistemas com área de captação de 200 e 300m<sup>2</sup>, a viabilidade foi atingida com consumos acima de 6,5 m<sup>3</sup>/mês e 6,8 m<sup>3</sup>/mês, respectivamente. O regime pluviométrico de Belo Horizonte foi capaz de suprir um consumo mensal máximo 7,4m<sup>3</sup> de água pluvial para sistemas com áreas de captação de 100m<sup>2</sup>, 10,3m<sup>3</sup>/mês para áreas de captação de 200m<sup>2</sup> e 11,2 m<sup>3</sup>/mês para áreas de captação de 300m<sup>2</sup>. Apenas sistemas com quatro ou seis habitantes obtiveram viabilidade econômica. Assim como observado em Belém, quanto maior o consumo de água pluvial, maior a viabilidade econômica do sistema.

Nos dois tipos de sistemas avaliados, Brasília apresentou viabilidade econômica em 30% dos cenários. A baixa disponibilidade pluviométrica de Brasília ( $R=1499\text{mm/ano}$ ), juntamente com um esquema de cobrança de água que não favorece a economia financeira em função da economia de água potável foram fatores que contribuíram para este resultado. O baixo número de casos viáveis pode ser verificado na Figura 48.

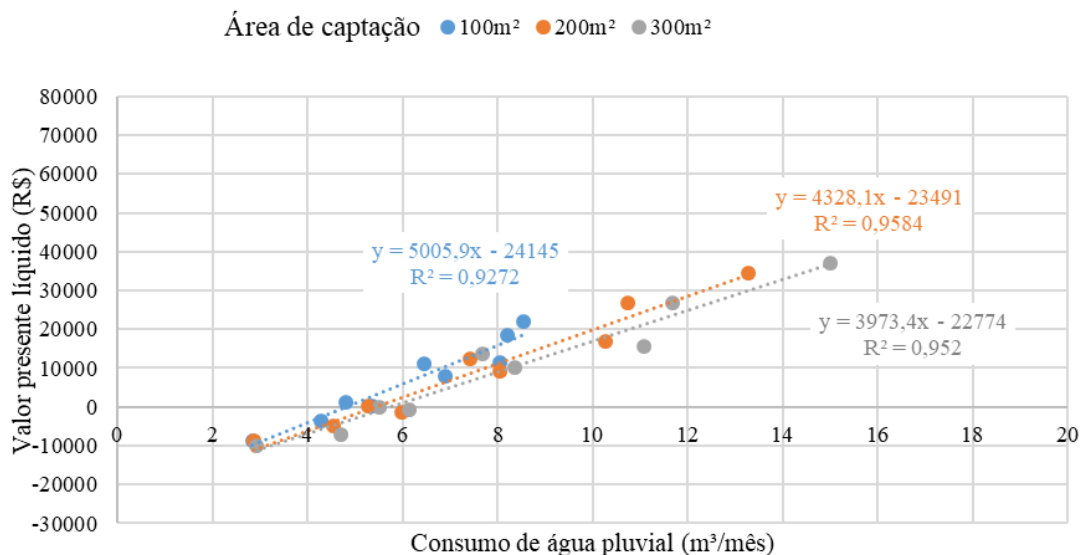
Figura 48 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Brasília-DF.



O consumo mensal máximo de água pluvial observado em Brasília é similar ao de Belo Horizonte: entre 8m<sup>3</sup>/mês e 12m<sup>3</sup>/mês em sistemas viáveis a depender da área de captação utilizada e os demais variáveis de projeto consideradas nesta pesquisa.

Campo Grande apresentou viabilidade econômica em 67% e 70% dos cenários com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente. Apesar de apresentar disponibilidade pluviométrica similar à de Brasília (R=1479mm/ano), o esquema de cobrança de água desta cidade contribuiu para que atingisse desempenho econômico superior. A Figura 49 apresenta a relação entre o consumo de água pluvial e o valor presente líquido dos sistemas com distribuição de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande.

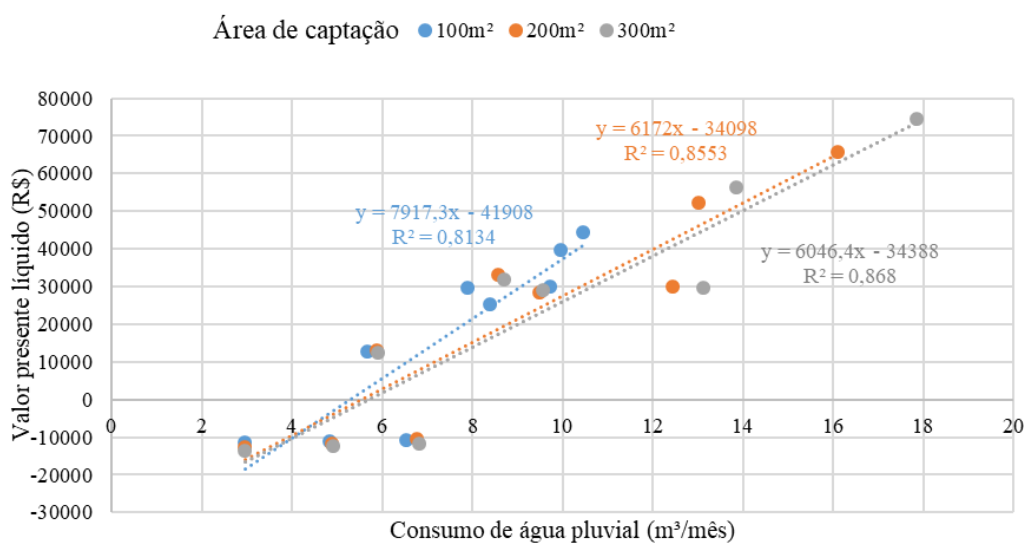
Figura 49 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Campo Grande-MS.





Florianópolis apresentou os sistemas com maior valor presente líquido dentre as cidades analisadas. Foi verificada viabilidade econômica em 67% dos cenários. Mesmo não tendo disponibilidade pluviométrica tão alta quanto a de Belém, o regime pluviométrico de Florianópolis ( $R=1857\text{mm/ano}$ ) foi capaz de suprir consumos próximos dos observados em Manaus. Estes resultados podem ser explicados pela excelente distribuição anual de chuvas em Florianópolis ( $S=0,22$ ). A Figura 50 apresenta a relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida nesta cidade.

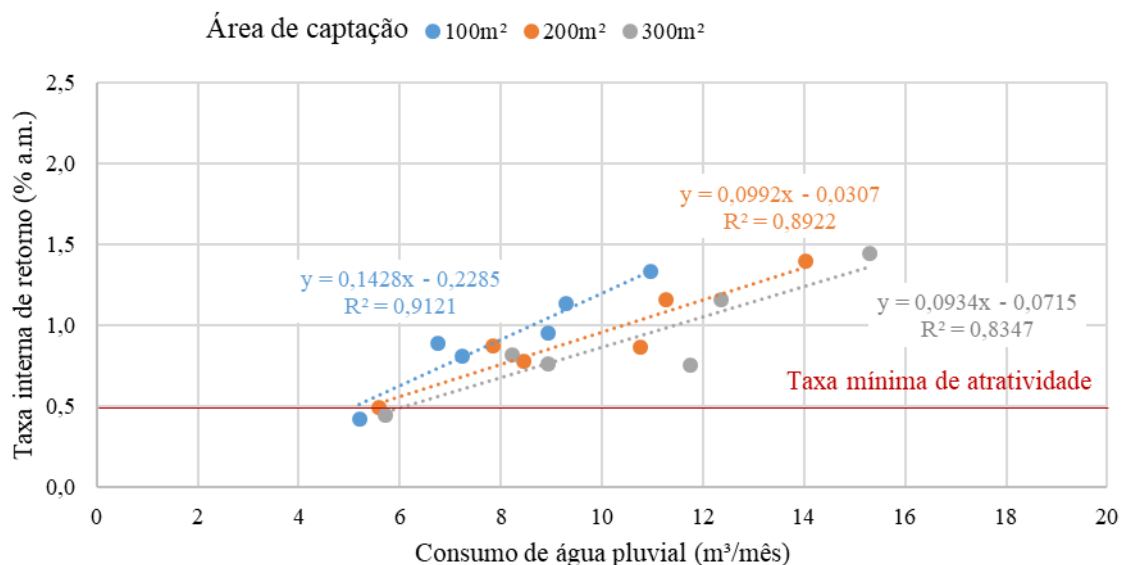
Figura 50 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Florianópolis-SC.



O regime pluviométrico de Recife foi capaz de suprir um consumo de água pluvial similar aos valores observados em Campo Grande. Em Recife a disponibilidade pluviométrica é maior ( $R=2360\text{mm/ano}$ ), os períodos sem precipitação são mais curtos (duração média = 2,58 dias), porém as chuvas têm distribuição menos regular ao longo do ano ( $S=0,56$ ). Assim como em Campo Grande, Recife apresentou viabilidade em 67% dos cenários com distribuição indireta de água pluvial.

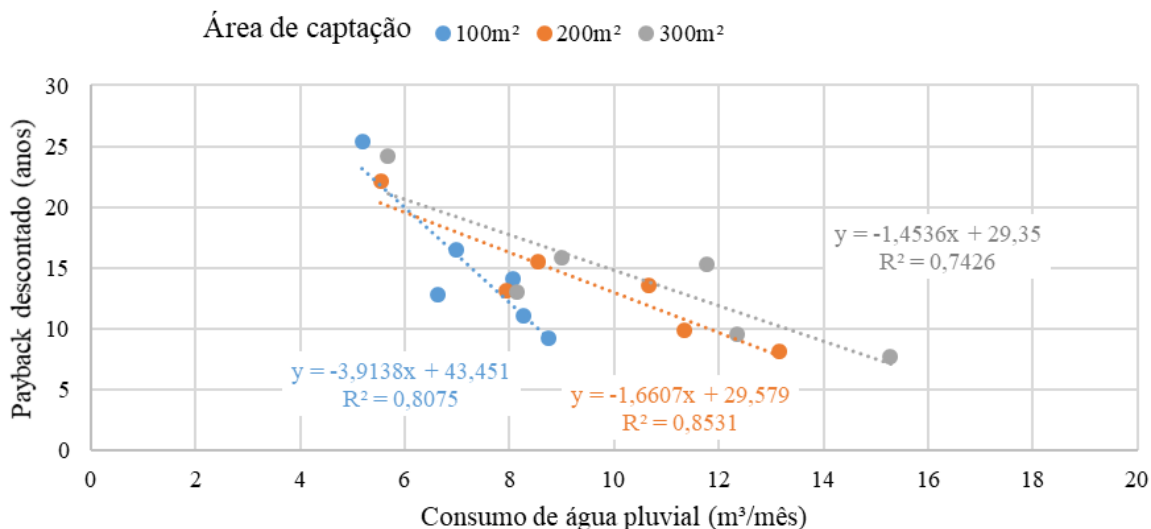
Dentre os indicadores avaliados em Recife, a melhor correlação foi obtida entre o consumo de água pluvial e a taxa interna de retorno ( $R^2$  médio=0,8796). A Figura 51 apresenta esta relação.

Figura 51 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Recife-PE.



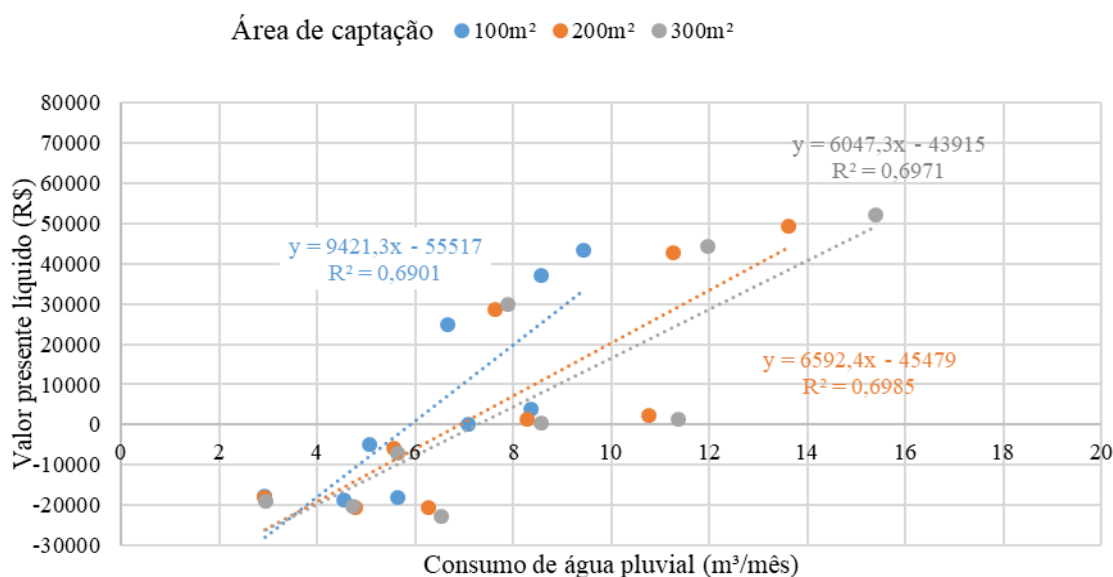
Salvador apresentou correlação média ( $R^2$ ) de 0,8011 entre o consumo de água pluvial e o tempo de retorno do investimento. A Figura 52 ilustra esta relação.

Figura 52 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para Salvador-BA.



O regime pluviométrico de Salvador foi capaz de suprir um consumo de água pluvial entre 5,2m<sup>3</sup>/mês e 15,3m<sup>3</sup>/mês, assim como observado em Campo Grande, Recife e São Paulo. A Figura 53 apresenta a relação entre consumo mensal de água pluvial e valor presente líquido de sistemas de aproveitamento de água pluvial em São Paulo.

Figura 53 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para São Paulo-SP.



São Paulo e Salvador apresentam regimes pluviométricos relativamente similares com base nos indicadores usados nesta pesquisa. Nesse caso, a diferença de desempenho econômico está relacionada com os diferentes esquemas de cobrança de água potável entre as duas cidades. São Paulo também apresenta os maiores custos de instalação dentre os locais estudados, assim como custos de operação dentre os mais altos.

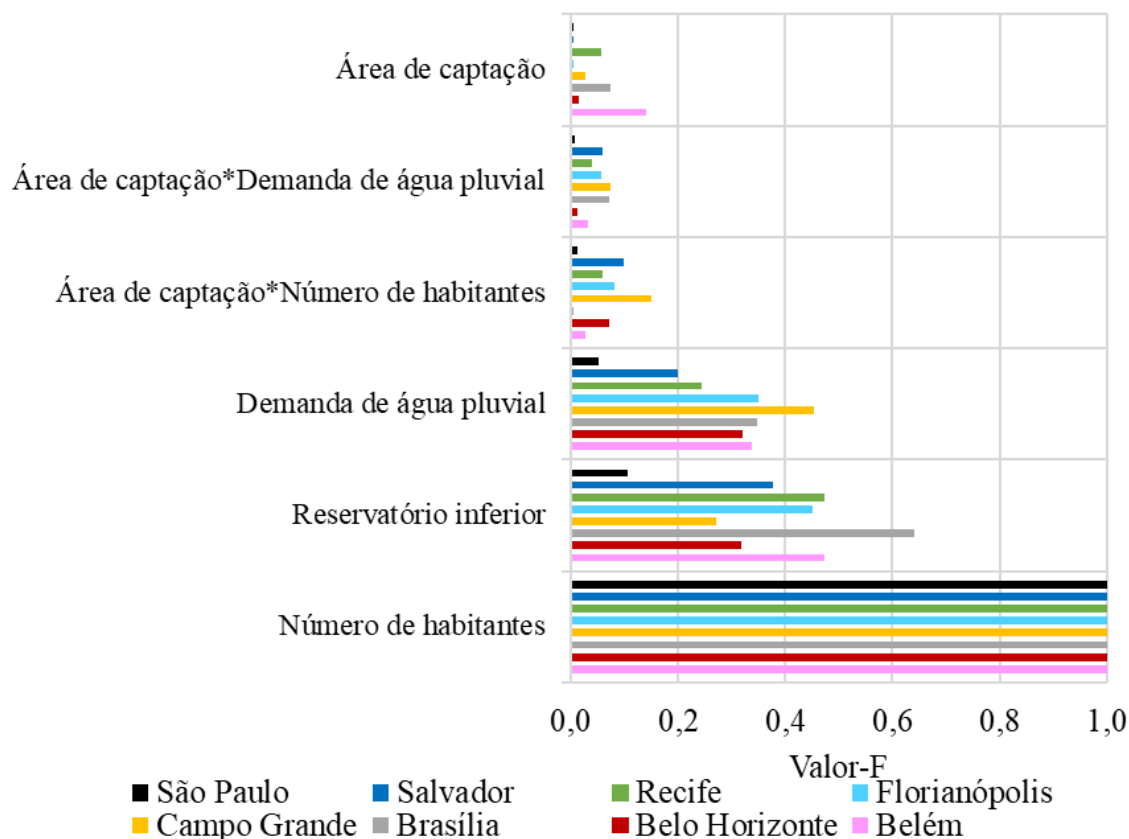
É interessante destacar a relação entre o consumo máximo de água pluvial observado e a área de captação dos sistemas. A diferença deste consumo observada entre sistemas com área de captação de 200m<sup>2</sup> e 300m<sup>2</sup> variou somente 1,4 m<sup>3</sup>/mês comparada ao valor de 3,9m<sup>3</sup>/mês obtido entre áreas de 100m<sup>2</sup> e 200m<sup>2</sup>. Isto significa que um aumento na área de captação de 200m<sup>2</sup> para 300m<sup>2</sup> não implica em aumento de disponibilidade de água pluvial do mesmo modo que um aumento de 100m<sup>2</sup> para 200m<sup>2</sup>. A média do consumo máximo de água pluvial observado entre as cidades foi de 15,1 m<sup>3</sup>/mês. Deste modo, os sistemas com área de captação de 200m<sup>2</sup> foram capazes de suprir, em média, 90,5% da demanda de água pluvial simulada nesta pesquisa dentre os regimes pluviométricos estudados.

#### 4.3.6. Análise de sensibilidade

Nesta etapa da pesquisa, cada uma das oito cidades representativas foi avaliada quanto à influência das variáveis de projeto, incluindo o tamanho do reservatório inferior, sobre o indicador econômico “valor presente líquido”. A Figura 54 apresenta as variáveis de projeto que exercem mais influência sobre o valor presente líquido nas cidades avaliadas neste estudo.

Todos os gráficos e tabelas com os valores-F referentes a esta análise podem ser encontrados no Apêndice E.

Figura 54 - Influência das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido obtido na análise econômica das cidades avaliadas nesta pesquisa.



O número de habitantes foi, em todas as cidades analisadas, a variável de projeto mais influente sobre o valor presente líquido. Esta variável se relaciona diretamente com o consumo de água pluvial na residência, e influencia diretamente a economia de água pluvial. Este resultado está de acordo com o observado em outras pesquisas que, a partir de outros métodos, estabeleceram uma relação direta entre a demanda de água pluvial na residência e a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial (GHISI; SCHONDERMARK, 2013, SEVERIS et al., 2019, BERWANGER; GHISI, 2014, GÓMEZ; TEIXEIRA, 2017).

Em geral, a área de captação foi, em média, a variável de projeto que exerceu menor influência sobre o valor presente líquido dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Apesar de ser uma variável que se relaciona com a oferta de água pluvial na edificação, a área

de captação não exerceu influência significativa sobre a viabilidade econômica dos sistemas por não estar diretamente ligado à geração de benefício econômico ao longo de sua vida útil.

Em Brasília, o volume do reservatório exerceu maior influência sobre o valor presente líquido do que observado nas demais cidades. Isto pode estar relacionado à presença de longos períodos sem precipitação no regime pluviométrico desta localidade (duração máxima de 128 dias e sazonalidade igual a 0,74), o que requer a instalação de reservatórios de maior capacidade e resulta em menores potenciais de economia de água potável. Custos de operação entre os mais altos dentre as cidades analisadas também contribuem para uma maior influência dos custos iniciais sobre a viabilidade econômica dos sistemas em Brasília.

Conforme observado no início da seção 4.3.5, os sistemas simulados em São Paulo são mais suscetíveis às variáveis de projeto por apresentarem grande diferença entre os melhores e piores desempenhos. Em São Paulo, o número de habitantes exerceu influência relativa superior ao observado em outras cidades sobre o valor presente líquido. A demanda de água potável tem, portanto, grande importância no estabelecimento de sistemas viáveis economicamente nesta localidade.

## 5. Conclusões

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência do regime de precipitação e das variáveis de projeto sobre o desempenho de sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial em novas edificações residenciais unifamiliares no contexto brasileiro. Simulações computacionais foram realizadas com séries de precipitação das 27 capitais brasileiras. Nas simulações, foram consideradas variáveis de projeto compatíveis com a realidade nacional. Foram obtidos percentuais de economia de água potável, volumes ideais de reservatório e confiabilidade volumétrica dos reservatórios para 8.748 cenários de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Dentre as 27 capitais, foram selecionadas oito cidades representativas para análise de sensibilidade das variáveis de projeto sobre o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Nestas oito cidades, também foi realizada extensiva análise econômica para obtenção de taxas internas de retorno, valor presente líquido e tempo de retorno dos investimentos para 432 cenários de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Os cenários incluíram a avaliação de sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial. A influência das variáveis de projeto sobre o desempenho econômico dos sistemas foi verificada por meio de análise de sensibilidade. Por fim, foram realizadas análises de correlação para identificar as características pluviométricas mais relevantes para o desempenho geral dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

A simulação computacional dos sistemas nas 27 capitais brasileiras permitiu uma visualização ampla quanto ao seu desempenho sob diferentes condições pluviométricas. O Índice de sazonalidade foi o indicador pluviométrico que apresentou maior correlação com o potencial de economia de água potável nas cidades analisadas ( $r=-0,686$ ). Quanto menor a sazonalidade do regime pluviométrico, maiores os potenciais de economia de água potável obtidos. A confiabilidade volumétrica dos reservatórios foi o indicador de desempenho que apresentou maior correlação média com os indicadores pluviométricos avaliados nesta pesquisa ( $r$  médio=0,700). O índice de sazonalidade também foi o indicador que mais exerceu influência sobre confiabilidade volumétrica dos reservatórios nas edificações ( $r=-0,876$ ). Locais com melhor distribuição de chuva ao longo do ano tendem a atender melhor à demanda de água pluvial. A precipitação média anual apresentou correlação significativa com os volumes ideais de reservatório ( $r=-0,708$ ). Locais mais úmidos resultam em menores volumes de reservatório, enquanto locais mais secos demandam maiores capacidades. Além da precipitação média anual, indicadores relacionados aos períodos sem precipitação (duração

média,  $r=0,773$  e número médio de dias secos por ano,  $r=0,844$ ) também apresentaram correlação significativa com os volumes ideais de reservatório obtidos. Quanto mais longos e numerosos os períodos de estiagem, maiores foram os reservatórios utilizados nos sistemas.

A análise de *cluster* utilizada para seleção das oito capitais representativas foi capaz de agrupar os regimes pluviométricos das 27 capitais brasileiras em seis grupos com características pluviométricas distintas sob o ponto de vista do aproveitamento de água pluvial. O método desenvolvido, bem como os resultados obtidos nesta etapa abrem caminhos no sentido de viabilizar estudos mais completos acerca da identificação de áreas mais favoráveis para implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

A análise de sensibilidade das variáveis de projeto sobre os resultados da simulação computacional indicou que a demanda de água pluvial (em porcentagem do consumo de água potável) é a variável que mais exerce influência sobre o potencial de economia de água potável. A influência se mostrou mais acentuada em locais com maior disponibilidade pluviométrica e menos acentuada em localidades mais secas. Locais mais úmidos tendem a suprir melhor as demandas de água pluvial definidas na fase de projeto. A demanda de água potável foi a variável mais influente sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios. A área de captação exerceu influência menos significativa sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em localidades mais secas. O volume ideal do reservatório sofreu influências de variáveis distintas a depender da localidade analisada. Na maioria das cidades, o volume do reservatório sofreu maior influência de variáveis relacionadas à demanda de água pluvial na edificação (demanda de água potável, número de habitantes e demanda de água pluvial). A área de captação exerceu baixa influência sobre os volumes de reservatório, exceto em Belo Horizonte e Campo Grande, onde área de captação foi a variável mais influente.

As capitais representativas apresentaram índices de viabilidade econômica entre 30% e 70% dos cenários simulados. Os resultados obtidos variam em função das características pluviométricas e os custos de instalação e operação praticados em cada local. A análise de sensibilidade das variáveis de projeto sobre o desempenho econômico dos sistemas identificou o número de habitantes como a variável mais influente. Esta variável se relaciona diretamente com a demanda de água pluvial na edificação, frequentemente relacionada à viabilidade de sistemas de aproveitamento de água pluvial na literatura. A distribuição direta de água pluvial exerceu influência positiva sobre os índices de viabilidade econômica obtidos em quatro das oito capitais representativas. Dentre todas as capitais representativas, sistemas com área de captação de 200m<sup>2</sup> foram capazes de suprir, em média, 90,5% da demanda de água pluvial simulada nesta pesquisa.

Em Florianópolis, os sistemas de aproveitamento de água pluvial apresentaram o melhor desempenho econômico. Recife, Salvador, São Paulo e Campo Grande apresentaram desempenhos intermediários. Mesmo sendo mais seca, Campo Grande obteve melhor desempenho econômico devido ao esquema de cobrança de água adotado pela concessionária local. Belém, por outro lado, foi influenciada negativamente pela tarifação de água potável. Sistemas simulados em Belém, Brasília, Belo Horizonte obtiveram os menores índices de viabilidade econômica.

Custos de investimento inicial dos sistemas de aproveitamento de água pluvial apresentaram coeficiente de variação de 24% entre todos os cenários simulados. Sistemas com distribuição direta de água pluvial apresentaram, em média, custos iniciais 1,4% inferiores. Nestes casos, o maior custo do equipamento pressurizador equivale às economias obtidas pela não utilização do reservatório superior e complementos necessários ao seu funcionamento. Custos iniciais médios de sistemas com distribuição indireta de água pluvial variaram entre R\$ 10.999,18 e R\$ 18.061,37 a depender da área de captação e volume de reservatório utilizado. Quanto maior o volume do reservatório utilizado no sistema, maior seu custo relativo ao investimento total.

Custos de operação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial apresentaram coeficiente de variação de 40% entre todos os cenários simulados. Esta variação é influenciada pelos custos iniciais dos sistemas e os diferentes esquemas de tarifação de água e energia praticados em cada localidade. Custos de operação médios para sistemas com distribuição indireta de água pluvial variaram entre R\$ 4,31/mês e R\$ 5,32/mês dentre as oito cidades representativas. Sistemas com distribuição direta de água pluvial apresentaram custos de operação, em média, 1,8% inferiores.

Foi observada baixa correlação entre os indicadores pluviométricos e o valor presente líquido dos sistemas. Este resultado pode estar relacionado com a presença de variações externas às interações entre pluviometria e desempenho econômico de sistemas genéricos de aproveitamento de água pluvial, como por exemplo, a variação nos custos de instalação e operação de local para local. Mesmo assim, o índice de sazonalidade foi o indicador pluviométrico que apresentou maior correlação com o valor presente líquido dos sistemas.

Por fim, destaca-se a importância dos resultados obtidos nesta pesquisa para identificação das variáveis de projeto e características pluviométricas mais relevantes sobre o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Os resultados obtidos neste trabalho abrem caminhos no sentido de estabelecer diretrizes para sistemas de aproveitamento de água pluvial mais eficientes e viáveis economicamente.



## 5.1. Limitações do trabalho

As limitações desta pesquisa são apontadas a seguir:

- Das 27 capitais brasileiras, apenas oito foram avaliadas quanto à sensibilidade e viabilidade econômica.
- Impossibilidade de realizar “simulação de cenários” de análise econômica no programa Netuno. Apesar de possuir esta função, o programa realiza simulações por meio da entrada manual das variáveis de projeto a cada simulação. Por este motivo, foi adotado um conjunto menor de variáveis e cidades nesta etapa da pesquisa.
- O projeto utilizado nesta pesquisa considerou duas configurações de distribuição de água pluvial (indireta e direta). No entanto, foram obtidos custos iniciais similares para estas alternativas conforme as soluções técnicas adotadas nesta pesquisa. Nesse sentido, seria interessante considerar soluções que produzissem custos de investimento inicial mais distintos entre si de modo a avaliar o impacto desta diferença sobre o desempenho econômico dos sistemas de forma mais abrangente;
- Apesar de identificada influência significativa dos esquemas de tarifação de água potável sobre o desempenho econômico dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, esta não foi avaliada de forma quantitativa. A obtenção desta correlação permitiria a comparação desta influência com a de outras variáveis de projeto e características pluviométricas.
- A variação observada nos custos iniciais e de operação dos sistemas entre as cidades avaliadas prejudicou a análise de correlação entre as características pluviométricas e o desempenho econômico. A correlação obtida nesta pesquisa corresponde ao contexto das cidades avaliadas, e pode não representar relevância significativa para sistemas genéricos de aproveitamento de água pluvial.

## 5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Para continuação da pesquisa, sugere-se:

- Realizar nova análise econômica considerando uma base comum de custos entre as cidades avaliadas. Deste modo, poderão ser obtidas correlações mais relevantes entre características pluviométricas e desempenho econômico de sistemas genéricos de aproveitamento de água pluvial;
- Quantificar a influência de diferentes esquemas de tarifação de água potável sobre o desempenho econômico dos sistemas de aproveitamento de água pluvial;
- Investigar outros indicadores pluviométricos que possam ser relevantes para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial;
- Estender a análise realizada nesta pesquisa para um número maior de localidades;
- Avaliar soluções técnicas adequadas para diminuição de custos de instalação e operação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial;
- Utilização de demandas variáveis de água ao longo do ano, buscando descrever as diferenças sazonais no consumo de água nas diferentes localidades estudadas.

## Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 56 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis - requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro, 2019. 14p.
- AEGEA - ÁGUAS GUARIROBA. **Legislação e Tarifas**. Campo Grande, 2021. Disponível em: < <https://www.aguasguariroba.com.br/legislacao-e-tarifas/>> Acesso em: 13 jul. 2021.
- AHMED, W.; HUYGENS, F.; GOONETILLEKE, A.; GARDNER, T. Real-time PCR detection of pathogenic microorganisms in roof-harvested rainwater in Southeast Queensland, Australia. **Applied Environmental Microbiology**, v. 74, n. 17, p. 5490-5496, 2008.
- ALCAMO, J. M.; VÖRÖSMARTY, C. J.; NAIMAN, R. J.; LETTENMAIER, D. P.; PAHL-WOSTL, C. A grand challenge for freshwater research: understanding the global water system. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 010202, 2008.
- AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J. M. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: a review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. **Water**, v. 8, n. 4, p. 149, 2016.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Ranking das Tarifas**. Brasília, Maio de 2021. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>> Acesso em: 27 mai.2021.
- ARSAE - AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Tabelas Tarifárias da COPASA-MG**. Belo Horizonte, Novembro de 2020. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/politica-de-privacidade/page/262-tarifas-copasa>> Acesso em: 30 abr. 2021.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Inflação**. Volume 22, Número 1. Brasília, Março de 2020. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br/content/ri/relatorioinflacao/202003/ri202003p.pdf>> Acesso em: 27 mai. 2021.
- BELMEZITI, A.; COUTARD, O.; GOUELLO, B. D. A new methodology for evaluating potential for potable water savings (PPWS) by using rainwater harvesting at the urban level: The case of the municipality of Colombes (Paris Region). **Water**, v. 5, n. 1, p. 312-326, 2013.
- BERWANGER, H.; GHISI, E. Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in the city of Itapiranga, Brazil. **International Journal of Sustainable Human Development**, v. 2, p. 104-114, 2014.
- BEZERRA, S. M. C.; CHRISTIAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHSK, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527/2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.
- BRODIE, I. M. Hydrological analysis of single and dual storage systems for stormwater harvesting. **Water Science and Technology**, v. 58, n. 5, p. 1039-1046, 2008.
- BROWN, R.; FARRELLY, M.; KEATH, N. Practitioner perceptions of social and institutional barriers to advancing a diverse water source approach in Australia. **International Journal of Water Resources Development**, v. 25, n. 1, p. 15-28, 2009.

- CÁCERES P. S.; RAMOS S. R.; & SANT'ANA D. R. Potencial de redução da exploração dos recursos hídricos locais pelo aproveitamento de água pluvial em residências no Distrito Federal. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 23, p. 11-19, 2019.
- CAESB - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Tarifas e Preços**. Brasília, Junho de 2020. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html>> Acesso em: 30 abr. 2021.
- CAMPISANO, A.; DI LIBERTO, D.; MODICA, C.; REITANO, S. Potential for peak flow reduction by rainwater harvesting tanks. **Procedia Engineering**, v. 89, p. 1507-1514, 2014.
- CAMPISANO, A.; BUTLER, D.; WARD, S.; BURNS, M. J.; FRIEDLER, E.; DEBUSK, K.; FISHER-JEFFES, L. N.; GHISI, E.; RAHMAN, A.; FURUMAI, H.; HAN, M. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. **Water Research**, v. 115, p. 195-209, 2017.
- CARMO, R. L.; DAGNINO, R. S.; JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 31, n. 1, p. 169-190, 2014.
- CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais**: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina. Apucarana: UFPR, 2010. 53 f. Monografia (Pós Graduação em Construção de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP, 2010.
- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. Nova tarifa de água extingue consumo mínimo para estimular economia. **Companhia Catarinense de Águas e Saneamento**. 2020. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/nova-tarifa-de-agua-extingue-consumo-minimo-para-estimular-economia#0>>. Acesso em 22 jun. 2020.
- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Tarifa residencial "B" - Normal**. Florianópolis, 2021. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/residencial#0>> Acesso em: 30 abr. 2021.
- CHIU, Yie-Ru; LIAW, Chao-Hsien; CHEN, Liang-Ching. Optimizing rainwater harvesting systems as an innovative approach to saving energy in hilly communities. **Renewable Energy**, v. 34, n. 3, p. 492-498, 2009.
- CONSANPA - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. **Tabelas Tarifárias**. Belém, Dezembro de 2019. Disponível em: <[http://www.cosanpa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Tarifas-Cosanpa-atual\\_dez2019-2.pdf](http://www.cosanpa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Tarifas-Cosanpa-atual_dez2019-2.pdf)> Acesso em: 30 abr. 2021.
- COMPESA - COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Estrutura Tarifária**. Recife, Janeiro de 2021. Disponível em: <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>> Acesso em: 30 abr. 2021.
- CUREAU, R. J.; GHISI, E. Electricity savings by reducing water consumption in a whole city: a case study in Joinville, Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, p. 121194, 2020.
- CUSTÓDIO, D. A. **Influência do aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais na drenagem urbana de Joinville/SC**. Florianópolis: UFSC, 2017. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

- CUSTÓDIO, D. A.; GHISI, E. Assessing the Potential for Potable Water Savings in the Residential Sector of a City: A Case Study of Joinville City. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2074, 2019.
- DANILENKO, Alexander et al. The IBNET water supply and sanitation blue book 2014: **The international benchmarking network for water and sanitation utilities databook**. 1<sup>a</sup> ed. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-0276-8. 2014.
- DE SOUZA, T. D.; GHISI, E. Harvesting rainwater from scaffolding platforms and walls to reduce potable water consumption at buildings construction sites. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120909, 2020.
- DEITCH, M. J.; FEIRER, S. T. Cumulative impacts of residential rainwater harvesting on stormwater discharge through a peri-urban drainage network. **Journal of Environmental Management**, v. 243, p. 127-136, 2019.
- DESBUREAUX, S.; RODELLA, A.-S. Drought in the city: The economic impact of water scarcity in Latin American metropolitan areas. **World Development**, v. 114, p. 13-27, 2019.
- DISTEFANO, T; KELLY, S. Are we in deep water? Water scarcity and its limits to economic growth. **Ecological Economics**, v. 142, p. 130-147, 2017.
- DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 6-7, p. 598-608, 2011.
- DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2012.
- DTU - DEVELOPMENT TECHNOLOGY UNIT, **Recommendations for Designing Rainwater Harvesting System Tanks**. O-DEV Contract No. ERB IC18 CT98 027 Milestone A6: Report A4. School of Engineering, University of Warwick, 2001.
- EGYIR, S. N.; BROWN, C.; ARTHUR, S. Rainwater as a domestic water supplement in Scotland: attitudes and perceptions. **International Journal of Environment and Climate Change**, p. 160-169, 2016.
- ELDER, A. D.; GERLAK, A. K. Interrogating rainwater harvesting as Do-It-Yourself (DIY) Urbanism. **Geoforum**, v. 104, p. 46-54, 2019.
- EMBASA - EMPRESA BAIANA DE ÁGUA E SANEAMENTO S.A. **Tarifas**. Salvador, Junho de 2019. Disponível em: <<http://old.embasa.ba.gov.br/centralservicos/index.php/tarifas?informacoes=sim>> Acesso em: 30 abr. de 2021.
- FALKENMARK, M. Fresh water: Time for a modified approach. **Ambio**, v. 15, n. 4, p. 192-200, 1986.
- FORASTÉ, J. A.; HIRSCHMAN, D. A methodology for using rainwater harvesting as a stormwater management BMP. In: **Low Impact Development 2010: Redefining Water in the City**. p. 31-44. 2010.
- GATO-TRINIDAD, S.; GAN, K. Rainwater tank rebate scheme in Greater Melbourne, Australia. **Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA**, v. 63, n. 8, p. 601-610, 2014.
- GERALDI, M. S.; GHISI, E. Short-term instead of long-term rainfall time series in rainwater harvesting simulation in houses: An assessment using Bayesian Network. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 144, p. 1-12, 2019.
- GHIMIRE, S. R.; JOHNSTON, J. M.; INGWERSEN, W. W.; SOJKA, S. Life cycle assessment of a commercial rainwater harvesting system compared with a municipal water supply system. **Journal of Cleaner Production**, v. 151, p. 74-86, 2017.

- GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.
- GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 2, p. 204-210, 2006.
- GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1654-1666, 2007.
- GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.
- 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, 2007.
- GHISI, E.; TAVARES, D.F.; ROCHA, V. L. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasilia: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 2, p. 79-85, 2009.
- GHISI, E. Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses. **Water Resources Management**, 24 (10), pp. 2381-2403, 2010.
- GHISI, E.; CARDOSO, K. A.; RUPP, R. F. Short-term versus long-term rainfall time series in the assessment of potable water savings by using rainwater in houses. **Journal of Environmental Management**, v. 100, p. 109-119, 2012.
- GHISI, E.; SCHONDERMARK, P. N. Investment feasibility analysis of rainwater use in residences. **Water Resources Management**, v. 27, n. 7, p. 2555-2576, 2013.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis. 2014a. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/netuno>>. Acesso em: 07 fev.2020.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4: Manual Do Usuário**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis. 2014b. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/netuno>>. Acesso em: 07 fev.2020.
- GIKAS, G. D.; TSIHRINTZIS, V. A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. **Journal of Hydrology**, v. 466, p. 115-126, 2012.
- GLEICK, P. H. Water use. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, n. 1, p. 275-314, 2003.
- GÓMEZ, Y. D.; TEIXEIRA, L. G. Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 56-67, 2017.
- GONELA, V.; ALTMAN, B.; ZHANG, J.; OCHOA, E.; MURPHY, W.; SALAZAR, D. Decentralized rainwater harvesting program for rural cities considering tax incentive schemes under stakeholder interests and purchasing power restrictions. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119843, 2020.
- HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, v. 45, p. 106-113, 2015.
- HAMMES, G.; THIVES, L. P.; GHISI, E. Application of stormwater collected from porous asphalt pavements for non-potable uses in buildings. **Journal of Environmental Management**, v. 222, p. 338-347, 2018.
- HAQUE, M. M.; RAHMAN, A.; SAMALI, B. Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 60-69, 2016.

- HEISELBERG, P.; BROHUS, H.; HESSELHOLT, A.; RASMUSSEN, H.; SEINRE, E.; THOMAS, S. Application of sensitivity analysis in design of sustainable buildings. **Renewable Energy**, v. 34, n. 9, p. 2030-2036, 2009.
- HOINASKI, L.; FRANCO, D.; HAAS, R.; MARTINS, R. F.; LISBOA, H. M. Investigation of rainwater contamination sources in the southern part of Brazil. **Environmental Technology**, v. 35, n. 7, p. 868-881, 2014.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, **Dados históricos anuais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília-DF. 2018. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> > Acesso em: 13 jun. 2021.
- ISTCHUK, R. N.; GHISI, E. Agrupamento de regimes pluviométricos para dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AMBIENTAL & 10ª REUNIÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS. 1., 2020, Porto Alegre. **Anais**. Toledo-PR: Editora GFM, 2020. p. 87 – 106.
- JAMALI, B.; BACH, P. M.; DELETIC, A. Rainwater harvesting for urban flood management-An integrated modelling framework. **Water Research**, v. 171, p. 115372, 2020.
- JENKINS, G. A. Use of continuous simulation for the selection of an appropriate urban rainwater tank. **Australasian Journal of Water Resources**, v. 11, n. 2, p. 231-246, 2007.
- JING, X.; ZHANG, S.; ZHANG, J.; WANG, Y.; WANG, Y. Assessing efficiency and economic viability of rainwater harvesting systems for meeting non-potable water demands in four climatic zones of China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 126, p. 74-85, 2017.
- KAHINDA, J. M.; TAIGBENU, A. E. Rainwater harvesting in South Africa: Challenges and opportunities. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 36, n. 14-15, p. 968-976, 2011.
- LAVEE, H.; POESEN, J.; YAIR, A. Evidence of high efficiency water-harvesting by ancient farmers in the Negev Desert, Israel. **Journal of Arid Environments**, v. 35, n. 2, p. 341-348, 1997.
- LEONG, J. Y. C.; CHONG, M. N.; POH, P. E.; VIERITZ, A.; TALEI, A.; CHOW, M. F. Quantification of mains water savings from decentralised rainwater, greywater, and hybrid rainwater-greywater systems in tropical climatic conditions. **Journal of cleaner production**, v. 176, p. 946-958, 2018.
- LEOPOLD, L. B. Hydrology for Urban Planning - **A Guide Book on the Hydrologic Effects on Urban Land Use**. USGS circ. 554, 1968. 18p.
- LI, Y.; HUANG, Y.; YE, Q.; ZHANG, W.; MENG, F.; ZHANG, S. Multi-objective optimization integrated with life cycle assessment for rainwater harvesting systems. **Journal of Hydrology**, v. 558, p. 659-666, 2018.
- LI, W.; HAI, X.; HAN, L.; MAO, J.; TIAN, M. Does urbanization intensify regional water scarcity? Evidence and implications from a megaregion of China. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118592, 2020.
- LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v. 260, n. 1-3, p. 1-8, 2010.
- LIANG, X.; VAN DIJK, M. P. Economic and financial analysis on rainwater harvesting for agricultural irrigation in the rural areas of Beijing. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 11, p. 1100-1108, 2011.
- LIMA, G. N.; LOMBARDO, M. A.; MAGAÑA, V. Urban water supply and the changes in the precipitation patterns in the metropolitan area of São Paulo-Brazil. **Applied Geography**, v. 94, p. 223-229, 2018.
- LOPES, A. P. G.; MIRANDA, D. A. Análise Crítica De Métodos Para Dimensionamento De Reservatórios De Água Pluvial Estudo Comparativo Dos Municípios De Belo

- Horizonte (MG), Recife (PE) E Rio Branco (AC). **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 2, p. 87-91, 2016.
- MARINOSKI, A. K. **Método Para Avaliação de Viabilidade Ambiental e Econômica de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial**. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2010.
- MARINOSKI, A. K.; SILVA, A. S.; VIEIRA, A. S.; GHISI, E. et al. Public acceptance of alternative water sources. In: IMTEAZ, M. A. (Editor). **Water Conservation - Practices, challenges and future implications**. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2013. cap. 5. p. 65-88.
- MARLOW, D. R.; MOGLIA, M.; COOK, S.; BEALE, D. J. Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. **Water research**, v. 47, n. 20, p. 7150-7161, 2013.
- MCMACHON, T. A. **Hydrology Design for Water Use**. In Handbook of Hydrology, David Maidment, 1993.
- MELVILLE-SHREEVE, P.; WARD, S.; BUTLER, D. Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations. **Water**, v. 8, n. 4, p. 129, 2016.
- MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?. **Landscape and Urban Planning**, v. 77, p. 217-226, 2006.
- MOGLIA, M.; GAN, K.; DELBRIDGE, A. K.; TJANDRAATMADJA, G. Investigation of pump and pump switch failures in rainwater harvesting systems. **Journal of Hydrology**, v. 538, p. 208-215, 2016.
- MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, C., Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros (**Applied Statistics and Probability for Engineers**). John Wiley & Sons, Inc. 6 ed. LTC, Rio de Janeiro, 2012.
- MORAES, A. F. J.; ROCHA, C. Gendered waters: the participation of women in the ‘One Million Cisterns’ rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid region. **Journal of Cleaner Production**, v. 60, p. 163-169, 2013.
- MORRIS, M. D. ial Sampling Plans for Preliminary Computational Experiments. **Technometrics**, v. 33, n. 2, p. 161, 1991.
- MUN, J. S.; HAN, M. Y. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: definition, sensitivity and verification. **Journal of Environmental Management**, v. 93, n. 1, p. 147-153, 2012.
- MURRAY, S. J.; FOSTER, P. N.; PRENTICE, I. C. Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model. **Journal of Hydrology**, v. 448, p. 14-29, 2012.
- MUSAYEV, S.; BURGESS, E.; MELLOR, J. A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 132, p. 62-70, 2018.
- OLIVEIRA, D. M. **Análise de agrupamentos com uso do Excel**. 2015. 26 f. Monografia (Especialização em Estatística) - Instituto de Ciências Exatas ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation**. New York: United Nations Publications, 2018. 199 p. Disponível em: <[https://www.unwater.org/app/uploads/2018/12/SDG6\\_SynthesisReport2018\\_WaterandSanitation\\_04122018.pdf](https://www.unwater.org/app/uploads/2018/12/SDG6_SynthesisReport2018_WaterandSanitation_04122018.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2020.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. New York: United Nations, 2019. 126



- p. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>> Acesso em: 05 fev.2020.
- PACHECO, P. R. C.; GÓMEZ, Y. D.; OLIVEIRA, I. F.; TEIXEIRA, L. C. G. A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil. **Journal of cleaner production**, v. 141, p. 290-294, 2017.
- PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G. Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems. **Journal of Hydrology**, v. 401, n. 1-2, p. 65-76, 2011.
- PARISH, E. S.; KODRA, E.; STEINHAEUSER, K.; GANGULY, A. R. Estimating future global per capita water availability based on changes in climate and population. **Computers & Geosciences**, v. 42, p. 79-86, 2012.
- PARSONS, D.; GOODHEW, S.; PARSONS, D.; FEWKES, A.; DE WILDE, P. The perceived barriers to the inclusion of rainwater harvesting systems by UK house building companies. **Urban Water Journal**, v. 7, n. 4, p. 257-265, 2010.
- PARTZSCH, L. Smart regulation for water innovation-the case of decentralized rainwater technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 11, p. 985-991, 2009.
- PAULE-MERCADO, M. C. A.; SALIM, I.; LEE, B. M.; MEMON, S.; SAJJAD, R. U.; SUKHBAATAR, C.; LEE, C. H.; Monitoring and quantification of stormwater runoff from mixed land use and land cover catchment in response to land development. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 1112-1125, 2018.
- ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2009. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- ROUVALIS, A.; KARADIMA, C.; ZIORIS, I. V.; SAKKAS, V. A.; ALBANIS, T.; GEORGUDAKI, J. I. Determination of pesticides and toxic potency of rainwater samples in western Greece. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, n. 3, p. 828-833, 2009.
- RUPP, R. F., MUNARIM, U., GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, 47-64, 2011.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Comunicado 4/20**. São Paulo, Julho de 2020. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/tabelas\\_tarif%C3%A1rias/Comunicado%204-20.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/tabelas_tarif%C3%A1rias/Comunicado%204-20.pdf)> Acesso em: 30 abr. 2021.
- ŞAHİN, N. İ; MANIOĞLU, G. Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 367-377, 2019.
- SALTELLI, Andrea; MARIVOET, J. Non-parametric statistics in sensitivity analysis for model output: a comparison of selected techniques. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 28, n. 2, p. 229-253, 1990.
- SALTELLI, A.; TARANTOLA, S.; CAMPOLONGO, F.; RATTO, M. **Sensitivity analysis in practice: a guide to assessing scientific models**. 1ª ed. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd. 2004.
- SALTELLI, A.; RATTO, M.; ANDRES, T.; et al. **Global Sensitivity Analysis: The Primer**. 1ª ed. Chichester, Inglaterra: John Wiley and Sons, Ltd. 2008.
- SAMPLE, D. J.; LIU, J. Optimizing rainwater harvesting systems for the dual purposes of water supply and runoff capture. **Journal of Cleaner Production**, v. 75, p. 174-194, 2014.
- SÁNCHEZ, A. S. **Aproveitamento de Água pluvial na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia**. 2014. 282 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) -

- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- SANT'ANA, D. R.; Rainwater harvesting in Brazil: investigating the viability of rainwater harvesting for a household in Brasília. **The Built Environment**, v. 86, p. 381-390, 2006.
- SANT'ANA, D. R.; BOEGER, L; MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília-parte 2: viabilidade técnica e econômica. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 10, p. 85-94, 2014.
- SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira; ALVARES, Karla Cristina Ferreira. **Reúso-DF: princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade ambiental e econômica para o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal: relatório técnico 3/2017**. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 74p. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/18hXA1YQbDSTrw78-L68YGg4uIclpISMO/view>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- SANTOS, S. M.; FARIAS, M. M. MWEC. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1007-1015, 2017.
- SANTOS, C.; IMTEAZ, M. A.; MATOS, C. The effect of climate change on domestic Rainwater Harvesting. **Science of The Total Environment**, v. 729, p. 138967, 2020.
- SENEVIRATHNA, S.; RAMZAN, S.; MORGAN, J. A sustainable and fully automated process to treat stored rainwater to meet drinking water quality guidelines. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 130, p. 190-196, 2019.
- SETO, K. C.; GÜNERALP, B; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012.
- SEVERIS, R. M.; SILVA, F. A; WAHRLICH, J.; SKORONSKI, E. Economic analysis and risk-based assessment of the financial losses of domestic rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, p. 206-217, 2019.
- SILVA, A. S. **Desenvolvimento de um método para avaliação do desempenho térmico e energético de edificações aplicando análise de incertezas e sensibilidade**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2016.
- SILVA, A. S.; GHISI, E. Uncertainty analysis of daily potable water demand on the performance evaluation of rainwater harvesting systems in residential buildings. **Journal of environmental management**, v. 180, p. 82-93, 2016.
- SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINAPI. **Índices da Construção Civil**. Brasil, Governo Federal. 2020. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 24 set. 2020.
- SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2018**; Brasília, 2019. 212p.
- SOLER, N. G.; MOSS, T.; PAPASOZOMENOU, O. Rain and the city: Pathways to mainstreaming rainwater harvesting in Berlin. **Geoforum**, v. 89, p. 96-106, 2018.
- STEC, A.; KORDANA, S. Analysis of profitability of rainwater harvesting, gray water recycling and drain water heat recovery systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 105, p. 84-94, 2015.
- STEFFEN, J.; JENSEN, M.; POMERUY, C. A.; BURIAN, S. J. Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in US

- cities. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 49, n. 4, p. 810-824, 2013.
- TESTON, A.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. State of the Art on Water Savings in Buildings in Brazil: A Literature Review. In: GHISI, E. (Editor). **Frontiers in Civil Engineering**. v. 2, eBook. Sharjah, UAE: Bentham Science Publishers, 2017. cap. 1. p. 1-61.
- TESTON, A.; GERALDI, M.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. Rainwater harvesting in buildings in Brazil: A literature review. **Water**, v. 10, n. 4, p. 471, 2018.
- TIAN, W. A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 20, p. 411–419, 2013
- TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook 3: past, presente and future perspectives**. Earthscan Publications Ltd, London, UK, 2002. 466 p.
- VALLEE, D.; MARGAT, J.; ELIASSON, A.; HOOGEVEEN, J.; FAURÈS, J. M.; PLUMMER, J.; CHALK, L. Review of world water resources by country. **Water Reports**, n. 23, Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/y4473e/y4473e00.htm#Contents>>. Acesso em: 05 fev.2020.
- VAZ, I. C. M.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Life cycle energy assessment and economic feasibility of stormwater harvested from pervious pavements. **Water Research**, v. 170, p. 115322, 2020.
- VETTER, T; RIEGER, A.-K. Ancient water harvesting in the Old World Dry Belt-Synopsis and outlook. **Journal of Arid Environments**, v. 169, p. 42-53, 2019.
- VIEIRA, A. S.; BEAL, C. D.; GHISI, E.; STEWART, R. A. Energy intensity of rainwater harvesting systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 34, p. 225-242, 2014.
- VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, M. O.; GESSNER, D.; DUDGEON, A.; PRUSEVICH, P.; GREEN, S.; GLIDDEN, S. E.; BUNN, C. A.; SULLIVAN, C.; REIDY LIERMANN, C.; DAVIES, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.
- WARD, S.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Performance of a large building rainwater harvesting system. **Water research**, v. 46, n. 16, p. 5127-5134, 2012.
- WWAP - WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME - WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2019. 201 p. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>>. Acesso em: 05 fev.2020.
- ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru**. 2006. 272 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2006.
- ZHANG, F.; POLYAKOV, J. F.; PANNELL, D. J. The capitalized value of rainwater tanks in the property market of Perth, Australia. **Journal of Hydrology**, v. 522, p. 317-325, 2015.
- ZHANG, X.; CHEN, N.; SHENG, H.; IP, C.; YANG, L.; CHEN, Y.; SANG, Z.; TADESSE, T.; LIM, T. P. Y.; RAJABIFARD, A.; BUETI, C.; ZENG, L.; WARDLOW, B.; WANG, S.; TANG, S.; ZHANG, X.; LI, D.; NIYOGI, D. Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. **Science of the Total Environment**, v. 693, n. 13, p. 133536, 2019.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A - LISTA DE COMPOSIÇÕES CONSIDERADAS NA  
ORÇAMENTAÇÃO**

**SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA E DIRETA**

Para a leitura do quadro abaixo, considerar que linhas com letra maior, entre asteriscos, correspondem às categorias principais consideradas na orçamentação. Itens em letra preta correspondem a composições unitárias e itens em letra cinza correspondem aos insumos correspondentes. A Coluna CódMat corresponde aos códigos de insumos e composições utilizados pelo banco de dados da Caixa Econômica Federal (SINAPI, 2021).

Quadro A.1 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
<b>* RESERVATÓRIOS *</b>			
	1	un	Reservatório Inferior (principal) em Polietileno 3000-9000 L
34637	1	un	CAIXA D'AGUA EM POLIETILENO 500 LITROS, COM TAMPA (somente para sistemas com distribuição indireta de água pluvial)
<b>* INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS *</b>			
<b>RAMAL ALIMENTADOR ESTIAGEM - TODOS OS SISTEMAS</b>			
88547	1	un	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA SUPERIOR 10A/250V - FORNECIMENTO E INSTALACAO
7588	1	UN	AUTOMATICO DE BOIA SUPERIOR / INFERIOR, *15* A / 250 V
6127	1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	1	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	1	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP002	1	un	CP-VÁLVULA SOLENÓIDE 20mm
P015	1	UN	VÁLVULA SOLENÓIDE 20MM
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89404	5	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014
122	0,006	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3542	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 20 MM, PARA AGUA FRIA

Quadro A.2 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
20083	0,006	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,026	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,077	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,077	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94792	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6013	1	UN	REGISTRO GAVETA COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, SIMPLES, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89355	12	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9867	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,106	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,319	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,319	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>RAMAL ALIMENTADOR RECALQUE - PARA SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
88547	1	un	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA SUPERIOR 10A/250V - FORNECIMENTO E INSTALACAO
7588	1	UN	AUTOMATICO DE BOIA SUPERIOR / INFERIOR, *15* A / 250 V
6127	1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	1	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	1	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89404	5	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,006	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3542	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 20 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL

Quadro A.3 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
20083	0,006	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,026	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,077	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,077	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94792	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6013	1	UN	REGISTRO GAVETA COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, SIMPLES, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP001	1	un	CP-VÁLVULA RETENÇÃO ANTI RETORNO PVC 20MM
10418	1	UN	VALVULA DE RETENCAO VERTICAL, DE BRONZE (PN-16), 1", 200 PSI, EXTREMIDADES COM ROSCA
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89355	13	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9867	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,106	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,319	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,319	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>RAMAIS EXTRAVASOR E LIMPEZA DO RESERVATÓRIO SUPERIOR - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
94792	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6013	1	UN	REGISTRO GAVETA COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, SIMPLES, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	1	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR

Quadro A.4 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89404	4	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,006	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3542	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 20 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,006	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,026	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,077	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,077	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89438	1	un	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,009	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
7138	1	UN	TE SOLDAVEL, PVC, 90 GRAUS, 20 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)
20083	0,009	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,039	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,103	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,103	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89355	4	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9867	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,106	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,319	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,319	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>RAMAIS INTERNOS RESIDÊNCIA - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
94495	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6019	1	UN	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	1	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016



Quadro A.5 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

CódMat	Qty	UM	Descr Mat
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDÁVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89408	4	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89440	4	un	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,011	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
7139	1	UN	TE SOLDÁVEL, PVC, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)
20083	0,012	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,045	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,12	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,12	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	8,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 01 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS

Quadro A.6 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

CódMat	Qtd	UM	Descr Mat
89356	2,2	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	4	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 02 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	2,2	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	4	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES

Quadro A.7 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 03 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
89408	2	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	1,6	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	1	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATAO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94689	1	un	TÊ COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
20080	0,06	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,014	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
37947	1	UN	TE PVC, SOLDAVEL, COM ROSCA NA BOLSA CENTRAL, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
38383	0,024	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,159	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,159	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 04 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.

Quadro A.8 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	2,2	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	1	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 05 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	2,2	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	1	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA -

Quadro A.9 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>RAMAIS INTERNOS RESIDÊNCIA - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
94495	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATAO, ROSCÁVEL, 1", INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6019	1	UN	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	1	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89408	4	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89440	4	un	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,011	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
7139	1	UN	TE SOLDAVEL, PVC, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)
20083	0,012	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3

Quadro A.10 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
38383	0,045	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,12	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,12	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	17	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 01 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	0,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	4	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 02 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR

Quadro A.11 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	0,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	4	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 03 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
89408	2	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	1,1	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	1	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014

Quadro A.12 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94689	1	un	TÊ COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
20080	0,06	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,014	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
37947	1	UN	TE PVC, SOLDÁVEL, COM ROSCA NA BOLSA CENTRAL, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
38383	0,024	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,159	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,159	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 04 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	0,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	1	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100



Quadro A.13 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SUB-RAMAL ÁGUA PLUVIAL 04 - SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
89408	1	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3529	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,03	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,09	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,09	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89356	0,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014
9868	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,123	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,369	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,369	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89366	1	un	JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATAO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, X 3/4" INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014
122	0,007	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
3524	1	UN	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL
20083	0,008	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,05	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,15	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,15	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>RAMAL DE ALIMENTAÇÃO DA CISTERNA DE ÁGUA PLUVIAL - GERAL</b>			
CP003	2	un	CP-ACESSÓRIOS ALIMENTAÇÃO
P030	1	un	FREIO D'ÁGUA 100MM
P031	1	un	SIFÃO LADRÃO 100MM
P032	1	un	FILTRO SIMPLES 100MM
6127	0,42	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,42	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89531	2	un	JOELHO 45 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF 12/2014
301	1	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)

Quadro A.14 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
20078	0,046	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20151	1	UN	JOELHO, PVC SERIE R, 45 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL
6127	0,14	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,14	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
301	1	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)
20078	0,046	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20157	1	UN	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL
6127	0,14	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,14	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89529	6	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
301	1	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)
20078	0,046	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20157	1	UN	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL
6127	0,14	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,14	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89571	1	un	TÊ, PVC, SERIE NORMAL, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 X 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
301	2	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)
20078	0,092	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20172	1	UN	TE, PVC, 90 GRAUS, BBP, JE, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA ESGOTO (NBR 10569)
6127	0,185	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,185	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89512	21	m	TUBO PVC, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
122	0,0429	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
9836	1,04	M	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)
20083	0,0701	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,1485	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,445	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,445	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES

Quadro A.15 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
6127	0,1	M3	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_03/2016
<b>* OBRA CIVIL - GERAL *</b>			
<b>ESCAVAÇÃO PARA INSTALAÇÃO DE RESERVATÓRIO INFERIOR - GERAL</b>			
94099	1	M2	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016
4750	0,052	H	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	0,078	H	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
96522	1	M3	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, SEM PREVISÃO DE FÔRMA. AF_06/2017
4750	2,361	H	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	4,147	H	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
97736	1	M3	PEÇA RETANGULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO ACIMA DE 100 LITROS, TAXA DE AÇO APROXIMADA DE 30KG/M³. AF_01/2018
1358	2,9008	M2	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 17 MM
2692	0,1222	L	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA
4517	6,6348	M	SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 7,5* CM (1 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO
20247	0,3056	KG	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 15 X 15 (1 1/4 X 13)
39995	0,8178	M3	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, BLOCO
6117	4,0888	H	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
1213	25,9051	H	CARPINTEIRO DE ESQUADRIA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
4750	25,9051	H	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	5,5307	H	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
34492	1,2	M3	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C20, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)
87501	1	M2	ALVENARIA DE VEDAÇÃO AO REDOR DA CAVIDADE DEO RESERVATÓRIO
7267	30	UN	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUIROS, DE 9 X 14 X 19 CM
	0,0135	M3	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019
4750	1,5	H	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	0,7	H	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>CAIXAS DE PASSAGEM HIDRÁULICAS - GERAL</b>			
83446	3	un	CAIXA DE PASSAGEM 30X30X40 COM TAMPA E DRENO BRITA
370	0,07	m3	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)
1106	3,01	kg	CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSAS
1379	18,51	kg	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32
4721	0,04	m3	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE

Quadro A.16 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
7258	60,48	un	TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM
4750	1,68	h	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	4,48	h	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>* CAPTAÇÃO - CONFORME ÁREA DE COBERTURA - GERAL *</b>			
<b>PARA ÁREAS DE CAPTAÇÃO = 100m²</b>			
100434	40	m	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019
11054	3	UN	PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 3,2 X 20 MM (3/4 ")
12614	0,33	UN	BOCAL PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO DA SAIDA ENTRE 80 E 100 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12616	0,22	UN	CABECEIRA DIREITA OU ESQUERDA, PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12618	0,35	UN	CALHA PLUVIAL DE PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, COMPRIMENTO DE 3 M, PARA DRENAGEM PREDIAL
12624	0,22	UN	EMENDA PARA CALHA PLUVIAL, PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12626	1,55	UN	SUPORTE METALICO PARA CALHA PLUVIAL, ZINCADO, DOBRADO, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12627	0,44	UN	VEDACAO DE CALHA, EM BORRACHA COR PRETA, MEDIDA ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PLUVIAL PREDIAL
6127	0,25	H	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
4750	0,156	H	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89512	6	m	TUBO PVC, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
122	0,0429	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
9836	1,04	M	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)
20083	0,0701	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,1485	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,445	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,445	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89529	4	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
301	1	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)
20078	0,046	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20151	1	UN	JOELHO, PVC, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL
6127	0,14	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,14	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP004	1	un	CP-BARRIL PLÁSTICO 100L C/ TAMPA

Quadro A.17 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
P038	1	un	BARRIL PLÁSTICO 100L C/ TAMPA
6127	0,42	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,42	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	1	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94495	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6019	1	UN	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89355	0,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9867	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,106	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,319	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,319	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>PARA ÁREAS DE CAPTAÇÃO = 200m²</b>			
100434	57	m	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019
11054	3	UN	PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 3,2 X 20 MM (3/4 ")
12614	0,33	UN	BOCAL PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO DA SAIDA ENTRE 80 E 100 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12616	0,22	UN	CABECEIRA DIREITA OU ESQUERDA, PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12618	0,35	UN	CALHA PLUVIAL DE PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, COMPRIMENTO DE 3 M, PARA DRENAGEM PREDIAL
12624	0,22	UN	EMENDA PARA CALHA PLUVIAL, PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL

Quadro A.18 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

CódMat	Qtd	UM	Descr Mat
12626	1,55	UN	SUPORTE METALICO PARA CALHA PLUVIAL, ZINCADO, DOBRADO, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12627	0,44	UN	VEDACAO DE CALHA, EM BORRACHA COR PRETA, MEDIDA ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PLUVIAL PREDIAL
6127	0,25	H	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
4750	0,156	H	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89512	6	m	TUBO PVC, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
122	0,0429	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
9836	1,04	M	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)
20083	0,0701	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,1485	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,445	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,445	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89529	4	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
301	1	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)
20078	0,046	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20151	1	UN	JOELHO, PVC, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL
6127	0,14	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,14	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP004	2	un	CP-BARRIL PLÁSTICO 100L C/ TAMPA
P038	1	un	BARRIL PLÁSTICO 100L C/ TAMPA
6127	0,42	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,42	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	3	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES

Quadro A.19 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

CódMat	Qtd	UM	Descr Mat
94495	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6019	1	UN	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89355	1	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9867	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,106	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,319	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,319	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>PARA ÁREAS DE CAPTAÇÃO = 300m²</b>			
100434	70	m	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019
11054	3	UN	PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 3,2 X 20 MM (3/4 ")
12614	0,33	UN	BOCAL PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO DA SAIDA ENTRE 80 E 100 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12616	0,22	UN	CABECEIRA DIREITA OU ESQUERDA, PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12618	0,35	UN	CALHA PLUVIAL DE PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, COMPRIMENTO DE 3 M, PARA DRENAGEM PREDIAL
12624	0,22	UN	EMENDA PARA CALHA PLUVIAL, PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12626	1,55	UN	SUPORTE METALICO PARA CALHA PLUVIAL, ZINCADO, DOBRADO, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL
12627	0,44	UN	VEDACAO DE CALHA, EM BORRACHA COR PRETA, MEDIDA ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PLUVIAL PREDIAL
6127	0,25	H	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
4750	0,156	H	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89512	6	m	TUBO PVC, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
122	0,0429	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
9836	1,04	M	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)
20083	0,0701	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,1485	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,445	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,445	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES

Quadro A.20 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
89529	4	un	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014
301	1	UN	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)
20078	0,046	UN	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS) ( DE *400* G)
20151	1	UN	JOELHO, PVC, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL
6127	0,14	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,14	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP004	3	un	CP-BARRIL PLÁSTICO 100L C/ TAMPA
P038	1	un	BARRIL PLÁSTICO 100L C/ TAMPA
6127	0,42	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,42	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94703	3	un	ADAPTADOR COM FLANGE E ANEL DE VEDAÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4 , INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
96	1	UN	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D'AGUA
20080	0,05	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR
20083	0,011	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,014	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,136	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,136	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94495	1	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6019	1	UN	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89355	1,5	m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
9867	1,061	M	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)
38383	0,106	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,319	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,319	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>* INSTALAÇÕES ELÉTRICAS *</b>			
<b>SISTEMAS C/ DISTRIBUIÇÃO INDIRETA</b>			



Quadro A.21 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
CP005	1	UN	CP-BOMBA CENTRÍFUGA
731	1	un	BOMBA CENTRIFUGA MOTOR ELETRICO MONOFASICO 0,50 CV DIAMETRO DE SUCCAO X ELEVACAO 3/4" X 3/4", MONOESTAGIO, DIAMETRO DOS ROTORES 114 MM, HM/Q: 2 M / 2,99 M3/H A 24 M / 0,71 M3/H
6127	1,1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,07	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
91926	16	m	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 2,5 MM <sup>2</sup> , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015
1014	1,19	m	CABO DE COBRE, FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 450/750 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2
21127	0,01	un	FITA ISOLANTE ADESIVA ANTICHAMA, USO ATE 750 V, EM ROLO DE 19 MM X 5 M
6127	0,03	h	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,03	h	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
91834	8	m	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PVC, DN 25 MM (3/4"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015
2688	1,1	un	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL CORRUGADO, COR AMARELA, DE 25 MM
6127	0,07	un	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,07	h	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
93667	1	un	DISJUNTOR TRIPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 10A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016
1570	1,1	un	TERMINAL A COMPRESSAO EM COBRE ESTANHADO PARA CABO 2,5 MM2, 1 FURO E 1 COMPRESSAO, PARA PARAFUSO DE FIXACAO M5
34709	0,07	un	DISJUNTOR TIPO DIN/IEC, TRIPOLAR DE 10 ATE 50A
6127	1,1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,07	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP006	2	un	CP-CONTATOR UNIPOLAR
1612	1	UN	CONTATOR TRIPOLAR, CORRENTE DE 9 A, TENSAO NOMINAL DE *500* V, CATEGORIA AC-2 E AC-3
6127	3	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	3	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,5	H	ELETROTÉCNICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP007	1	un	CP-CONTATOR TRIPOLAR I NOMINAL 9A - FORNECIMENTO E INSTALACAO INCLUSIVE ELETROTÉCNICO
1612	1	UN	CONTATOR TRIPOLAR, CORRENTE DE 9 A, TENSAO NOMINAL DE *500* V, CATEGORIA AC-2 E AC-3
6127	3	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	3	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,5	H	ELETROTÉCNICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
CP008	1	un	CP-RELÉ TÉRMIC O TRIPOLAR

Quadro A.22 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

CódMat	Qtd	UM	Descr Mat
1612	1	UN	CONTATOR TRIPOLAR, CORRENTE DE 9 A, TENSAO NOMINAL DE *500* V, CATEGORIA AC-2 E AC-3
6127	3	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	3	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,5	H	ELETROTÉCNICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
84402	1	un	QUADRO DE DISTRIBUICAO DE ENERGIA P/ 6 DISJUNTORES TERMOMAGNETICOS MONOPOLARES SEM BARRAMENTO, DE EMBUTIR, EM CHAPA METALICA - FORNECIMENTO E INSTALACAO
13393	1	UN	QUADRO DE DISTRIBUICAO COM BARRAMENTO TRIFASICO, DE EMBUTIR, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO, PARA 12 DISJUNTORES DIN, 100 A
6127	1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	1	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
<b>SISTEMAS COM DISTRIBUIÇÃO DIRETA</b>			
CP006	1	UN	CP-PRESSURIZADOR
	1	un	PRESSURIZADOR AC. PRESSIOSTATO 1/2 CV
6127	1,1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,07	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
94495	2	un	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016
3148	0,0095	UN	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)
6019	1	UN	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 " (REF 1509)
6127	0,7745	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,7745	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
89440	1	un	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014
122	0,011	UN	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR
7139	1	UN	TE SOLDAVEL, PVC, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)
20083	0,012	UN	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3
38383	0,045	UN	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100
6127	0,12	H	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2696	0,12	H	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
91926	10	m	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 2,5 MM², ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015
1014	1,19	m	CABO DE COBRE, FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 450/750 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2
21127	0,01	un	FITA ISOLANTE ADESIVA ANTICHAMA, USO ATE 750 V, EM ROLO DE 19

Quadro A.23 - Lista de itens considerados na composição dos custos iniciais de sistemas de aproveitamento de água pluvial (continuação).

<b>CódMat</b>	<b>Qtd</b>	<b>UM</b>	<b>Descr Mat</b>
6127	0,03	h	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,03	h	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
91834	5	m	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PVC, DN 25 MM (3/4"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015
2688	1,1	un	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL CORRUGADO, COR AMARELA, DE 25 MM
6127	0,07	un	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,07	h	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
93667	1	un	DISJUNTOR TRIPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 10A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016
1570	1,1	un	TERMINAL A COMPRESSAO EM COBRE ESTANHADO PARA CABO 2,5 MM2, 1 FURO E 1 COMPRESSAO, PARA PARAFUSO DE FIXACAO M5
34709	0,07	un	DISJUNTOR TIPO DIN/IEC, TRIPOLAR DE 10 ATE 50A
6127	1,1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	0,07	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
84402	1	un	QUADRO DE DISTRIBUICAO DE ENERGIA P/ 6 DISJUNTORES TERMOMAGNETICOS MONOPOLARES SEM BARRAMENTO, DE EMBUTIR, EM CHAPA METALICA - FORNECIMENTO E INSTALACAO
13393	1	UN	QUADRO DE DISTRIBUICAO COM BARRAMENTO TRIFASICO, DE EMBUTIR, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO, PARA 12 DISJUNTORES DIN, 100 A
6127	1	H	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES
2436	1	H	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES

## APÊNDICE B - DETALHAMENTO DE CUSTOS INICIAIS

### SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA

#### BELÉM-PA

Tabela B.24 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	18,02	25,60	17,31	24,97	14,11	10.650,11
4000	18,66	24,70	18,92	24,10	13,62	11.035,45
5000	19,23	23,83	20,56	23,25	13,13	11.440,09
6000	24,21	21,82	20,65	21,29	12,03	12.493,49
7000	28,39	20,10	20,81	19,61	11,08	13.559,65
8000	31,94	18,62	21,01	18,17	10,26	14.638,59
9000	34,97	17,33	21,24	16,91	9,55	15.730,28

Tabela B.2 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,38	23,28	15,74	31,77	12,83	11.711,71
4000	17,02	22,54	17,26	30,76	12,42	12.097,05
5000	17,60	21,81	18,82	29,76	12,02	12.501,69
6000	22,32	20,11	19,04	27,45	11,08	13.555,09
7000	26,33	18,65	19,30	25,45	10,28	14.621,26
8000	29,78	17,36	19,59	23,70	9,57	15.700,19
9000	32,76	16,23	19,90	22,16	8,95	16.791,88

Tabela B.3 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,33	21,79	14,73	36,14	12,01	12.512,89
4000	15,97	21,14	16,19	35,06	11,65	12.898,23
5000	16,54	20,49	17,68	33,99	11,29	13.302,88
6000	21,07	18,99	17,97	31,50	10,47	14.356,27
7000	24,97	17,68	18,29	29,32	9,74	15.422,44
8000	28,33	16,52	18,63	27,40	9,11	16.501,37
9000	31,27	15,50	18,99	25,70	8,54	17.593,07

## BELO HORIZONTE-MG

Tabela B.4 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	17,20	27,84	16,58	24,25	14,14	11.337,50
4000	18,60	26,65	17,99	23,21	13,54	11.842,93
5000	19,86	25,52	19,43	22,22	12,96	12.368,14
6000	24,08	23,62	19,74	20,57	12,00	13.364,14
7000	27,68	21,96	20,08	19,12	11,16	14.373,29
8000	30,78	20,50	20,45	17,85	10,41	15.395,59
9000	33,47	19,21	20,83	16,73	9,76	16.431,05

Tabela B.5 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,70	25,41	15,13	30,85	12,91	12.421,06
4000	17,04	24,42	16,49	29,65	12,40	12.926,50
5000	18,26	23,46	17,86	28,49	11,92	13.451,70
6000	22,27	21,85	18,26	26,53	11,10	14.447,70
7000	25,74	20,42	18,67	24,79	10,37	15.456,85
8000	28,76	19,15	19,10	23,26	9,73	16.479,16
9000	31,40	18,02	19,54	21,88	9,15	17.514,61

Tabela B.6 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,73	23,85	14,20	35,09	12,12	13.232,01
4000	16,04	22,98	15,51	33,80	11,67	13.737,44
5000	17,22	22,13	16,85	32,56	11,24	14.262,65
6000	21,09	20,69	17,29	30,43	10,51	15.258,65
7000	24,45	19,40	17,74	28,54	9,86	16.267,80
8000	27,41	18,26	18,21	26,86	9,27	17.290,10
9000	30,01	17,22	18,68	25,34	8,75	18.325,56

## BRASÍLIA-DF

Tabela B.7 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,45	28,47	17,76	25,56	14,76	10.611,90
4000	17,62	26,37	18,65	23,68	13,68	11.454,21
5000	21,41	24,45	19,50	21,95	12,68	12.353,39
6000	24,97	22,79	19,95	20,46	11,82	13.252,98
7000	28,24	21,27	20,36	19,10	11,03	14.202,79
8000	31,24	19,87	20,74	17,84	10,30	15.202,81
9000	34,00	18,59	21,09	16,69	9,64	16.253,06

Tabela B.8 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	12,22	25,85	16,13	32,39	13,41	11.684,88
4000	16,11	24,11	17,06	30,21	12,51	12.527,20
5000	19,70	22,50	17,94	28,19	11,67	13.426,38
6000	23,10	21,09	18,45	26,42	10,94	14.325,97
7000	26,26	19,78	18,93	24,78	10,26	15.275,78
8000	29,18	18,56	19,37	23,26	9,63	16.275,80
9000	31,89	17,44	19,78	21,85	9,04	17.326,05

Tabela B.9 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	11,43	24,19	15,09	36,75	12,54	12.489,06
4000	15,14	22,66	16,03	34,42	11,75	13.331,37
5000	18,59	21,23	16,92	32,25	11,01	14.230,56
6000	21,88	19,97	17,47	30,33	10,35	15.130,14
7000	24,95	18,79	17,98	28,54	9,74	16.079,95
8000	27,81	17,69	18,46	26,87	9,17	17.079,98
9000	30,48	16,66	18,91	25,31	8,64	18.130,23

## CAMPO GRANDE-MS

Tabela B.10 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	20,35	25,22	16,35	24,47	13,61	10.755,12
4000	21,33	24,24	17,82	23,52	13,09	11.187,24
5000	22,20	23,31	19,30	22,61	12,58	11.637,79
6000	26,32	21,55	19,58	20,91	11,63	12.585,92
7000	29,84	20,02	19,90	19,43	10,81	13.546,29
8000	32,86	18,68	20,25	18,12	10,09	14.518,90
9000	35,48	17,49	20,61	16,97	9,44	15.503,75

Tabela B.11 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	18,53	22,96	14,89	31,23	12,40	11.813,17
4000	19,49	22,15	16,28	30,13	11,96	12.245,29
5000	20,35	21,36	17,69	29,06	11,53	12.695,84
6000	24,28	19,88	18,07	27,04	10,73	13.643,97
7000	27,68	18,57	18,46	25,26	10,03	14.604,34
8000	30,63	17,41	18,87	23,69	9,40	15.576,95
9000	33,21	16,38	19,29	22,28	8,84	16.561,80

Tabela B.12 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	17,36	21,51	13,95	35,57	11,61	12.609,29
4000	18,30	20,80	15,28	34,39	11,23	13.041,41
5000	19,15	20,10	16,65	33,25	10,85	13.491,95
6000	22,94	18,78	17,07	31,06	10,14	14.440,08
7000	26,25	17,61	17,51	29,13	9,51	15.400,45
8000	29,14	16,57	17,95	27,40	8,94	16.373,06
9000	31,69	15,63	18,41	25,84	8,44	17.357,91

## FLORIANÓPOLIS-SC

Tabela B.13 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,82	27,69	19,36	24,21	13,92	11.466,32
4000	15,96	26,50	21,06	23,17	13,32	11.981,85
5000	16,97	25,36	22,76	22,17	12,74	12.521,26
6000	21,75	23,27	22,94	20,34	11,69	13.647,03
7000	25,78	21,47	23,18	18,77	10,79	14.788,57
8000	29,20	19,91	23,47	17,41	10,01	15.945,88
9000	32,13	18,55	23,78	16,22	9,32	17.118,96

Tabela B.14 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,52	25,27	17,67	30,84	12,70	12.566,14
4000	14,61	24,27	19,29	29,63	12,20	13.081,68
5000	15,60	23,31	20,92	28,46	11,71	13.621,08
6000	20,13	21,53	21,23	26,28	10,82	14.746,85
7000	24,00	19,98	21,58	24,40	10,04	15.888,39
8000	27,32	18,63	21,95	22,74	9,36	17.045,71
9000	30,19	17,43	22,35	21,27	8,76	18.218,79

Tabela B.15 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	12,69	23,72	16,59	35,09	11,92	13.387,60
4000	13,75	22,84	18,15	33,79	11,48	13.903,13
5000	14,71	21,99	19,73	32,53	11,05	14.442,53
6000	19,07	20,40	20,11	30,17	10,25	15.568,31
7000	22,82	19,00	20,52	28,11	9,55	16.709,85
8000	26,06	17,77	20,94	26,29	8,93	17.867,16
9000	28,89	16,68	21,38	24,67	8,38	19.040,24



## RECIFE-PE

Tabela B.16 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	18,27	26,97	16,40	25,50	12,86	10.506,99
4000	20,64	25,50	17,59	24,10	12,16	11.113,45
5000	22,74	24,14	18,79	22,82	11,51	11.738,21
6000	26,67	22,38	19,12	21,16	10,67	12.662,22
7000	30,04	20,84	19,48	19,70	9,94	13.598,31
8000	32,95	19,48	19,87	18,42	9,29	14.546,49
9000	35,47	18,27	20,26	17,28	8,71	15.506,77

Tabela B.17 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,58	24,48	14,89	32,38	11,67	11.577,14
4000	18,83	23,26	16,05	30,77	11,09	12.183,60
5000	20,84	22,12	17,22	29,27	10,55	12.808,36
6000	24,59	20,64	17,63	27,30	9,84	13.732,37
7000	27,85	19,32	18,06	25,56	9,21	14.668,46
8000	30,69	18,15	18,50	24,01	8,65	15.616,64
9000	33,18	17,09	18,95	22,62	8,15	16.576,92

Tabela B.18 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,51	22,89	13,92	36,77	10,91	12.380,78
4000	17,67	21,82	15,06	35,05	10,40	12.987,25
5000	19,61	20,82	16,20	33,45	9,93	13.612,01
6000	23,23	19,49	16,66	31,32	9,30	14.536,01
7000	26,40	18,32	17,13	29,42	8,73	15.472,11
8000	29,19	17,26	17,60	27,73	8,23	16.420,29
9000	31,65	16,30	18,08	26,19	7,77	17.380,56

## SALVADOR-BA

Tabela B.19 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	18,18	26,97	17,54	24,74	12,58	10.891,65
4000	20,23	25,56	18,84	23,45	11,92	11.491,34
5000	22,04	24,25	20,15	22,25	11,31	12.111,06
6000	25,86	22,50	20,51	20,64	10,49	13.057,22
7000	29,14	20,96	20,90	19,23	9,77	14.016,69
8000	31,97	19,60	21,31	17,98	9,14	14.989,48
9000	34,43	18,39	21,74	16,87	8,58	15.975,58

Tabela B.20 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,55	24,55	15,96	31,50	11,45	11.965,56
4000	18,50	23,38	17,23	29,99	10,90	12.565,25
5000	20,24	22,28	18,51	28,58	10,39	13.184,97
6000	23,90	20,79	18,95	26,67	9,69	14.131,12
7000	27,07	19,46	19,41	24,97	9,08	15.090,60
8000	29,84	18,29	19,89	23,46	8,53	16.063,38
9000	32,26	17,23	20,37	22,10	8,04	17.049,49

Tabela B.21 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,50	23,00	14,95	35,82	10,73	12.771,25
4000	17,38	21,97	16,19	34,21	10,25	13.370,93
5000	19,08	20,99	17,44	32,70	9,79	13.990,65
6000	22,61	19,66	17,93	30,63	9,17	14.936,81
7000	25,70	18,48	18,43	28,78	8,62	15.896,28
8000	28,41	17,41	18,94	27,12	8,12	16.869,07
9000	30,81	16,45	19,45	25,62	7,67	17.855,17

## SÃO PAULO-SP

Tabela B.22 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,30	27,64	17,31	23,71	15,04	11.773,85
4000	18,47	26,20	18,60	22,47	14,25	12.420,98
5000	20,39	24,86	19,90	21,32	13,53	13.089,49
6000	23,84	23,22	20,40	19,91	12,63	14.016,58
7000	26,83	21,76	20,91	18,66	11,84	14.957,90
8000	29,45	20,45	21,44	17,54	11,13	15.913,46
9000	31,74	19,27	21,97	16,53	10,49	16.883,24

Tabela B.23 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,91	25,27	15,83	30,24	13,75	12.876,46
4000	16,96	24,06	17,09	28,79	13,09	13.523,60
5000	18,80	22,93	18,35	27,44	12,47	14.192,11
6000	22,10	21,52	18,91	25,75	11,71	15.119,20
7000	24,99	20,26	19,48	24,24	11,02	16.060,52
8000	27,54	19,12	20,05	22,88	10,40	17.016,07
9000	29,79	18,09	20,62	21,65	9,84	17.985,86

Tabela B.24 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,01	23,76	14,88	34,43	12,92	13.698,58
4000	15,99	22,68	16,11	32,87	12,34	14.345,72
5000	17,78	21,67	17,35	31,41	11,79	15.014,23
6000	20,96	20,41	17,94	29,58	11,11	15.941,32
7000	23,77	19,28	18,53	27,93	10,49	16.882,64
8000	26,27	18,24	19,12	26,44	9,93	17.838,19
9000	28,49	17,30	19,72	25,07	9,41	18.807,98

**DETALHAMENTO DE CUSTOS INICIAIS  
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL COM DISTRIBUIÇÃO  
DIRETA**

**BELÉM-PA**

Tabela B.25 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belém-PA com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,43	17,62	24,39	16,13	25,42	10.459,90
4000	17,15	19,25	23,52	15,56	24,52	10.845,24
5000	17,78	20,91	22,68	15,00	23,64	11.249,89
6000	22,96	20,97	20,73	13,71	21,62	12.303,28
7000	27,30	21,10	19,08	12,62	19,89	13.369,45
8000	30,98	21,28	17,66	11,68	18,41	14.448,38
9000	34,11	21,50	16,42	10,86	17,11	15.540,08

Tabela B.26 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belém-PA com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,92	16,00	22,14	14,65	32,30	11.521,51
4000	15,62	17,54	21,42	14,17	31,25	11.906,84
5000	16,24	19,11	20,72	13,71	30,22	12.311,49
6000	21,14	19,31	19,09	12,63	27,84	13.364,89
7000	25,30	19,55	17,68	11,69	25,78	14.431,05
8000	28,86	19,83	16,45	10,88	23,99	15.509,98
9000	31,93	20,13	15,37	10,16	22,41	16.601,68

Tabela B.27 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belém-PA com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,95	14,96	20,70	13,69	36,70	12.322,69
4000	14,63	16,43	20,07	13,28	35,59	12.708,02
5000	15,25	17,94	19,45	12,87	34,49	13.112,67
6000	19,94	18,22	18,01	11,91	31,92	14.166,07
7000	23,97	18,52	16,75	11,08	29,69	15.232,23
8000	27,44	18,85	15,64	10,34	27,72	16.311,16
9000	30,46	19,20	14,66	9,70	25,99	17.402,86

## BELO HORIZONTE-MG

Tabela B.28 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belo Horizonte-MG com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,85	17,02	26,41	15,82	24,90	11.041,02
4000	17,35	18,46	25,25	15,13	23,81	11.546,45
5000	18,70	19,90	24,16	14,47	22,77	12.071,66
6000	23,09	20,19	22,31	13,37	21,04	13.067,66
7000	26,84	20,50	20,71	12,41	19,53	14.076,81
8000	30,06	20,85	19,31	11,57	18,20	15.099,11
9000	32,85	21,21	18,07	10,83	17,04	16.134,57

Tabela B.29 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belo Horizonte-MG com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,43	15,50	24,05	14,41	31,61	12.124,58
4000	15,86	16,87	23,09	13,83	30,34	12.630,02
5000	17,16	18,27	22,17	13,28	29,13	13.155,22
6000	21,32	18,64	20,61	12,35	27,08	14.151,22
7000	24,92	19,04	19,23	11,52	25,28	15.160,37
8000	28,05	19,45	18,02	10,80	23,68	16.182,68
9000	30,78	19,88	16,94	10,15	22,26	17.218,13

Tabela B.30 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belo Horizonte-MG com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,53	14,53	22,54	13,51	35,90	12.935,53
4000	14,91	15,86	21,69	13,00	34,55	13.440,96
5000	16,16	17,20	20,88	12,51	33,25	13.966,17
6000	20,17	17,63	19,49	11,68	31,03	14.962,17
7000	23,66	18,07	18,26	10,94	29,07	15.971,32
8000	26,71	18,52	17,16	10,28	27,32	16.993,62
9000	29,40	18,98	16,17	9,69	25,75	18.029,08

## BRASÍLIA-DF

Tabela B.31 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Brasília-DF com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	11,86	18,21	27,08	16,65	26,20	10.350,78
4000	16,24	19,09	25,04	15,40	24,23	11.193,09
5000	20,22	19,92	23,18	14,25	22,43	12.092,27
6000	23,94	20,35	21,57	13,26	20,88	12.991,86
7000	27,34	20,74	20,10	12,36	19,45	13.941,67
8000	30,45	21,10	18,76	11,53	18,15	14.941,69
9000	33,30	21,43	17,53	10,78	16,96	15.991,94

Tabela B.32 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Brasília-DF com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	10,75	16,50	24,54	15,08	33,13	11.423,76
4000	14,82	17,42	22,85	14,05	30,86	12.266,08
5000	18,58	18,29	21,29	13,09	28,75	13.165,26
6000	22,11	18,80	19,93	12,25	26,91	14.064,85
7000	25,39	19,26	18,67	11,48	25,21	15.014,66
8000	28,41	19,69	17,50	10,76	23,64	16.014,68
9000	31,21	20,09	16,43	10,10	22,18	17.064,93

Tabela B.33 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Brasília-DF com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	10,04	15,41	22,92	14,09	37,53	12.227,94
4000	13,91	16,35	21,45	13,18	35,11	13.070,25
5000	17,51	17,24	20,06	12,34	32,85	13.969,44
6000	20,92	17,78	18,85	11,59	30,86	14.869,02
7000	24,10	18,28	17,72	10,89	29,01	15.818,83
8000	27,05	18,75	16,67	10,25	27,29	16.818,86
9000	29,81	19,18	15,69	9,64	25,68	17.869,11

## CAMPO GRANDE-MS

Tabela B.34 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Campo Grande-MS com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	18,78	16,60	23,88	15,90	24,84	10.591,33
4000	19,83	18,08	22,94	15,27	23,87	11.023,44
5000	20,78	19,58	22,04	14,67	22,93	11.473,99
6000	25,06	19,84	20,36	13,55	21,18	12.422,12
7000	28,71	20,15	18,90	12,58	19,66	13.382,49
8000	31,85	20,48	17,62	11,73	18,33	14.355,10
9000	34,56	20,83	16,49	10,97	17,15	15.339,95

Tabela B.35 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Campo Grande-MS com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	17,07	15,09	21,71	14,45	31,67	11.649,37
4000	18,10	16,50	20,93	13,94	30,54	12.081,49
5000	19,02	17,92	20,18	13,43	29,44	12.532,04
6000	23,10	18,29	18,76	12,49	27,37	13.480,17
7000	26,61	18,67	17,51	11,66	25,55	14.440,54
8000	29,66	19,07	16,41	10,92	23,94	15.413,15
9000	32,33	19,48	15,42	10,27	22,50	16.398,00

Tabela B.36 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Campo Grande-MS com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,98	14,13	20,32	13,53	36,04	12.445,49
4000	16,98	15,48	19,64	13,07	34,83	12.877,61
5000	17,89	16,85	18,98	12,63	33,65	13.328,16
6000	21,81	17,27	17,71	11,79	31,42	14.276,29
7000	25,22	17,69	16,60	11,05	29,44	15.236,66
8000	28,20	18,13	15,60	10,39	27,67	16.209,27
9000	30,83	18,58	14,71	9,79	26,09	17.194,12

## FLORIANÓPOLIS-SC

Tabela B.37 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,33	19,75	26,65	15,58	24,69	11.243,97
4000	14,56	21,45	25,49	14,89	23,61	11.759,50
5000	15,65	23,17	24,37	14,24	22,57	12.298,90
6000	20,63	23,32	22,32	13,05	20,68	13.424,68
7000	24,80	23,54	20,58	12,02	19,06	14.566,22
8000	28,35	23,80	19,06	11,14	17,66	15.723,53
9000	31,37	24,09	17,74	10,36	16,43	16.896,61

Tabela B.38 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	12,14	17,99	24,28	14,19	31,40	12.343,79
4000	13,31	19,62	23,31	13,62	30,14	12.859,33
5000	14,37	21,27	22,37	13,07	28,93	13.398,73
6000	19,06	21,56	20,63	12,06	26,69	14.524,50
7000	23,06	21,89	19,13	11,18	24,74	15.666,04
8000	26,49	22,24	17,81	10,41	23,04	16.823,36
9000	29,46	22,62	16,65	9,73	21,54	17.996,44

Tabela B.39 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	11,39	16,87	22,76	13,30	35,68	13.165,25
4000	12,51	18,44	21,91	12,80	34,34	13.680,78
5000	13,54	20,04	21,08	12,32	33,03	14.220,18
6000	18,04	20,40	19,53	11,41	30,61	15.345,95
7000	21,91	20,80	18,18	10,62	28,49	16.487,50
8000	25,26	21,21	16,99	9,93	26,62	17.644,81
9000	28,17	21,63	15,93	9,31	24,96	18.817,89



## RECIFE-PE

Tabela B.40 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,41	16,44	25,34	16,25	25,56	10.481,85
4000	18,89	17,63	23,96	15,36	24,16	11.088,32
5000	21,08	18,83	22,68	14,54	22,87	11.713,08
6000	25,14	19,16	21,02	13,48	21,20	12.637,08
7000	28,62	19,52	19,57	12,55	19,74	13.573,18
8000	31,63	19,90	18,29	11,73	18,45	14.521,36
9000	34,24	20,30	17,16	11,00	17,30	15.481,63

Tabela B.41 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,89	14,92	23,00	14,74	32,45	11.552,00
4000	17,23	16,08	21,85	14,01	30,83	12.158,47
5000	19,31	17,25	20,78	13,32	29,33	12.783,23
6000	23,18	17,67	19,38	12,43	27,35	13.707,23
7000	26,53	18,09	18,14	11,63	25,60	14.643,33
8000	29,46	18,53	17,04	10,92	24,04	15.591,51
9000	32,03	18,98	16,05	10,29	22,65	16.551,78

Tabela B.42 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,92	13,95	21,50	13,78	36,85	12.355,64
4000	16,16	15,08	20,50	13,14	35,12	12.962,11
5000	18,17	16,23	19,55	12,54	33,51	13.586,87
6000	21,89	16,69	18,31	11,74	31,37	14.510,88
7000	25,15	17,15	17,20	11,03	29,47	15.446,97
8000	28,01	17,63	16,20	10,39	27,77	16.395,15
9000	30,54	18,10	15,31	9,81	26,23	17.355,42

## SALVADOR-BA

Tabela B.43 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Salvador-BA com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações Elétricas (%)	Total (R\$)
3000	16,41	17,60	25,26	15,89	24,84	10.849,49
4000	18,56	18,91	23,94	15,06	23,54	11.449,17
5000	20,46	20,22	22,71	14,29	22,33	12.068,89
6000	24,41	20,58	21,06	13,25	20,71	13.015,05
7000	27,80	20,97	19,61	12,34	19,28	13.974,52
8000	30,73	21,37	18,34	11,53	18,03	14.947,31
9000	33,27	21,80	17,20	10,82	16,91	15.933,41

Tabela B.44 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Salvador-BA com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações Elétricas (%)	Total (R\$)
3000	14,93	16,02	22,99	14,46	31,61	11.923,40
4000	16,96	17,29	21,89	13,77	30,09	12.523,08
5000	18,79	18,57	20,85	13,12	28,68	13.142,80
6000	22,55	19,01	19,45	12,24	26,75	14.088,96
7000	25,82	19,47	18,21	11,46	25,04	15.048,43
8000	28,67	19,94	17,11	10,76	23,52	16.021,22
9000	31,17	20,42	16,12	10,14	22,16	17.007,32

Tabela B.45 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Salvador-BA com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações Elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,98	15,00	21,53	13,54	35,94	12.729,08
4000	15,94	16,24	20,56	12,94	34,32	13.328,77
5000	17,70	17,49	19,65	12,36	32,80	13.948,49
6000	21,33	17,98	18,40	11,58	30,71	14.894,64
7000	24,50	18,48	17,29	10,88	28,85	15.854,11
8000	27,30	18,98	16,29	10,25	27,19	16.826,90
9000	29,76	19,50	15,39	9,68	25,68	17.813,00

## SÃO PAULO-SP

Tabela B.46 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em São Paulo-SP com área de captação de 100m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	15,17	17,98	26,87	15,36	24,62	11.336,06
4000	17,48	19,28	25,42	14,53	23,29	11.983,20
5000	19,52	20,59	24,07	13,76	22,06	12.651,71
6000	23,14	21,06	22,43	12,82	20,56	13.578,80
7000	26,27	21,54	20,97	11,99	19,22	14.520,12
8000	28,99	22,04	19,68	11,25	18,04	15.475,67
9000	31,37	22,55	18,52	10,59	16,97	16.445,46

Tabela B.47 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em São Paulo-SP com área de captação de 200m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	13,83	16,39	24,48	14,00	31,30	12.438,68
4000	16,01	17,66	23,27	13,31	29,76	13.085,81
5000	17,95	18,94	22,14	12,66	28,31	13.754,32
6000	21,40	19,48	20,74	11,86	26,52	14.681,41
7000	24,41	20,02	19,49	11,14	24,92	15.622,73
8000	27,06	20,58	18,37	10,50	23,49	16.578,29
9000	29,40	21,13	17,36	9,92	22,19	17.548,07

Tabela B.48 - Custos iniciais para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em São Paulo-SP com área de captação de 300m<sup>2</sup>.

Volume do reservatório (L)	Reservatórios (%)	Instalações hidráulicas (%)	Obra civil (%)	Captação (%)	Instalações elétricas (%)	Total (R\$)
3000	12,97	15,37	22,97	13,13	35,56	13.260,80
4000	15,06	16,62	21,90	12,52	33,91	13.907,93
5000	16,94	17,87	20,89	11,94	32,35	14.576,44
6000	20,26	18,44	19,64	11,23	30,42	15.503,53
7000	23,19	19,02	18,52	10,59	28,68	16.444,85
8000	25,78	19,60	17,50	10,01	27,10	17.400,41
9000	28,08	20,19	16,58	9,48	25,67	18.370,20

## APÊNDICE C - CUSTOS DE OPERAÇÃO

### SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL COM DISTRIBUIÇÃO INDIRETA

Visto que os custos de operação apresentam variação pouco significativa entre os sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta e direta, foram gerados gráficos apenas para os sistemas com distribuição indireta de água pluvial. As diferenças entre os custos médios podem ser verificadas nas tabelas deste anexo.

#### BELÉM-PA

Figura C.1 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Belém-PA.

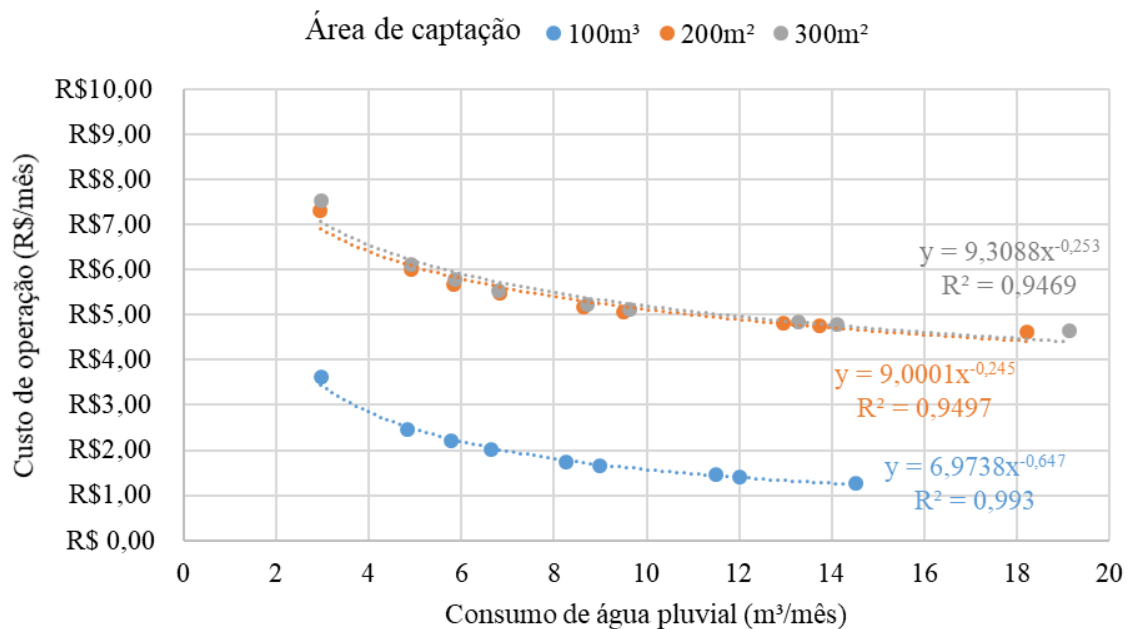


Tabela C.1 - Detalhamento de custo de operação mensal para Belém-PA.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	3000	2,96	10650,11	3,62	3,42
100	2	50	3000	4,83	10650,11	2,46	2,28
100	2	70	4000	6,65	11035,45	2,01	1,84
100	4	30	4000	5,78	11035,45	2,21	2,04
100	4	50	4000	8,98	11035,45	1,65	1,49
100	4	70	5000	11,50	11440,09	1,45	1,29
100	6	30	4000	8,25	11035,45	1,74	1,58
100	6	50	5000	12,01	11440,09	1,42	1,26
100	6	70	5000	14,51	11440,09	1,28	1,13
200	2	30	2000	2,96	11711,71	7,31	7,12
200	2	50	3000	4,90	11711,71	6,00	5,83
200	2	70	4000	6,82	12097,05	5,49	5,32
200	4	30	3000	5,84	11711,71	5,68	5,51
200	4	50	4000	9,51	12097,05	5,07	4,91
200	4	70	5000	12,95	12501,69	4,82	4,66
200	6	30	4000	8,64	12097,05	5,18	5,02
200	6	50	5000	13,73	12501,69	4,77	4,62
200	6	70	6000	18,21	13555,09	4,63	4,48
300	2	30	2000	2,96	12512,89	7,54	7,34
300	2	50	3000	4,92	12512,89	6,13	5,96
300	2	70	3000	6,80	12512,89	5,54	5,38
300	4	30	3000	5,87	12512,89	5,79	5,62
300	4	50	4000	9,63	12898,23	5,13	4,97
300	4	70	5000	13,27	13302,88	4,85	4,69
300	6	30	4000	8,72	12898,23	5,24	5,08
300	6	50	5000	14,10	13302,88	4,80	4,64
300	6	70	6000	19,13	14356,27	4,64	4,49

## BELO HORIZONTE-MG

Figura C.2 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Belo Horizonte-MG.

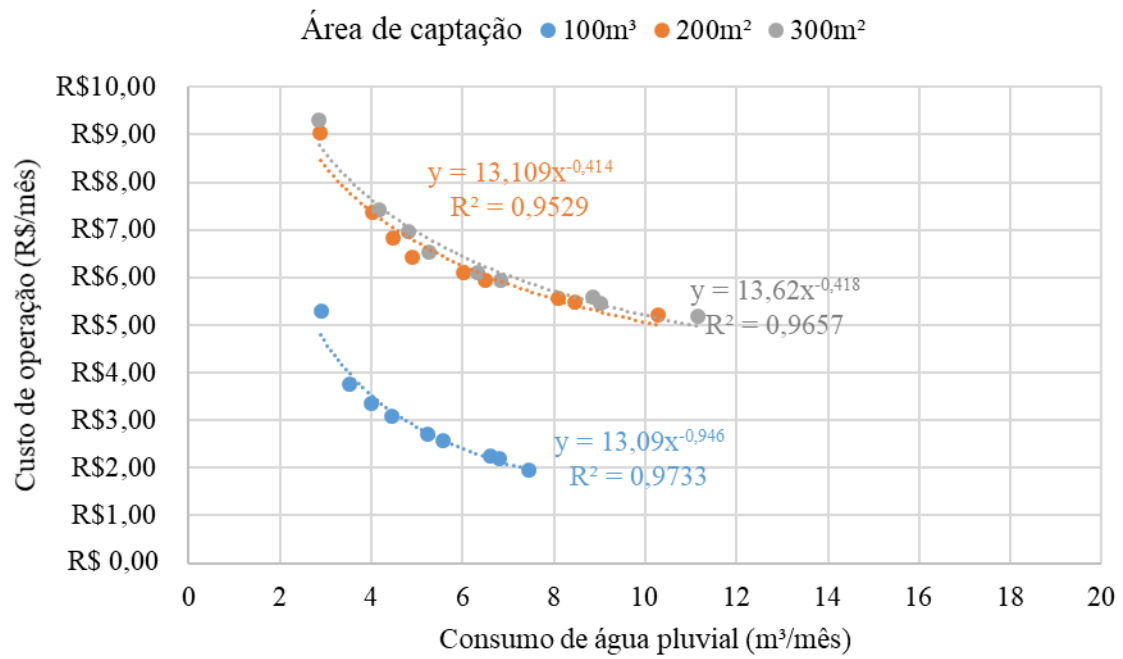


Tabela C.2 - Detalhamento de custo de operação mensal para Belo Horizonte-MG.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	12000	2,90	16431,05	5,30	5,08
100	2	50	6000	3,51	13364,14	3,74	3,54
100	2	70	6000	4,44	13364,14	3,08	2,90
100	4	30	6000	3,99	13364,14	3,36	3,17
100	4	50	6000	5,58	13364,14	2,57	2,39
100	4	70	6000	6,62	13364,14	2,26	2,09
100	6	30	6000	5,22	13364,14	2,70	2,53
100	6	50	6000	6,81	13364,14	2,21	2,04
100	6	70	5000	7,44	12368,14	1,96	1,80
200	2	30	10000	2,88	17514,61	9,03	8,81
200	2	50	8000	4,04	16479,16	7,37	7,17
200	2	70	6000	4,91	14447,70	6,42	6,24
200	4	30	7000	4,49	15456,85	6,83	6,65
200	4	50	7000	6,48	15456,85	5,95	5,78
200	4	70	7000	8,10	15456,85	5,55	5,39
200	6	30	7000	6,02	15456,85	6,10	5,93
200	6	50	7000	8,47	15456,85	5,48	5,32
200	6	70	7000	10,29	15456,85	5,21	5,06
300	2	30	9000	2,85	18325,56	9,31	9,10
300	2	50	8000	4,18	17290,10	7,41	7,22
300	2	70	7000	5,26	16267,80	6,54	6,36
300	4	30	8000	4,80	17290,10	6,96	6,78
300	4	50	7000	6,83	16267,80	5,95	5,78
300	4	70	8000	8,86	17290,10	5,59	5,43
300	6	30	7000	6,32	16267,80	6,11	5,94
300	6	50	7000	9,02	16267,80	5,46	5,31
300	6	70	7000	11,16	16267,80	5,18	5,03

## BRASÍLIA - DF

Figura C.3 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Brasília-DF.

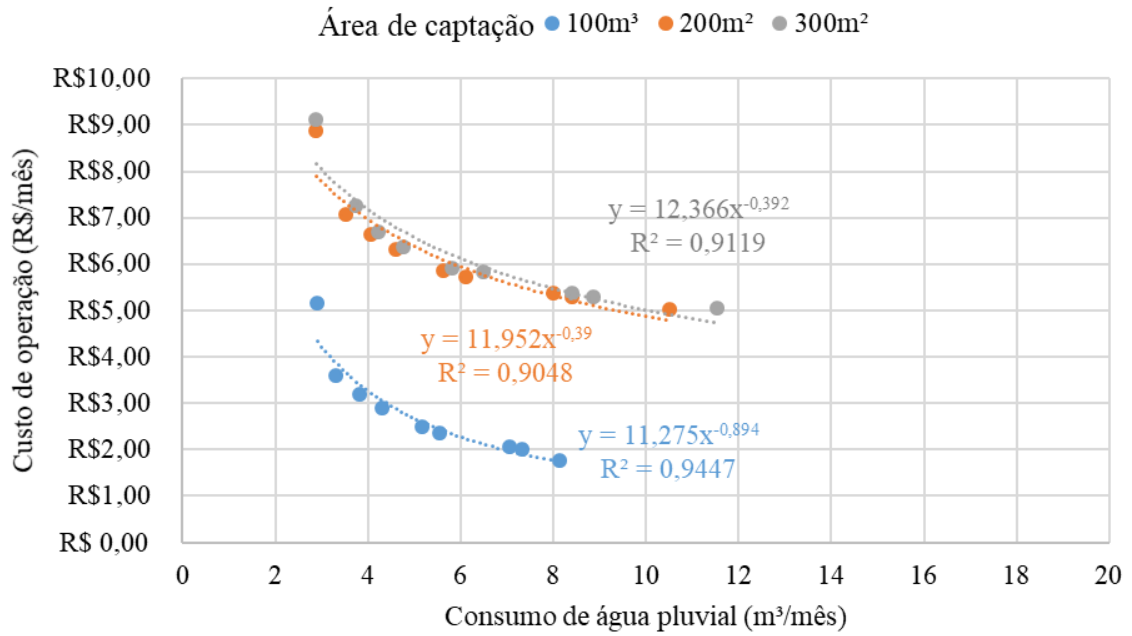




Tabela C.3 - Detalhamento de custo de operação mensal para Brasília-DF.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	14000	2,91	16253,06	5,15	4,96
100	2	50	5000	3,31	12353,39	3,60	3,42
100	2	70	5000	4,31	12353,39	2,88	2,72
100	4	30	5000	3,82	12353,39	3,18	3,02
100	4	50	5000	5,54	12353,39	2,35	2,20
100	4	70	6000	7,05	13252,98	2,06	1,92
100	6	30	5000	5,16	12353,39	2,49	2,34
100	6	50	6000	7,33	13252,98	2,00	1,86
100	6	70	5000	8,15	12353,39	1,76	1,62
200	2	30	12000	2,89	17326,05	8,88	8,70
200	2	50	5000	3,52	13426,38	7,06	6,89
200	2	70	5000	4,61	13426,38	6,31	6,15
200	4	30	5000	4,07	13426,38	6,63	6,47
200	4	50	5000	6,10	13426,38	5,71	5,57
200	4	70	6000	8,00	14325,97	5,37	5,24
200	6	30	5000	5,63	13426,38	5,87	5,72
200	6	50	6000	8,40	14325,97	5,30	5,17
200	6	70	6000	10,51	14325,97	5,02	4,89
300	2	30	11000	2,88	18130,23	9,13	8,94
300	2	50	6000	3,74	15130,14	7,25	7,08
300	2	70	5000	4,77	14230,56	6,37	6,21
300	4	30	5000	4,22	14230,56	6,69	6,53
300	4	50	6000	6,48	15130,14	5,83	5,68
300	4	70	6000	8,42	15130,14	5,38	5,24
300	6	30	5000	5,83	14230,56	5,92	5,77
300	6	50	6000	8,86	15130,14	5,30	5,17
300	6	70	7000	11,53	16079,95	5,04	4,91

## CAMPO GRANDE - MS

Figura C.4 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Campo Grande-MS.

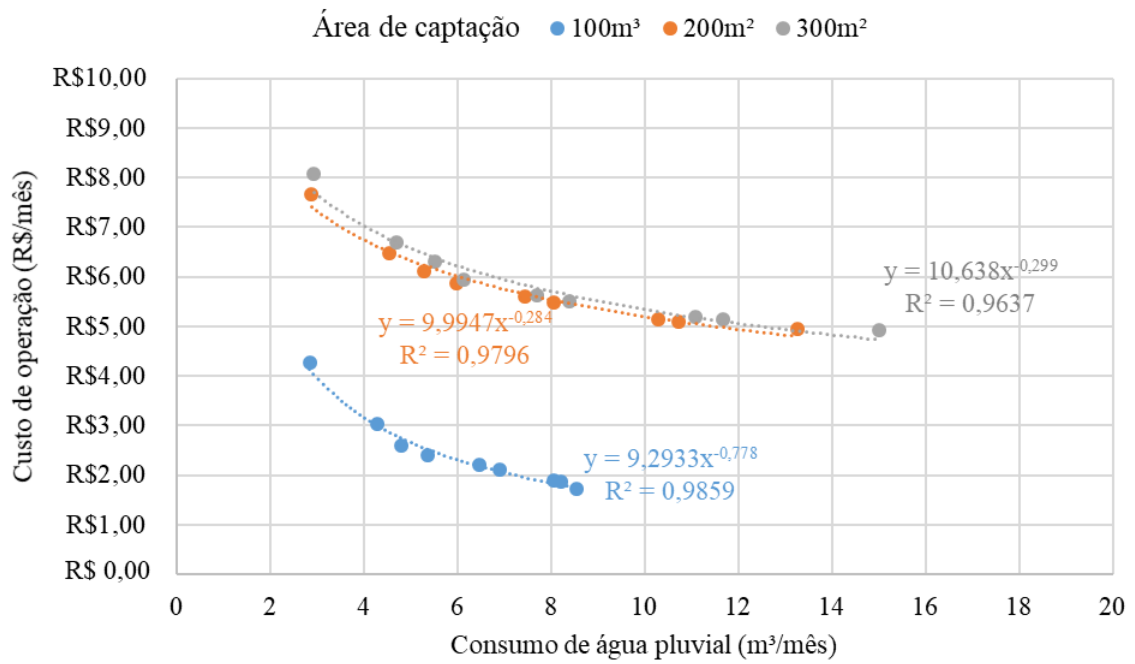


Tabela C.4 - Detalhamento de custo de operação mensal para Campo Grande-MS.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	6000	2,84	12585,92	4,27	4,09
100	2	50	6000	4,29	12585,92	3,03	2,86
100	2	70	5000	5,36	11637,79	2,39	2,23
100	4	30	5000	4,80	11637,79	2,60	2,44
100	4	50	6000	6,90	12585,92	2,10	1,95
100	4	70	6000	8,04	12585,92	1,89	1,74
100	6	30	6000	6,46	12585,92	2,20	2,05
100	6	50	6000	8,19	12585,92	1,86	1,71
100	6	70	5000	8,55	11637,79	1,72	1,57
200	2	30	5000	2,87	12695,84	7,66	7,48
200	2	50	6000	4,54	13643,97	6,47	6,31
200	2	70	6000	5,98	13643,97	5,87	5,72
200	4	30	6000	5,28	13643,97	6,12	5,97
200	4	50	7000	8,06	14604,34	5,48	5,33
200	4	70	7000	10,27	14604,34	5,15	5,01
200	6	30	7000	7,43	14604,34	5,61	5,46
200	6	50	7000	10,73	14604,34	5,10	4,96
200	6	70	8000	13,26	15576,95	4,95	4,81
300	2	30	6000	2,93	14440,08	8,07	7,89
300	2	50	7000	4,70	15400,45	6,70	6,54
300	2	70	6000	6,14	14440,08	5,93	5,78
300	4	30	7000	5,50	15400,45	6,30	6,15
300	4	50	7000	8,37	15400,45	5,50	5,35
300	4	70	8000	11,08	16373,06	5,20	5,06
300	6	30	7000	7,69	15400,45	5,64	5,49
300	6	50	8000	11,68	16373,06	5,14	5,00
300	6	70	9000	15,00	17357,91	4,93	4,79

## FLORIANÓPOLIS - SC

Figura C.5 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Florianópolis-SC.

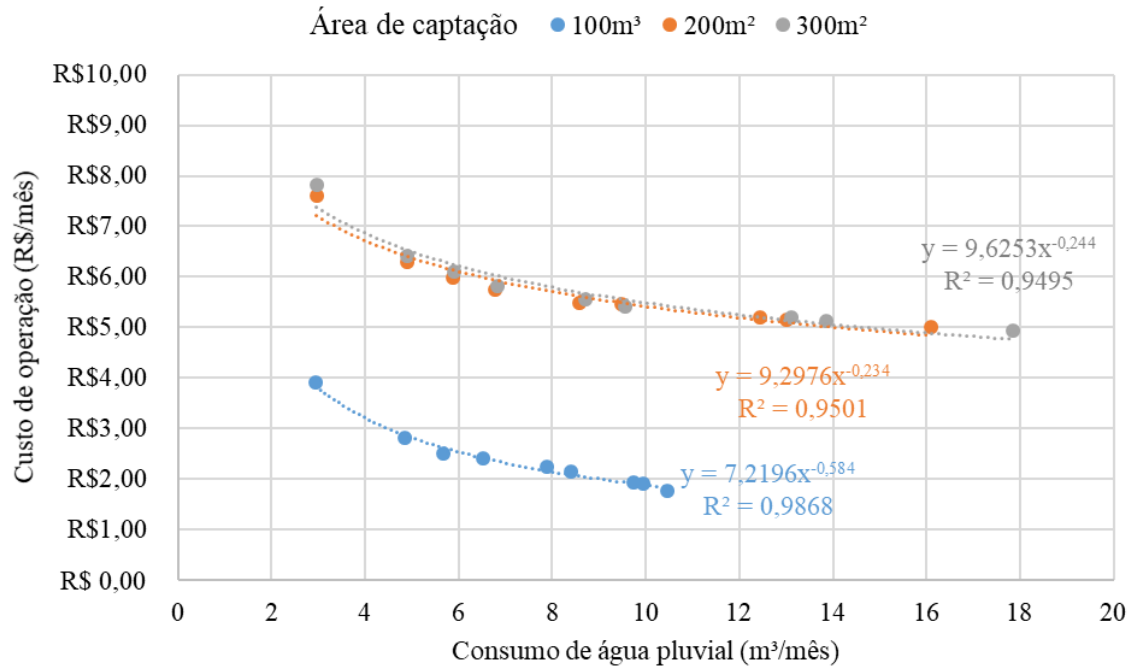


Tabela C.5 - Detalhamento de custo de operação mensal para Florianópolis-SC.

Área de captação (m²)	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m³/mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	3000	2,95	11466,32	3,91	3,69
100	2	50	5000	4,84	12521,26	2,82	2,63
100	2	70	6000	6,53	13647,03	2,41	2,23
100	4	30	5000	5,67	12521,26	2,51	2,32
100	4	50	7000	8,39	14788,57	2,14	1,96
100	4	70	7000	9,73	14788,57	1,94	1,76
100	6	30	7000	7,89	14788,57	2,23	2,05
100	6	50	7000	9,95	14788,57	1,91	1,74
100	6	70	6000	10,45	13647,03	1,76	1,67
200	2	30	3000	2,96	12566,14	7,60	7,38
200	2	50	4000	4,89	13081,68	6,29	6,10
200	2	70	5000	6,77	13621,08	5,74	5,55
200	4	30	5000	5,87	13621,08	5,99	5,81
200	4	50	7000	9,49	15888,39	5,45	5,28
200	4	70	8000	12,44	17045,71	5,20	5,03
200	6	30	6000	8,57	14746,85	5,49	5,32
200	6	50	8000	13,01	17045,71	5,15	4,98
200	6	70	9000	16,10	18218,79	5,00	4,84
300	2	30	3000	2,96	13387,60	7,82	7,61
300	2	50	4000	4,91	13903,13	6,42	6,23
300	2	70	5000	6,82	14442,53	5,82	5,64
300	4	30	5000	5,89	14442,53	6,10	5,92
300	4	50	6000	9,57	15568,31	5,42	5,24
300	4	70	8000	13,11	17867,16	5,19	5,03
300	6	30	6000	8,70	15568,31	5,55	5,38
300	6	50	8000	13,85	17867,16	5,13	4,97
300	6	70	9000	17,84	19040,24	4,95	4,78

## RECIFE - PE

Figura C.6 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Recife-PE.

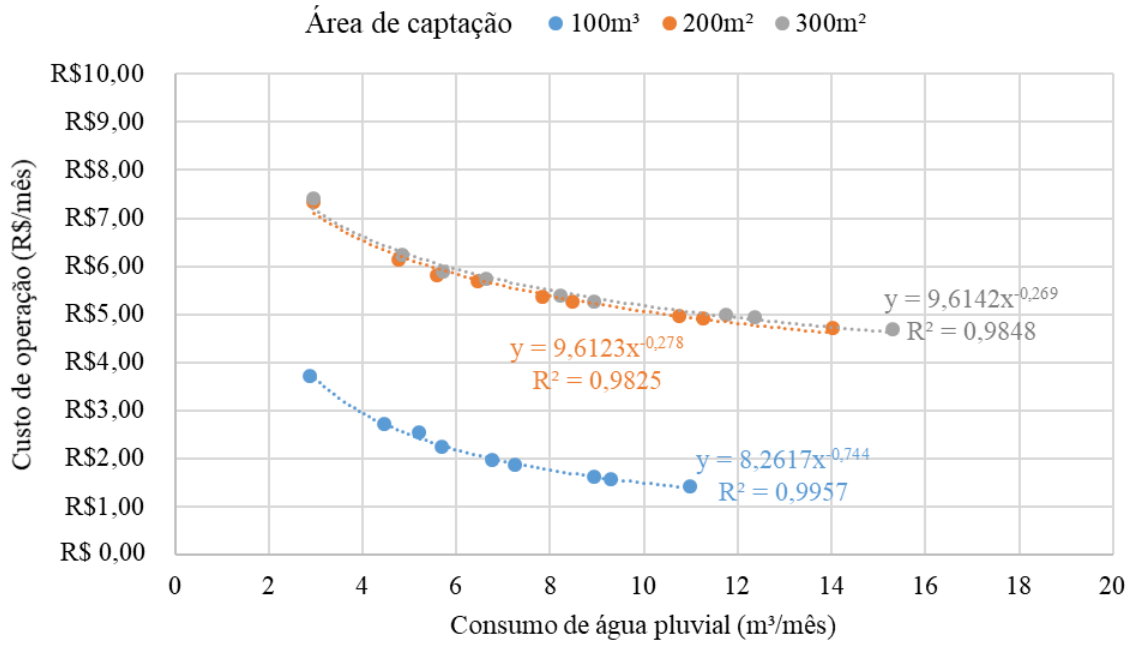


Tabela C.6 - Detalhamento de custo de operação mensal para Recife-PE.

Área de captação (m²)	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m³/mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	4000	2,89	11113,45	3,72	3,60
100	2	50	5000	4,46	11738,21	2,71	2,59
100	2	70	5000	5,68	11738,21	2,24	2,12
100	4	30	6000	5,20	12662,22	2,55	2,18
100	4	50	5000	7,24	11738,21	1,87	1,75
100	4	70	5000	8,94	11738,21	1,61	1,49
100	6	30	5000	6,76	11738,21	1,96	1,85
100	6	50	5000	9,29	11738,21	1,57	1,45
100	6	70	5000	10,97	11738,21	1,41	1,29
200	2	30	4000	2,95	12183,60	7,34	7,22
200	2	50	5000	4,77	12808,36	6,14	6,02
200	2	70	6000	6,44	13732,37	5,68	5,44
200	4	30	5000	5,59	12808,36	5,81	5,70
200	4	50	6000	8,46	13732,37	5,26	5,14
200	4	70	6000	10,75	13732,37	4,97	4,85
200	6	30	6000	7,84	13732,37	5,37	5,25
200	6	50	6000	11,27	13732,37	4,92	4,80
200	6	70	6000	14,03	13732,37	4,72	4,60
300	2	30	3000	2,94	12380,78	7,41	7,29
300	2	50	5000	4,85	13612,01	6,24	6,12
300	2	70	6000	6,64	14536,01	5,73	5,61
300	4	30	5000	5,71	13612,01	5,89	5,77
300	4	50	6000	8,95	14536,01	5,26	5,14
300	4	70	7000	11,75	15472,11	5,00	4,88
300	6	30	6000	8,23	14536,01	5,38	5,26
300	6	50	7000	12,37	15472,11	4,95	4,83
300	6	70	6000	15,30	14536,01	4,70	4,58

## SALVADOR - BA

Figura C.7 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para Salvador-BA.

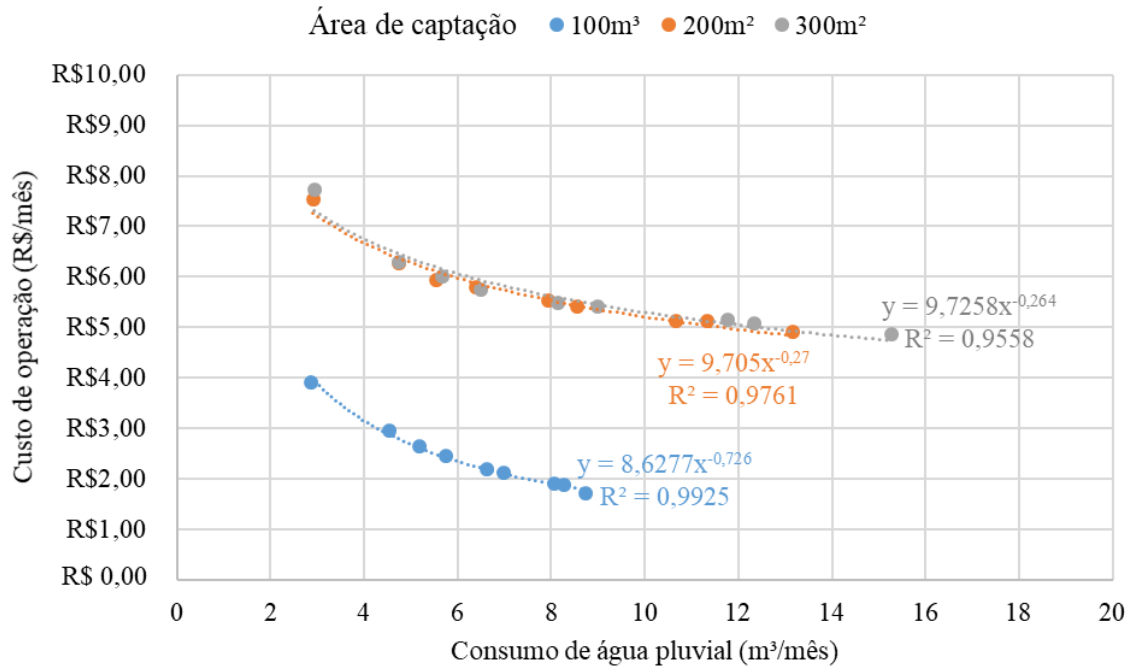




Tabela C.7 - Detalhamento de custo de operação mensal para Salvador-BA.

Área de captação (m²)	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m³/mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	4000	2,86	11491,34	3,90	3,77
100	2	50	6000	4,53	13057,22	2,96	2,83
100	2	70	6000	5,74	13057,22	2,45	2,32
100	4	30	6000	5,18	13057,22	2,66	2,52
100	4	50	6000	6,99	13057,22	2,11	1,98
100	4	70	6000	8,07	13057,22	1,90	1,77
100	6	30	6000	6,63	13057,22	2,20	2,07
100	6	50	6000	8,26	13057,22	1,87	1,74
100	6	70	5000	8,74	12111,06	1,71	1,58
200	2	30	4000	2,92	12565,25	7,54	7,40
200	2	50	5000	4,74	13184,97	6,26	6,13
200	2	70	6000	6,39	14131,12	5,79	5,66
200	4	30	5000	5,54	13184,97	5,93	5,80
200	4	50	7000	8,55	15090,60	5,42	5,29
200	4	70	7000	10,67	15090,60	5,12	5,00
200	6	30	7000	7,93	15090,60	5,53	5,40
200	6	50	8000	11,34	16063,38	5,13	5,00
200	6	70	7000	13,16	15090,60	4,90	4,77
300	2	30	4000	2,94	13370,93	7,74	7,60
300	2	50	4000	4,74	13370,93	6,30	6,16
300	2	70	5000	6,50	13990,65	5,74	5,61
300	4	30	5000	5,67	13990,65	6,00	5,87
300	4	50	7000	9,00	15896,28	5,42	5,29
300	4	70	8000	11,77	16869,07	5,14	5,01
300	6	30	6000	8,14	14936,81	5,47	5,34
300	6	50	8000	12,35	16869,07	5,08	4,96
300	6	70	8000	15,28	16869,07	4,87	4,74

## SÃO PAULO - SP

Figura C.8 - Relação entre custo de operação e consumo mensal de água pluvial para São Paulo-SP.

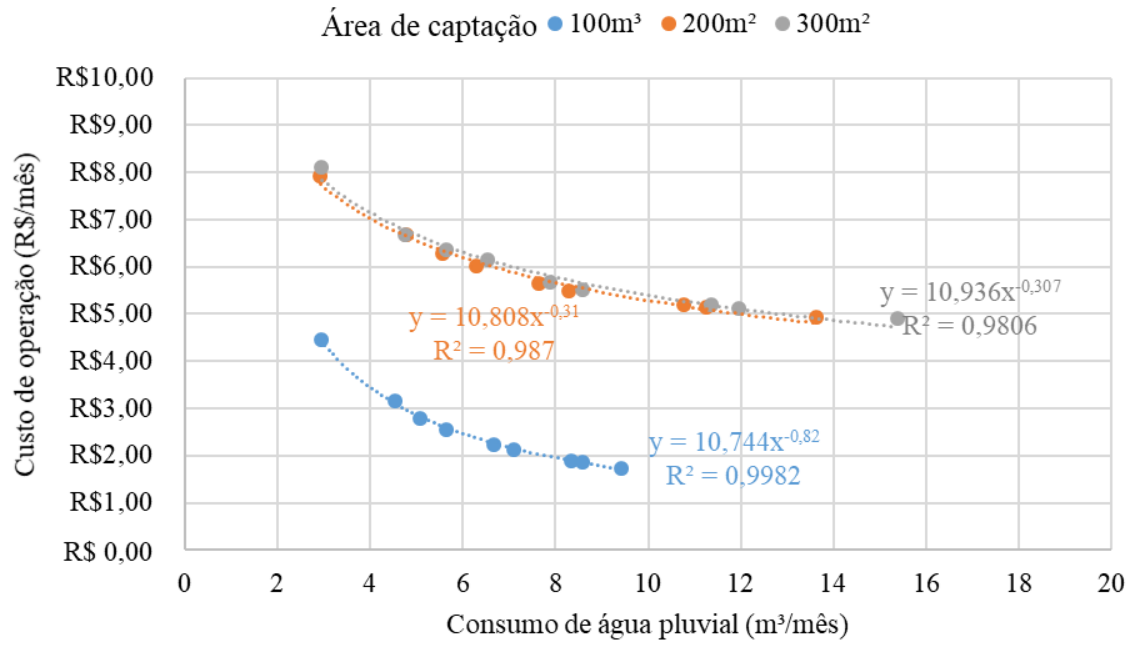


Tabela C.8 - Detalhamento de custo de operação mensal para São Paulo-SP.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Custo inicial (R\$)	Custo de operação - dist. indireta (R\$/mês)	Custo de operação - dist. direta (R\$/mês)
100	2	30	6000	2,94	14016,58	4,47	4,34
100	2	50	7000	4,54	14597,90	3,17	3,16
100	2	70	6000	5,64	14016,58	2,56	2,50
100	4	30	6000	5,07	14016,58	2,79	2,72
100	4	50	6000	7,09	14016,58	2,14	2,09
100	4	70	6000	8,35	14016,58	1,89	1,85
100	6	30	6000	6,67	14016,58	2,24	2,19
100	6	50	6000	8,58	14016,58	1,85	1,81
100	6	70	6000	9,43	14016,58	1,73	1,69
200	2	30	5000	2,93	14192,11	7,91	7,79
200	2	50	7000	4,77	16060,52	6,69	6,61
200	2	70	7000	6,28	16060,52	6,01	5,95
200	4	30	7000	5,56	16060,52	6,29	6,22
200	4	50	7000	8,28	16060,52	5,50	5,45
200	4	70	8000	10,77	17016,07	5,20	5,16
200	6	30	7000	7,63	16060,52	5,63	5,59
200	6	50	8000	11,25	17016,07	5,14	5,11
200	6	70	8000	13,62	17016,07	4,92	4,90
300	2	30	5000	2,95	15014,23	8,12	7,99
300	2	50	6000	4,74	15941,32	6,68	6,61
300	2	70	8000	6,53	17838,19	6,16	6,10
300	4	30	7000	5,64	16882,64	6,37	6,31
300	4	50	7000	8,57	16882,64	5,52	5,48
300	4	70	8000	11,36	17838,19	5,19	5,16
300	6	30	7000	7,88	16882,64	5,67	5,62
300	6	50	8000	11,96	17838,19	5,12	5,09
300	6	70	9000	15,38	18807,98	4,90	4,88

## APÊNDICE D - CORRELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÃO E DESEMPENHO

### RESULTADOS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

#### POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

Tabela D.25 - Correlação entre indicadores pluviométricos e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p	r (Pearson)		ρ (Spearman)	
		Média	Mediana	Média	Mediana
Precipitação média anual (R)	0,000	0,621	0,110	0,579	0,397
Número médio de dias secos por ano (D)	0,000	-0,560	-0,271	-0,510	-0,485
Índice de sazonalidade (S)	0,000	-0,868	-0,533	-0,894	-0,838
Períodos sem precipitação	Duração média	0,000	-0,716	-0,442	-0,685
	Desvio padrão	0,000	-0,732	-0,496	-0,769
	Coeficiente de variação	0,000	-0,680	-0,471	-0,728
	Duração máxima	0,003	-0,723	-0,548	-0,736

Figura D.1 - Correlação entre indicadores pluviométricos e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

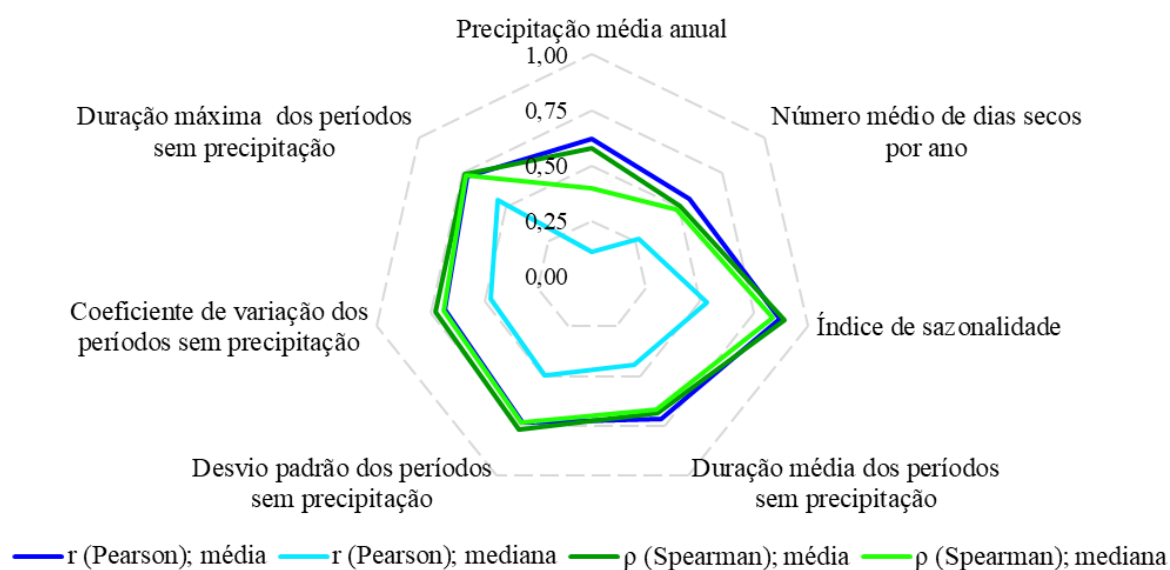


Figura D.2 - Correlação entre precipitação média anual e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

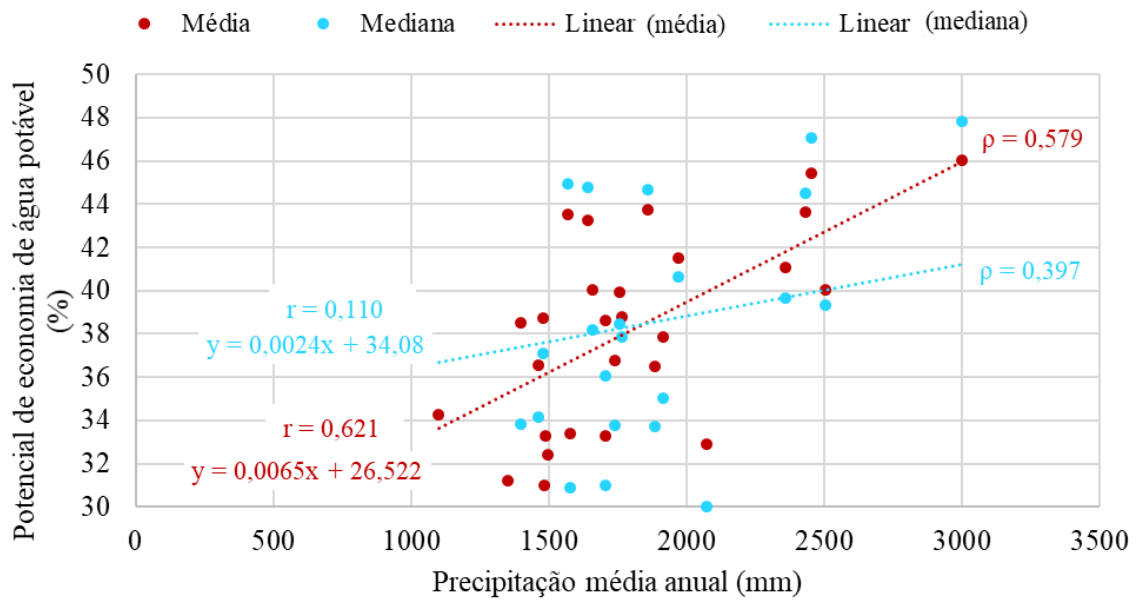


Figura D.3 - Correlação entre número médio de dias secos por ano e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

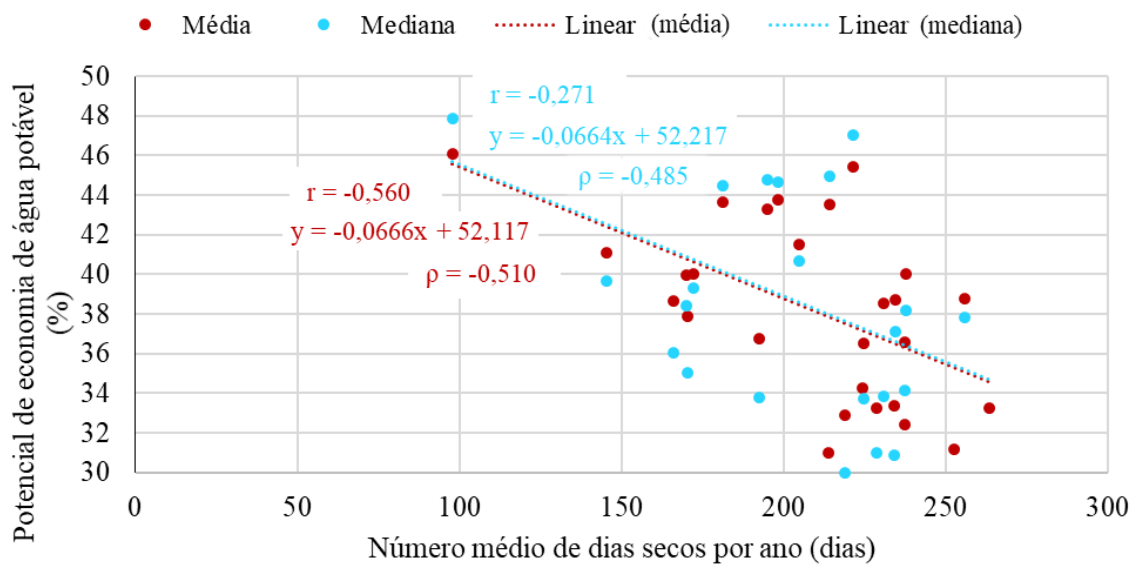


Figura D.4 - Correlação entre índice de sazonalidade e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

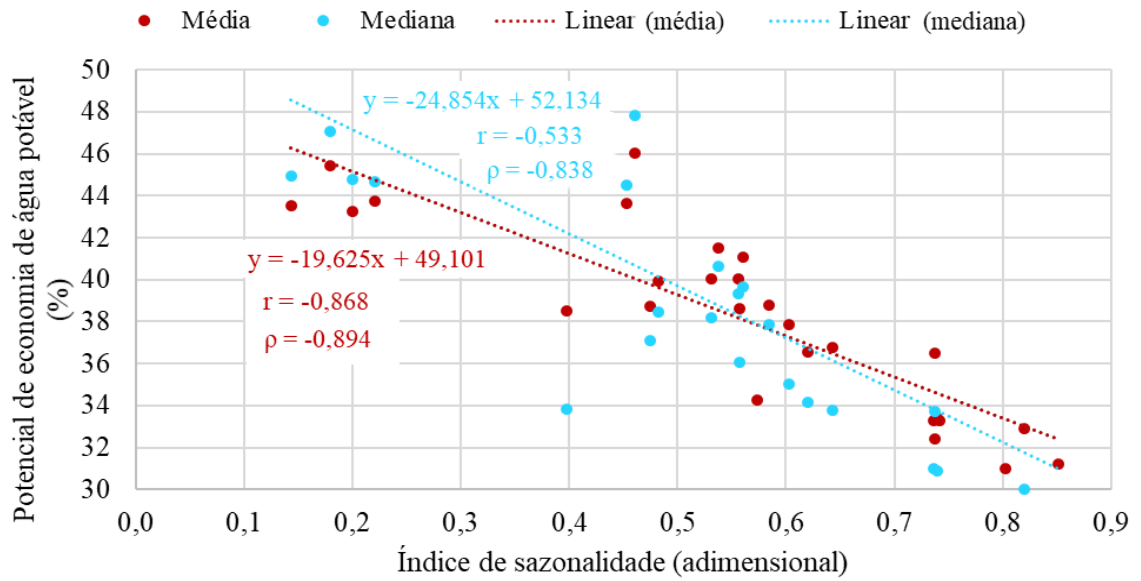


Figura D.5 - Correlação entre duração média dos períodos sem precipitação potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

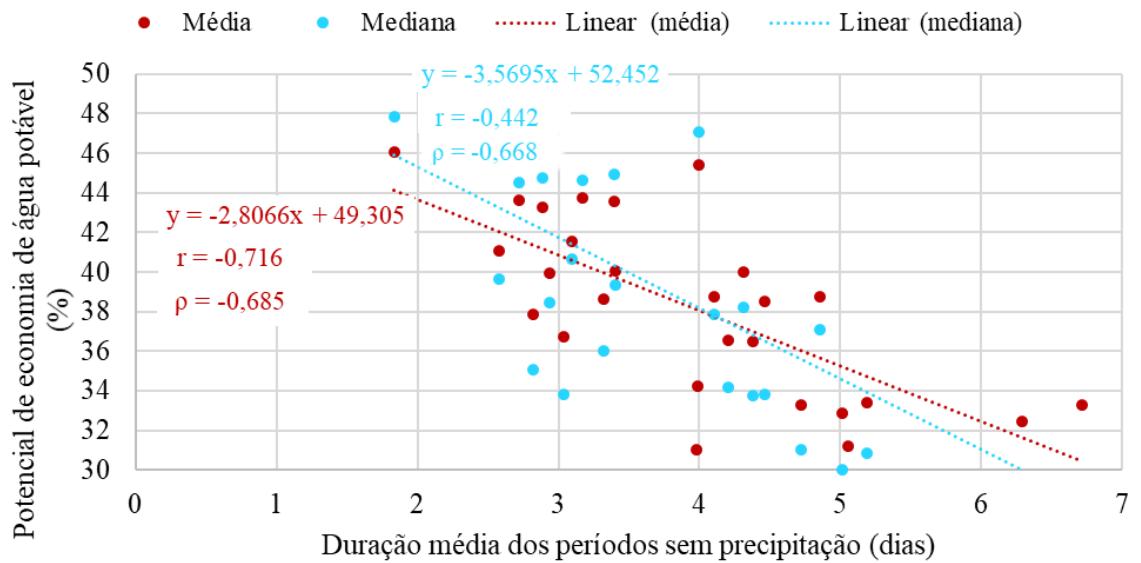


Figura D.6 - Correlação entre desvio padrão dos períodos sem precipitação e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

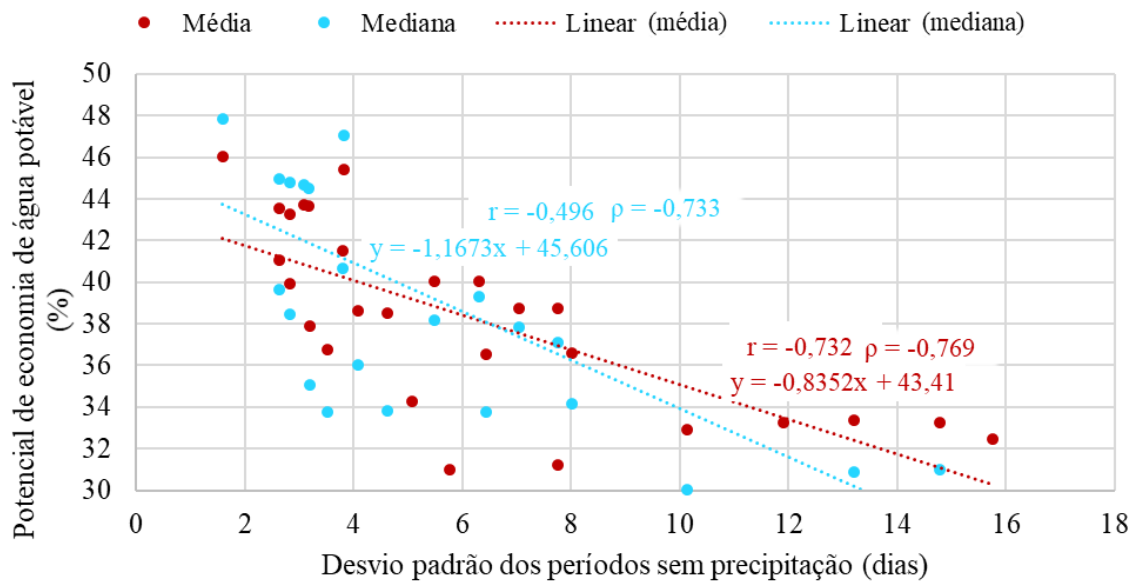


Figura D.7 - Correlação entre coeficiente de variação dos períodos sem precipitação e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.

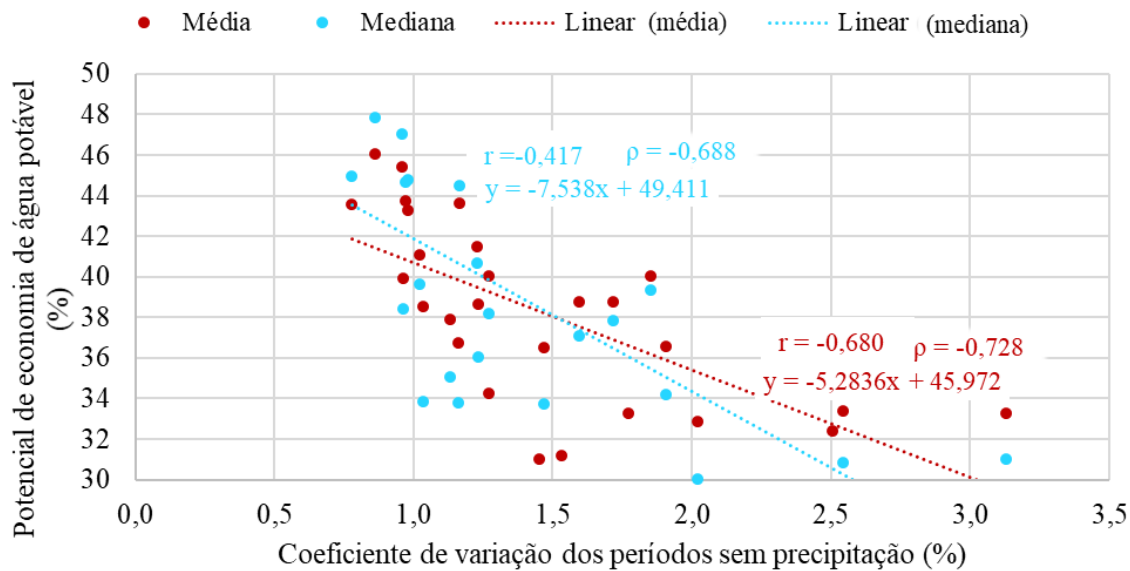
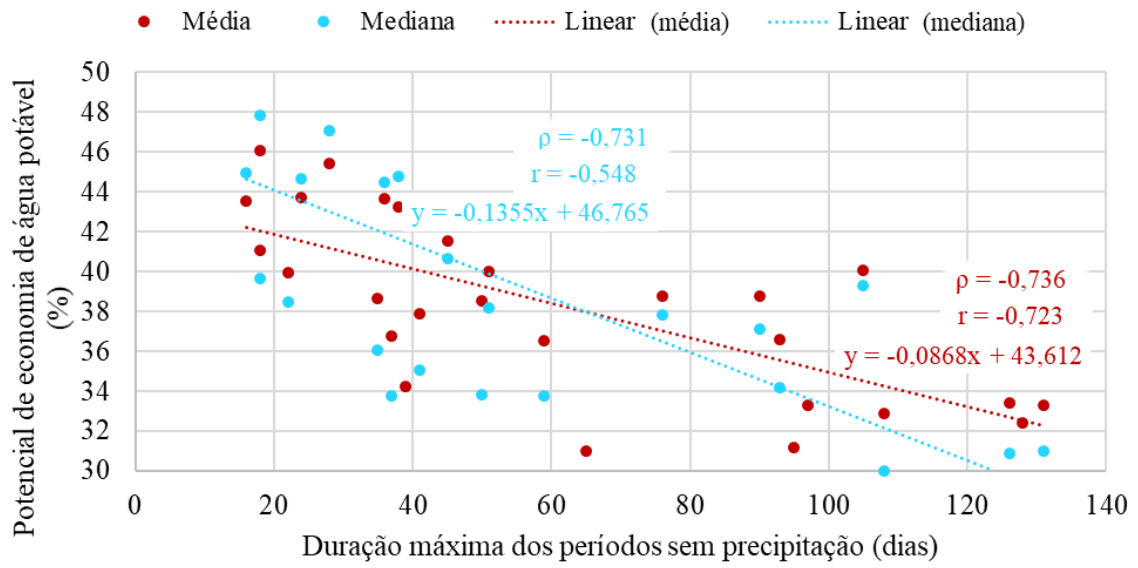


Figura D.8 - Correlação entre duração máxima dos períodos sem precipitação e potenciais de economia de água potável médio e mediano das capitais brasileiras.





## VOLUME IDEAL DO RESERVATÓRIO

Tabela D.26 - Correlação entre indicadores pluviométricos e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p	r (Pearson)		ρ (Spearman)	
		Média	Mediana	Média	Mediana
Precipitação média anual (R)	0,000	-0,762	-0,558	-0,708	-0,341
Número médio de dias secos por ano (D)	0,000	0,844	0,446	0,770	0,165
Índice de sazonalidade (S)	0,000	0,177	-0,212	0,229	-0,487
Períodos sem precipitação	Duração média	0,000	0,773	0,287	0,750
	Desvio padrão	0,000	0,494	-0,107	0,552
	Coefficiente de variação	0,000	0,292	-0,284	0,302
	Duração máxima	0,000	0,413	-0,168	0,460

Figura D.9 - Correlação entre duração máxima dos períodos sem precipitação e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

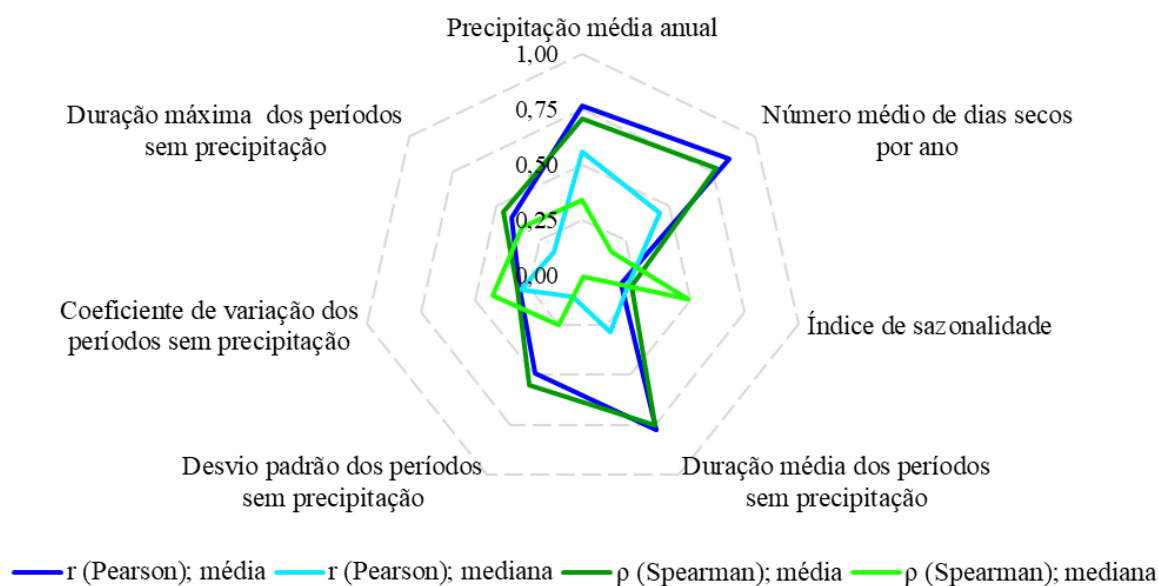


Figura D.10 - Correlação entre precipitação média anual e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

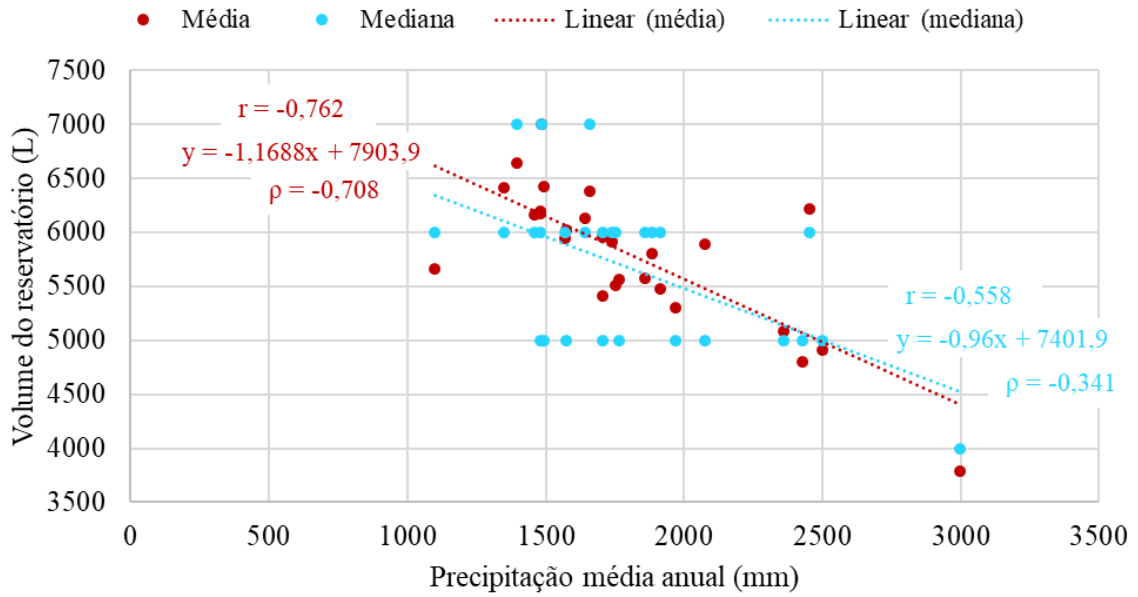


Figura D.11 - Correlação entre número médio de dias secos por ano e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

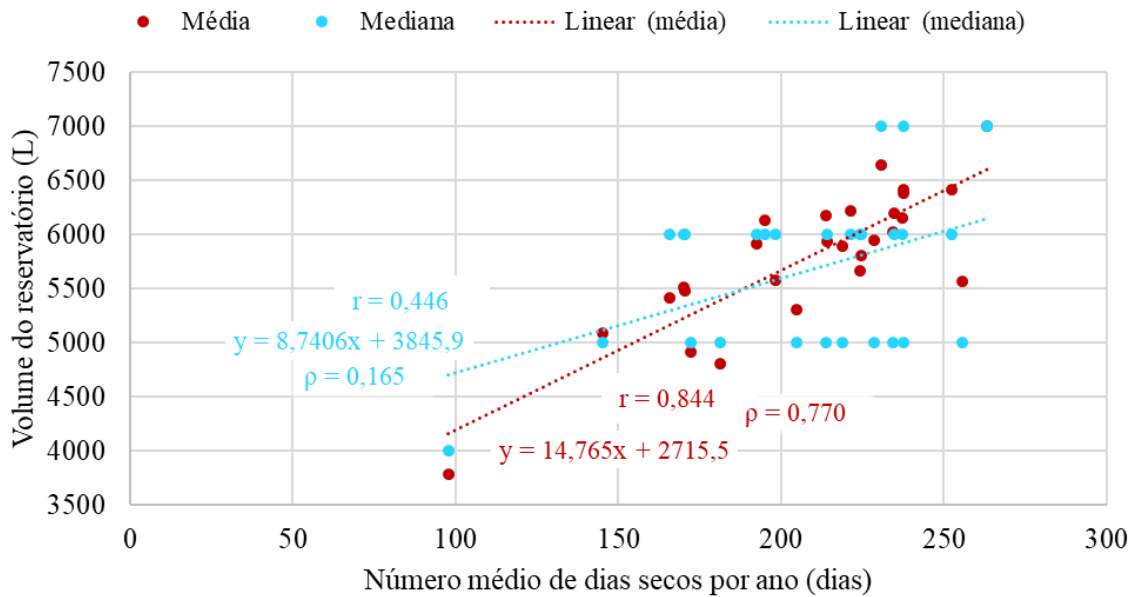


Figura D.12 - Correlação entre índice de sazonalidade e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

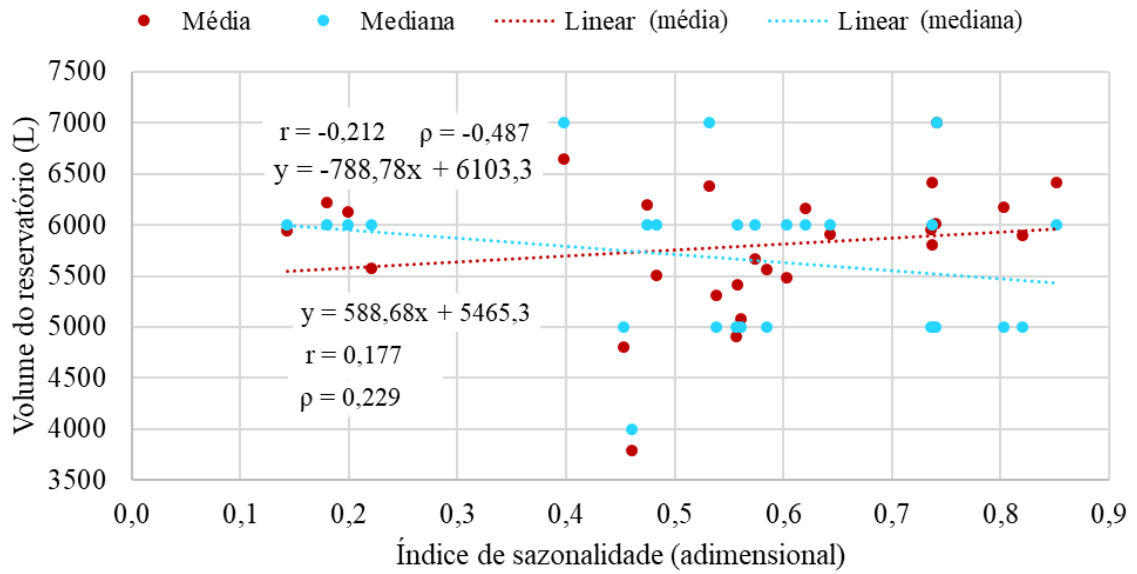


Figura D.13 - Correlação entre duração média dos períodos sem precipitação e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

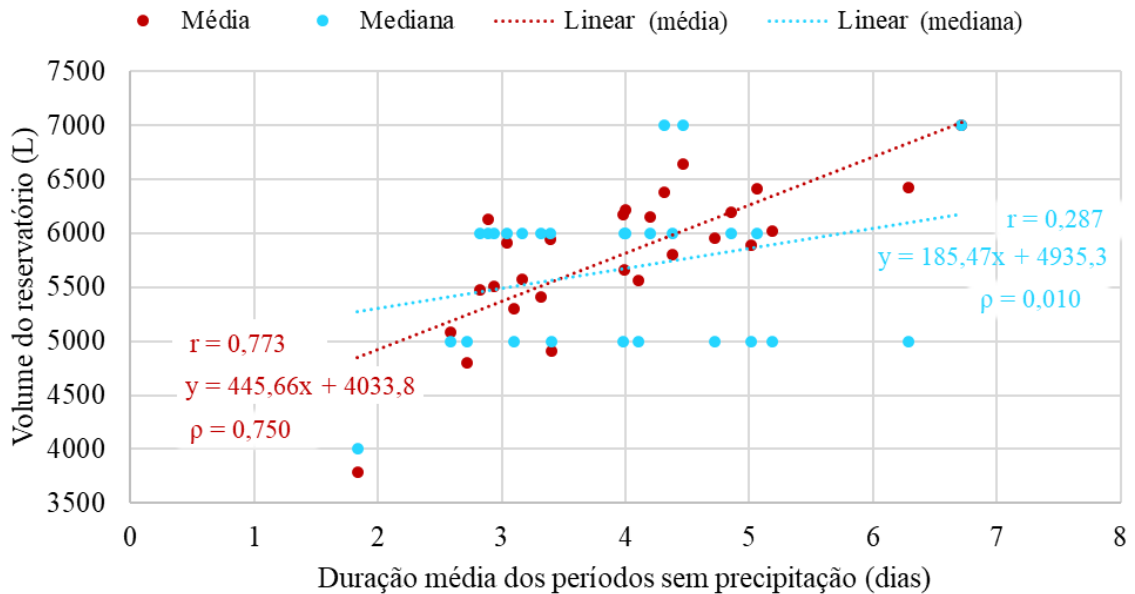


Figura D.2 - Correlação entre desvio padrão dos períodos sem precipitação e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

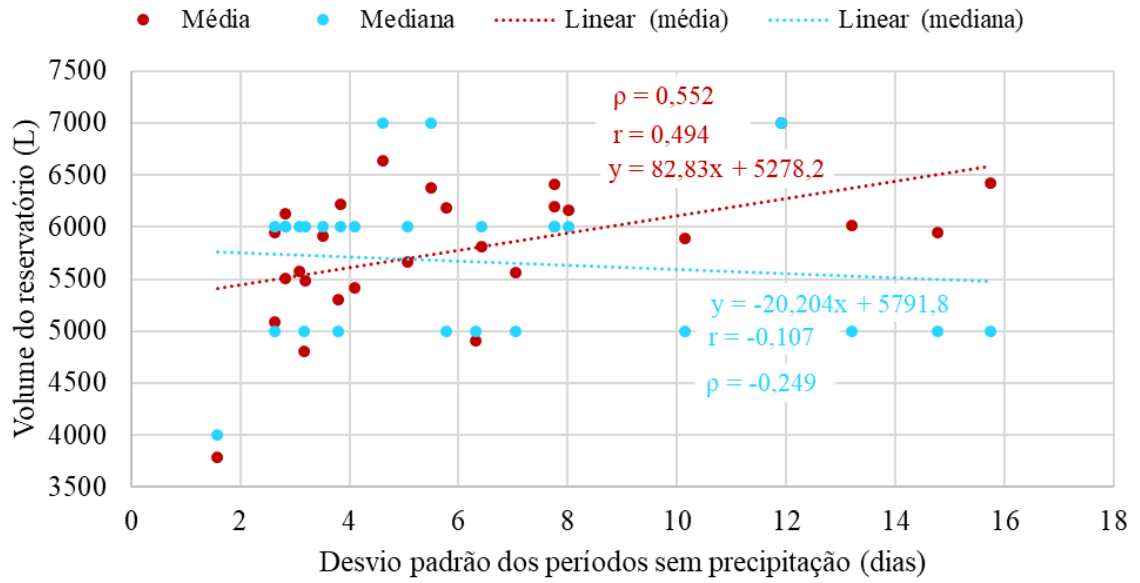


Figura D.15 - Correlação entre coeficiente de variação dos períodos sem precipitação e volume ideal médio e mediano do reservatório das capitais brasileiras.

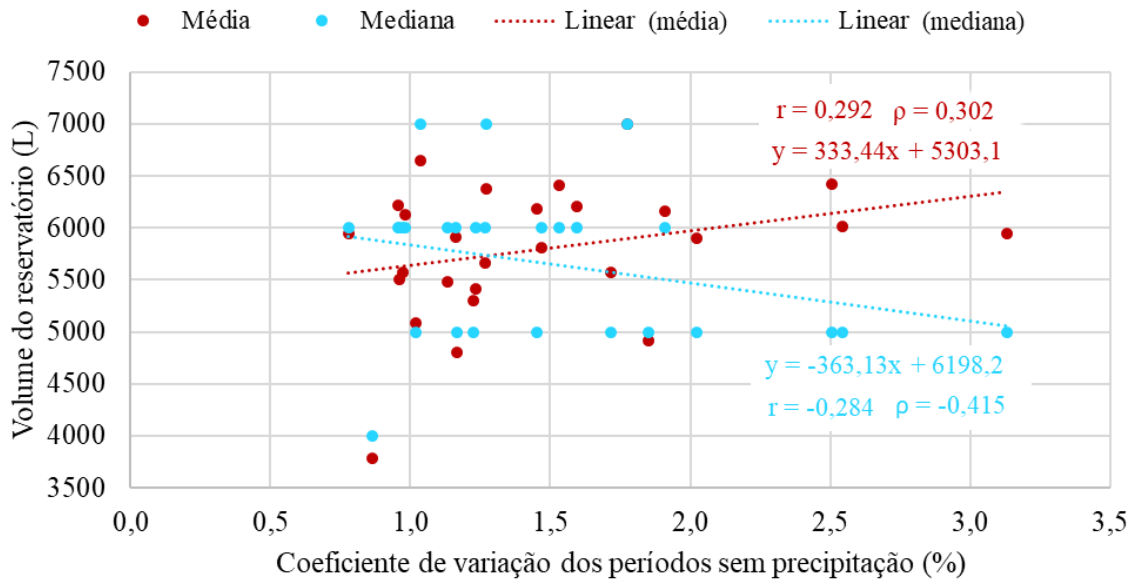
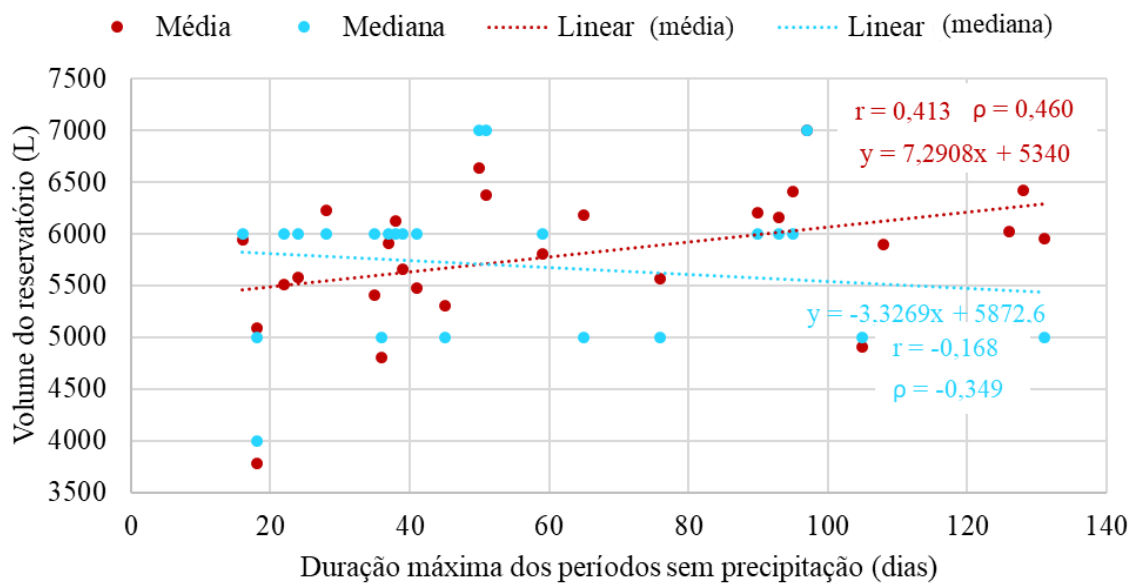


Figura D.16 - Correlação entre duração máxima dos períodos sem precipitação e volume ideal do reservatório inferior médio e mediano das capitais brasileiras.



## CONFIABILIDADE VOLUMÉTRICA DOS RESERVATÓRIOS

Tabela D.27 - Correlação entre indicadores pluviométricos e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p	r (Pearson)		ρ (Spearman)		
		Média	Mediana	Média	Mediana	
Precipitação média anual (R)	0,000	0,603	0,558	0,526	0,487	
Número médio de dias secos por ano (D)	0,000	-0,552	-0,447	-0,486	-0,460	
Índice de sazonalidade (S)	0,000	-0,876	-0,718	-0,916	-0,908	
	Duração média	0,000	-0,712	-0,553	-0,664	-0,596
Períodos sem precipitação	Desvio padrão	0,000	-0,736	-0,576	-0,789	-0,759
	Coeficiente de variação	0,000	-0,689	-0,551	-0,774	-0,784
	Duração máxima	0,031	-0,731	-0,548	-0,763	-0,742

Figura D.17 - Correlação entre indicadores pluviométricos e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

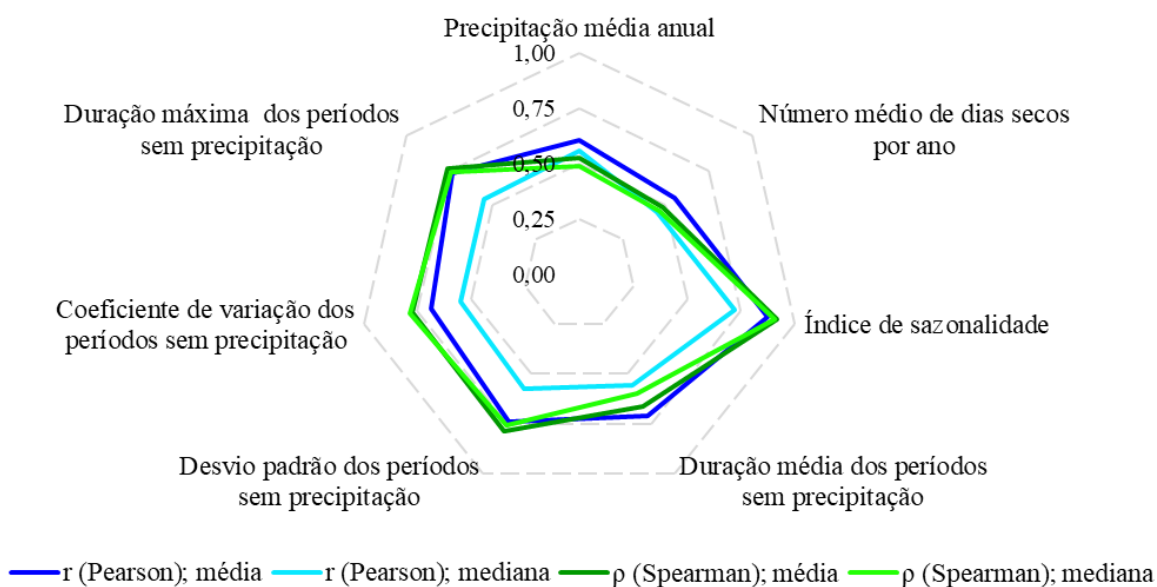


Figura D.18 - Correlação entre precipitação média anual e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

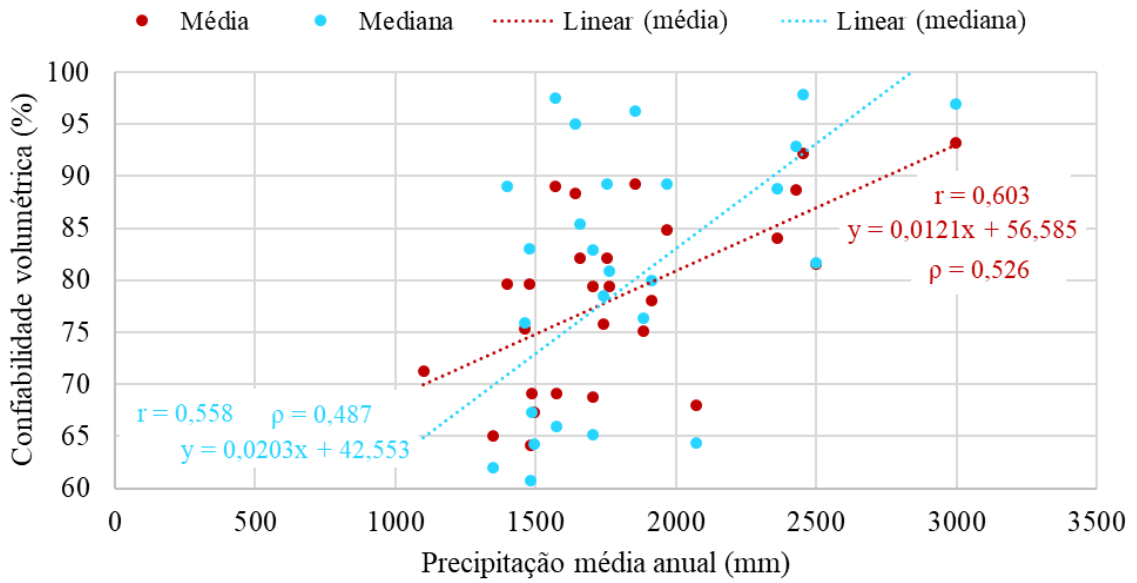


Figura D.3 - Correlação entre número médio de dias secos por ano e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

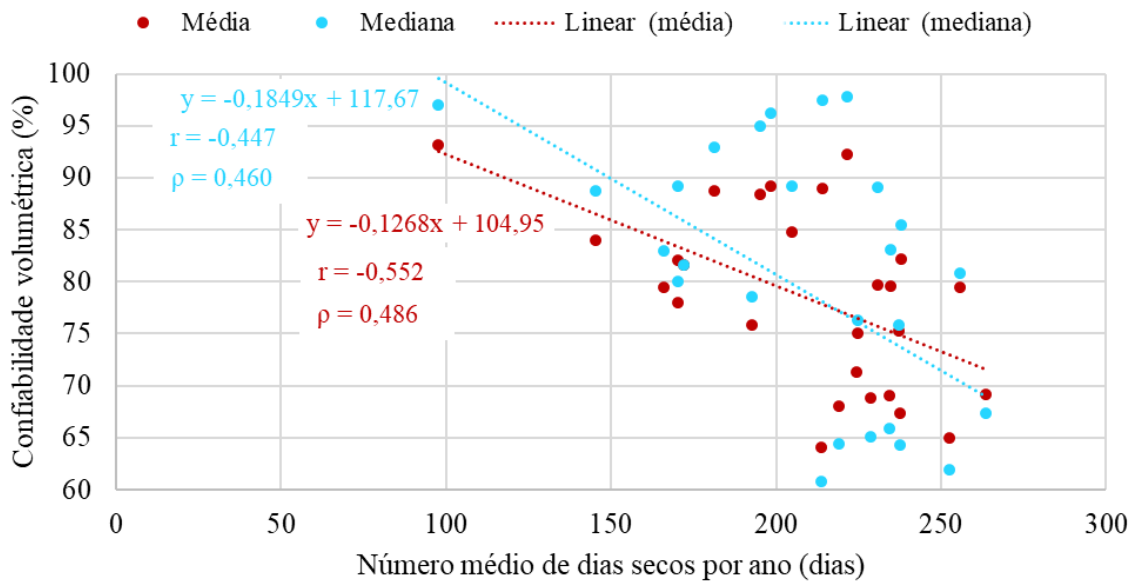


Figura D.20 - Correlação entre índice de sazonalidade e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

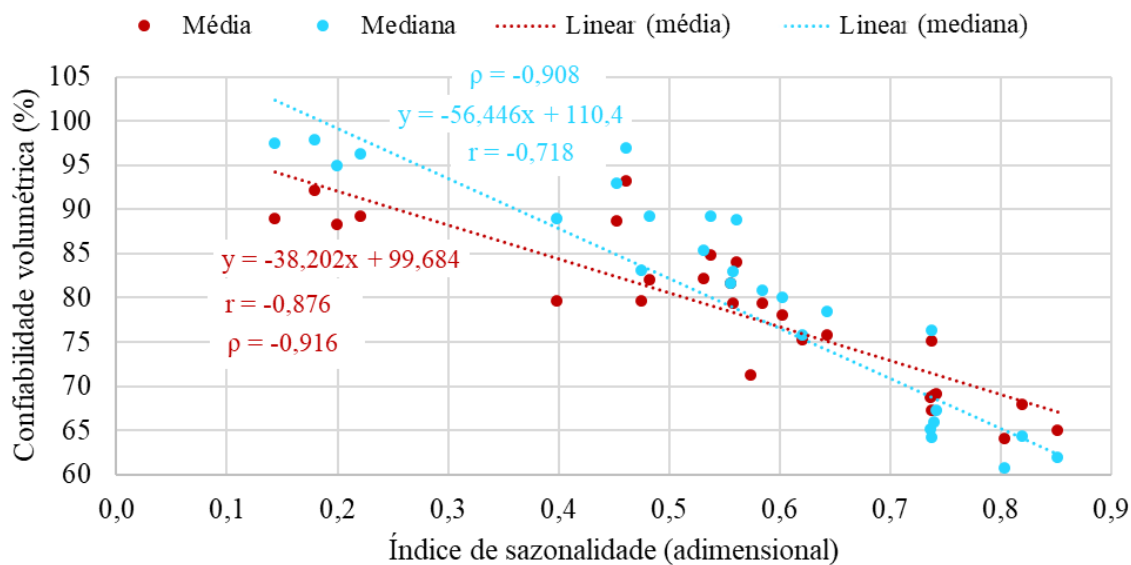


Figura D.21 - Correlação entre duração média dos períodos sem precipitação e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

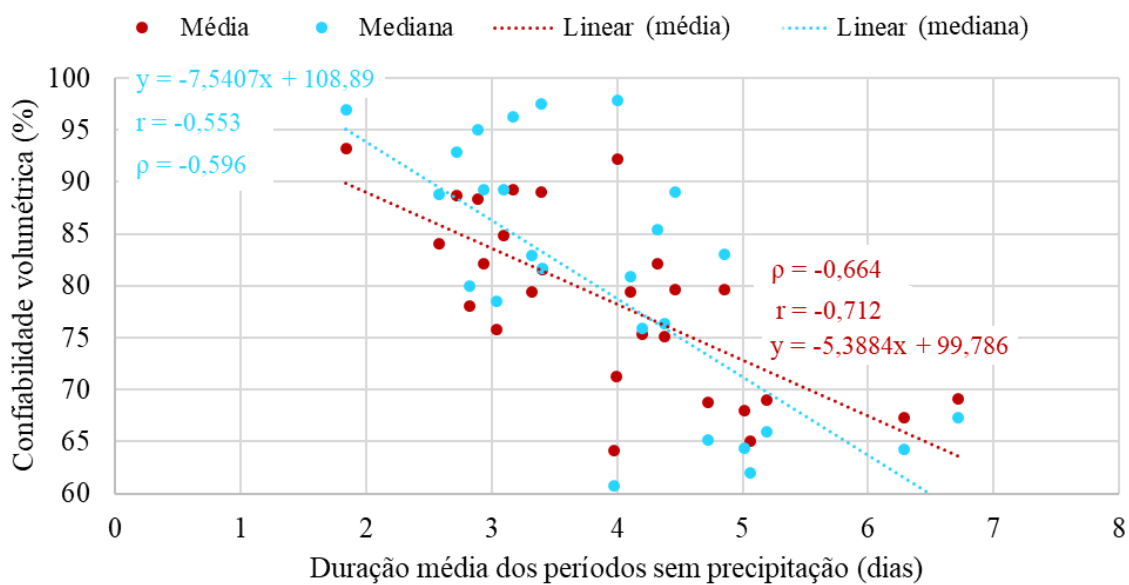




Figura D.4 - Correlação entre desvio padrão dos períodos sem precipitação e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

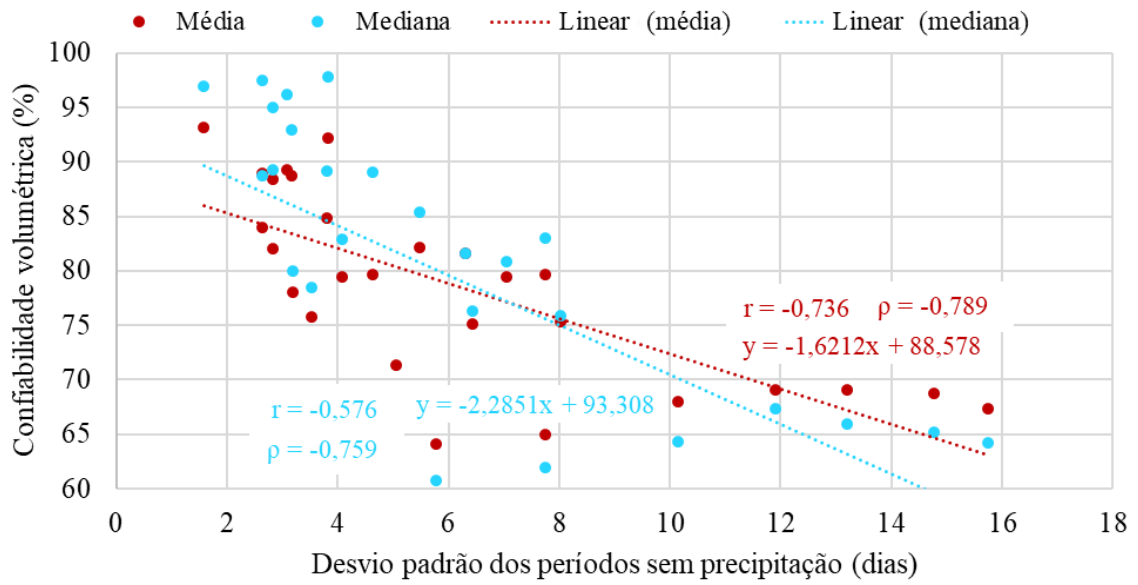


Figura D.5 - Correlação entre coeficiente de variação dos períodos sem precipitação e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.

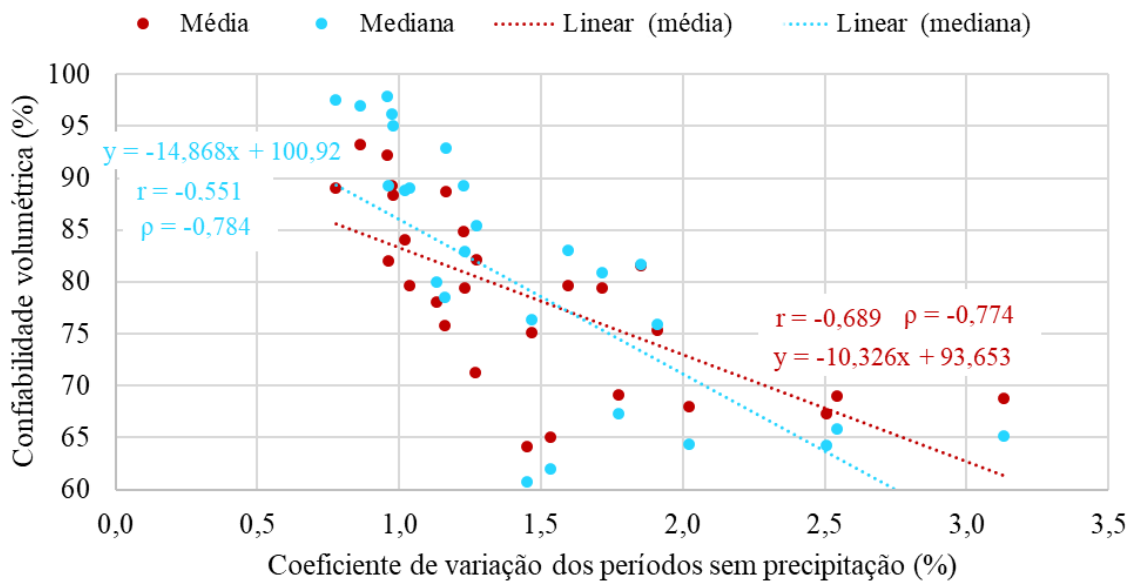
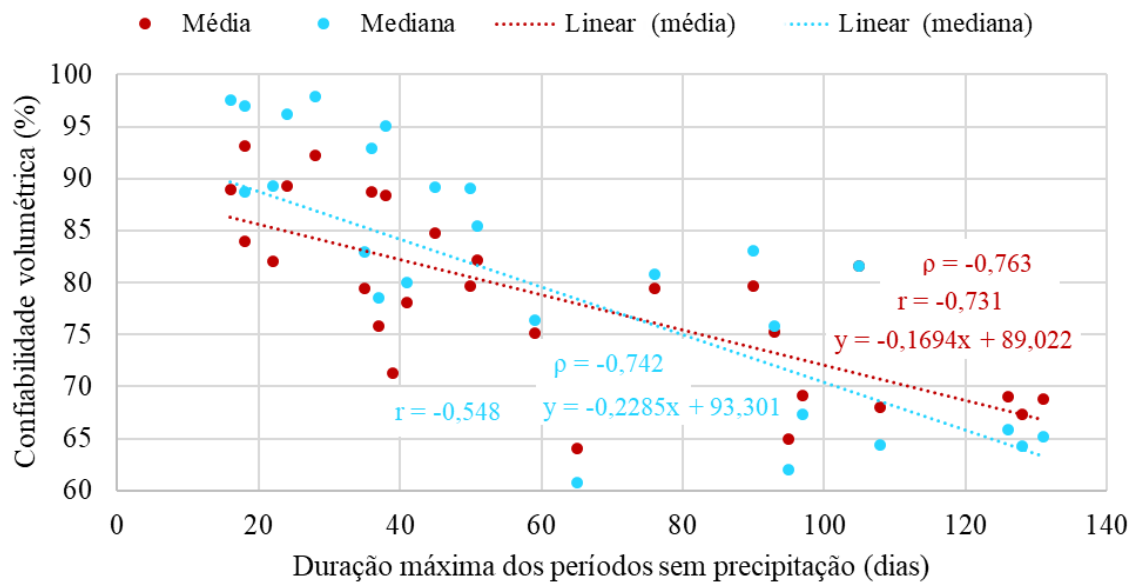


Figura D.6 - Correlação entre duração máxima dos períodos sem precipitação e confiabilidade volumétrica média e mediana dos reservatórios nas capitais brasileiras.



## RESULTADOS PARA SIMULAÇÃO ECONÔMICA

### VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Tabela D.4 - Correlação entre indicadores pluviométricos e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

Indicador Pluviométrico	valor-p		r (Pearson)		ρ (Spearman)		
	Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana	
Precipitação média anual (R)	0,170	0,120	0,150	0,010	-0,119	0,119	
Número médio de dias secos por ano (D)	0,070	0,060	0,062	0,126	0,048	-0,333	
Índice de sazonalidade (S)	0,060	0,060	0,859	0,846	-0,571	-0,548	
Períodos sem precipitação	Duração média	0,060	0,060	0,308	0,408	0,048	0,262
	Desvio padrão	0,060	0,060	0,487	0,531	-0,095	-0,333
	Coeficiente de variação	0,060	0,060	0,509	0,556	-0,214	-0,452
	Duração máxima	0,060	0,060	0,433	0,520	-0,095	-0,333

Figura D.25 - Correlação entre indicadores pluviométricos e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

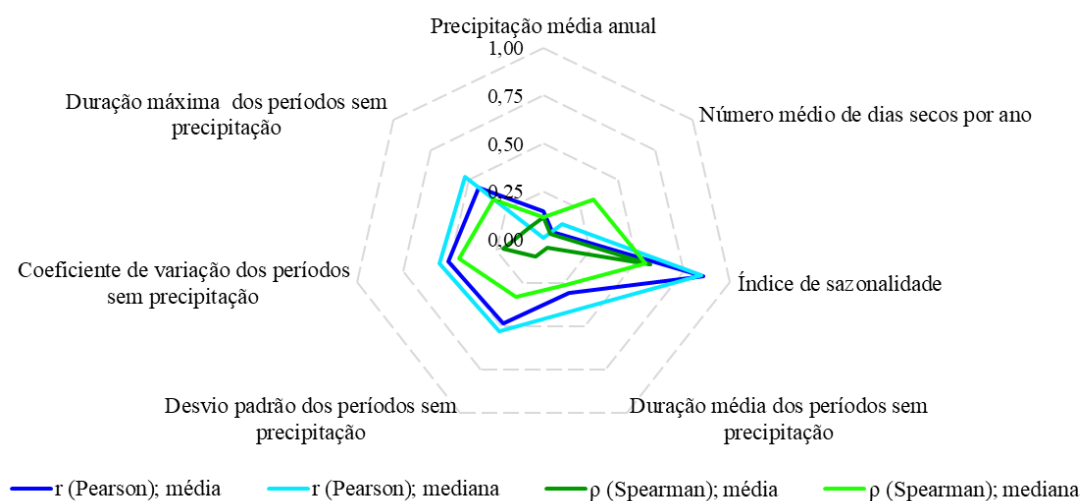


Figura D.26 - Correlação entre precipitação média anual e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

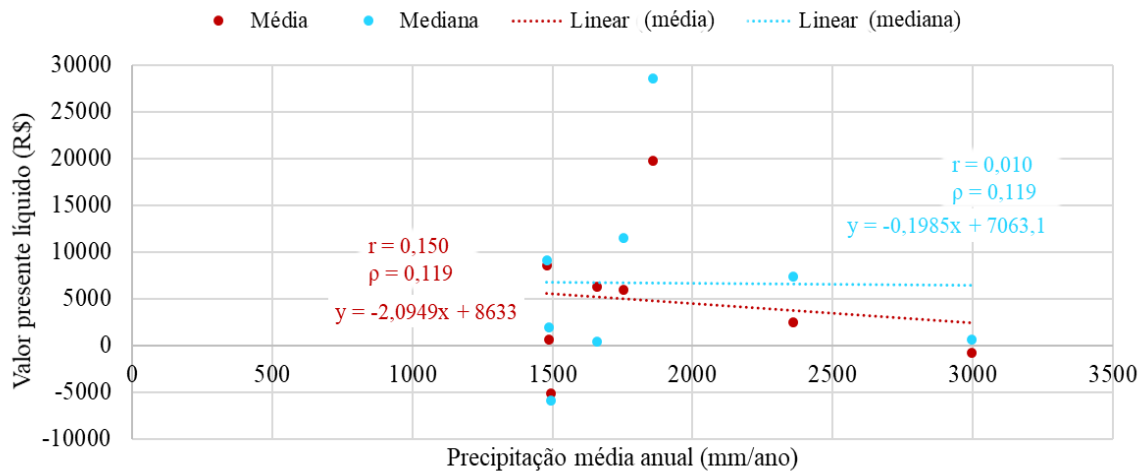


Figura D.27 - Correlação entre número médio de dias secos por ano e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

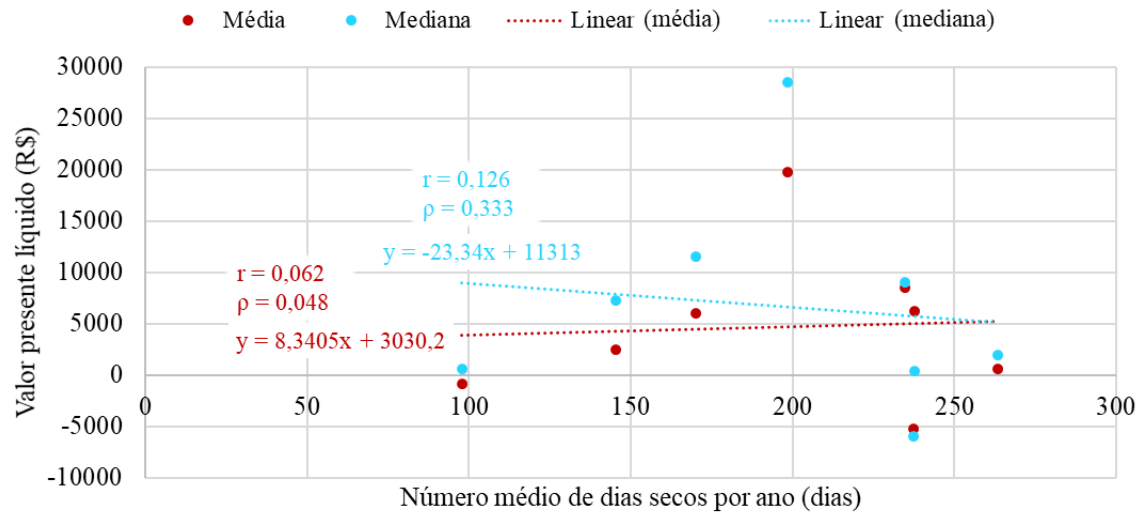


Figura D.28 - Correlação entre índice de sazonalidade e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

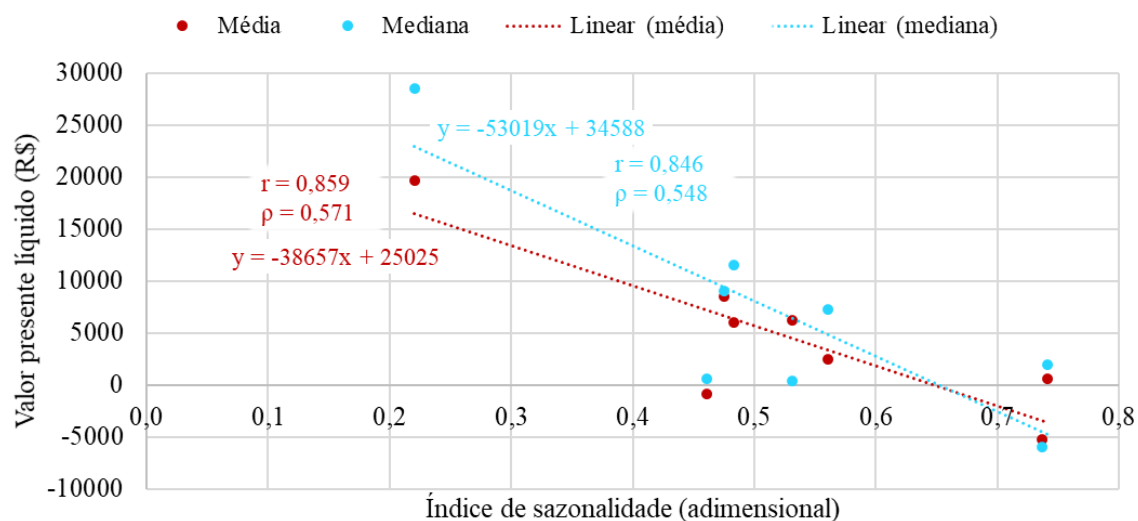


Figura D.29 - Correlação entre duração média dos períodos sem precipitação e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

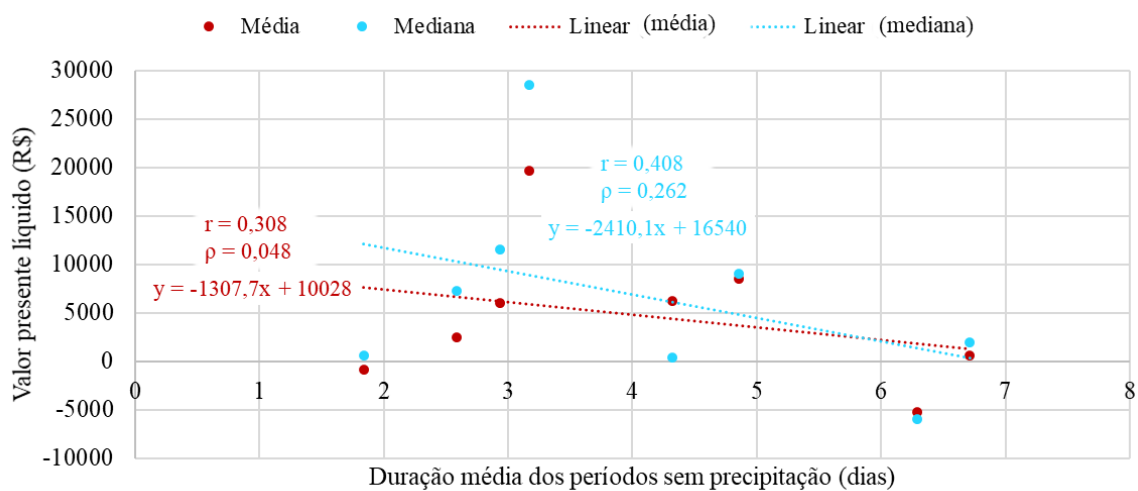


Figura D.30 - Correlação entre desvio padrão dos períodos sem precipitação e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

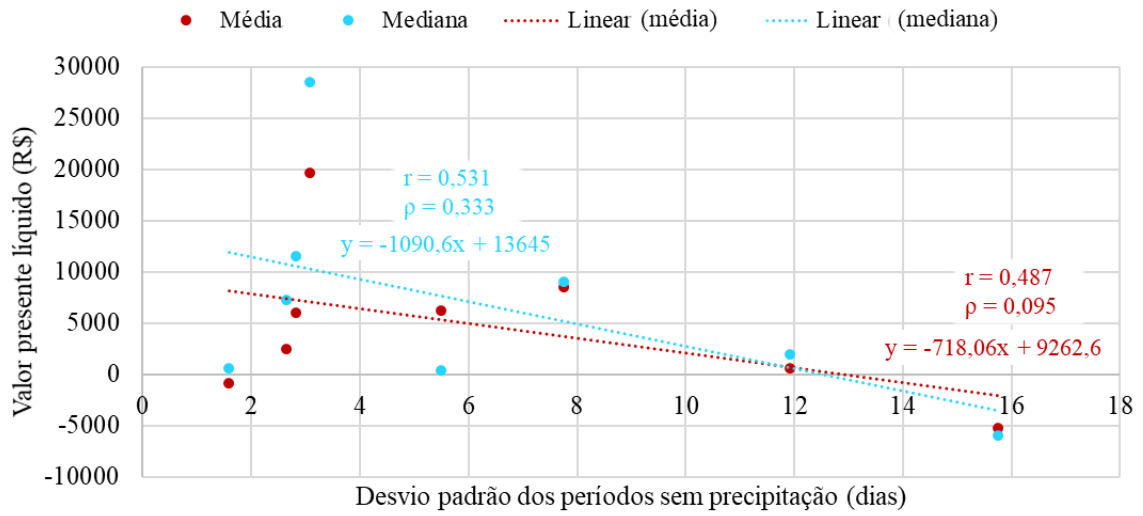


Figura D.31 - Correlação entre o coeficiente de variação dos períodos sem precipitação e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.

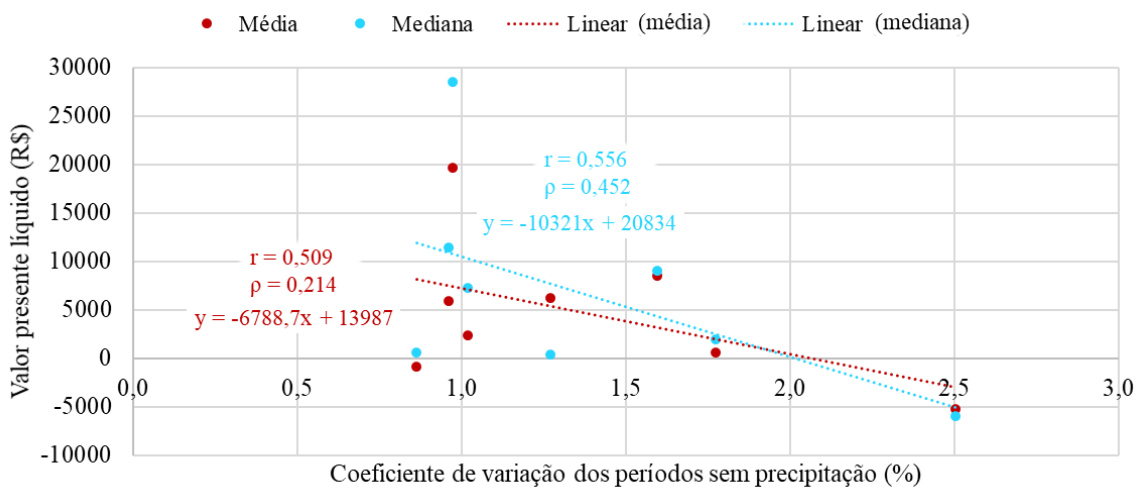
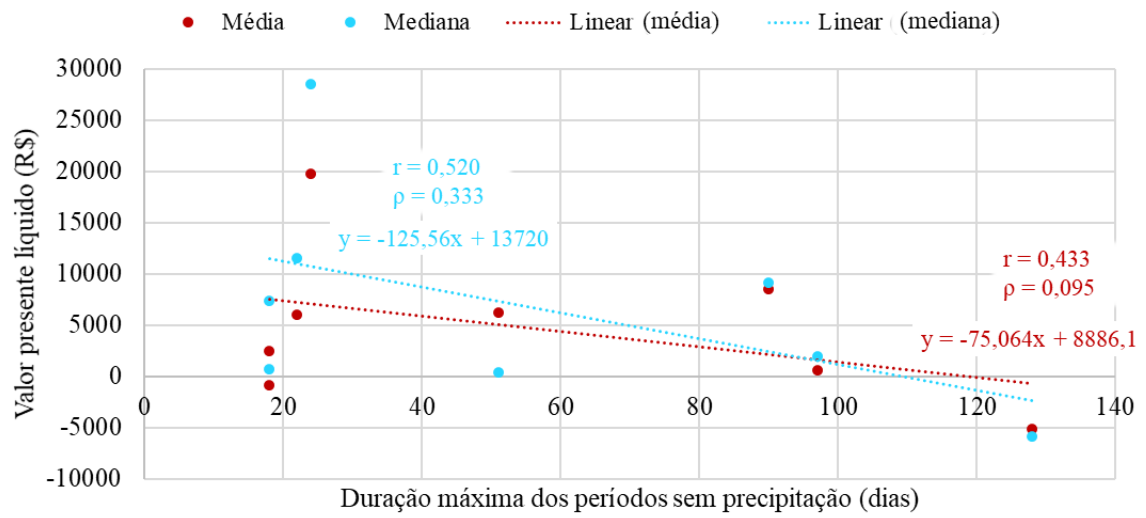


Figura D.32 - Correlação entre duração máxima dos períodos sem precipitação e valor presente líquido médio e mediano obtido nas capitais brasileiras.



## APÊNDICE E - RESULTADOS DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE (VALORES-F)

### RESULTADOS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

#### POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

Tabela E.1 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Belém - PA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	11069,43	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	318,69	0,000	0,029
Área de captação	2	254,86	0,000	0,023
Número de habitantes	5	171,27	0,000	0,015
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	67,09	0,000	0,006
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	57,12	0,000	0,005
Área de captação*Demanda de água potável	4	39,26	0,000	0,004
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	36,89	0,000	0,003
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	23,13	0,000	0,002
Área de captação*Número de habitantes	10	21,04	0,000	0,002

Figura E.1 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Belém - PA.

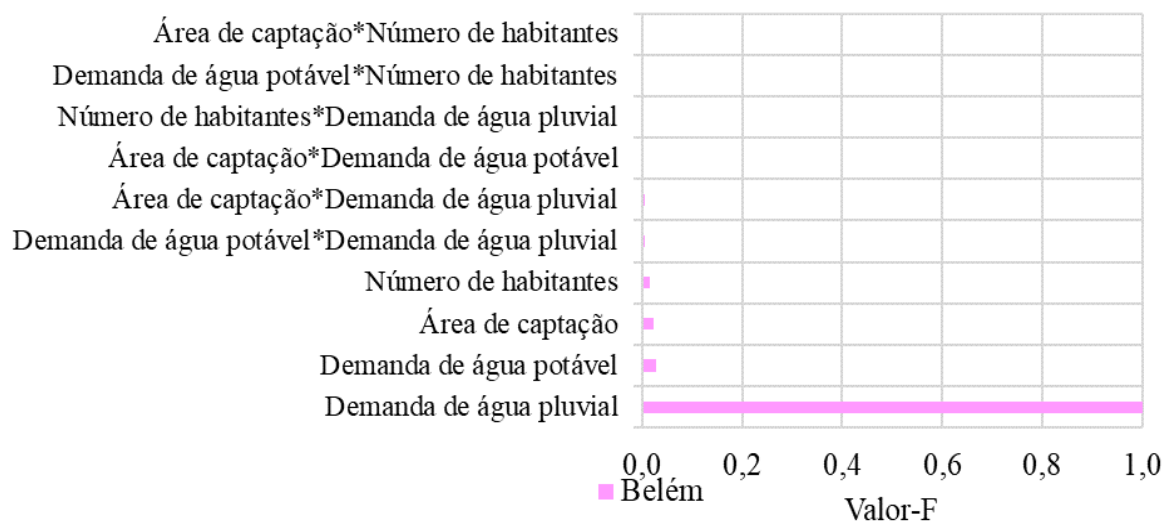




Tabela E.2 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Belo Horizonte - MG.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	6261,33	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	2873,10	0,000	0,459
Número de habitantes	5	2056,24	0,000	0,328
Área de captação	2	769,49	0,000	0,123
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	190,86	0,000	0,030
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	139,13	0,000	0,022
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	99,94	0,000	0,016
Área de captação*Demanda de água potável	4	21,33	0,000	0,003
Área de captação*Número de habitantes	10	14,90	0,000	0,002
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	10,21	0,000	0,002

Figura E.2 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Belo Horizonte - MG.

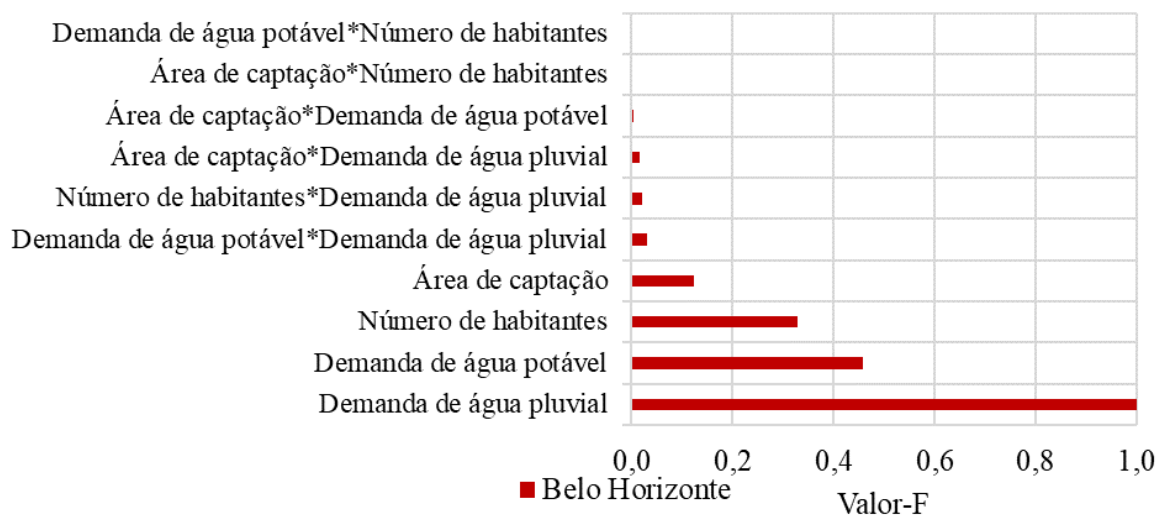


Tabela E.3 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Brasília - DF.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	2128	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	809	0,000	0,380
Número de habitantes	5	617	0,000	0,290
Área de captação	2	146	0,000	0,068
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	41,4	0,000	0,019
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	26,1	0,000	0,012
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	24,1	0,000	0,011
Área de captação*Demanda de água potável	4	6,96	0,000	0,003
Área de captação*Número de habitantes	10	4,12	0,000	0,002
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	2,86	0,002	0,001

Figura E.3 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Brasília - DF.

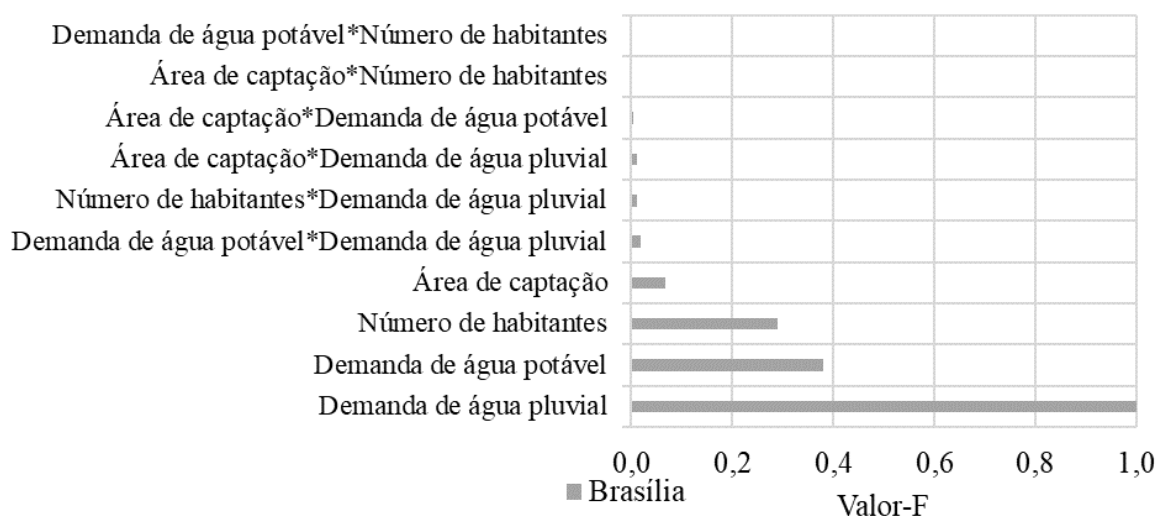


Tabela E 4 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Campo Grande - MS.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	9880,21	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	2046,88	0,000	0,207
Número de habitantes	5	1272,05	0,000	0,129
Área de captação	2	1127,44	0,000	0,114
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	253,25	0,000	0,026
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	162,66	0,000	0,016
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	159,77	0,000	0,016
Área de captação*Demanda de água potável	4	72,05	0,000	0,007
Área de captação*Número de habitantes	10	46,15	0,000	0,005
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	44,60	0,000	0,005

Figura E.4 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Campo Grande - MS.

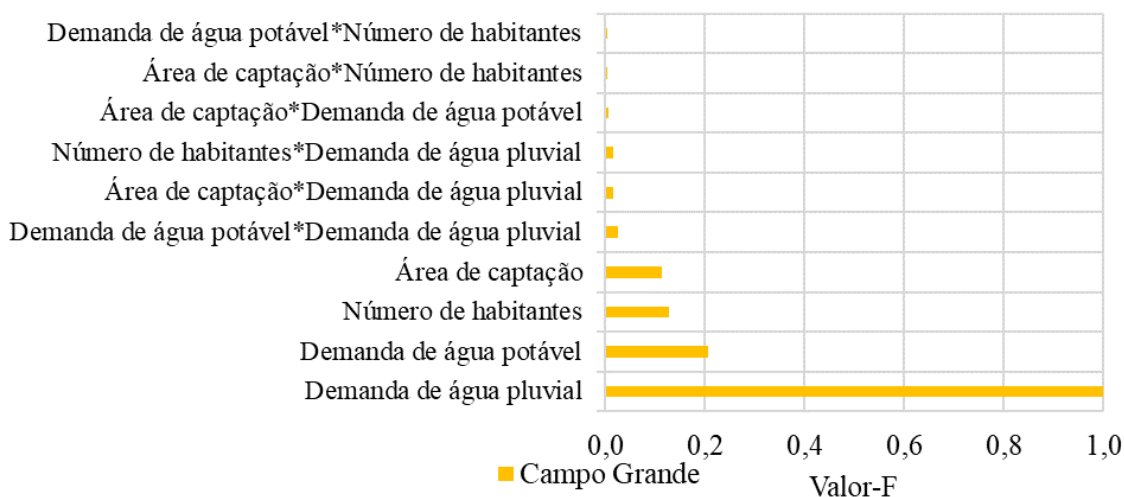


Tabela E.5 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Florianópolis - SC.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	3897,62	0	1,000
Demanda de água potável	2	404,06	0	0,104
Área de captação	2	288,59	0	0,074
Número de habitantes	5	214,68	0	0,055
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	84,72	0	0,022
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	58,61	0	0,015
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	46,67	0	0,012
Área de captação*Demanda de água potável	4	38,11	0	0,010
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	30,14	0	0,008
Área de captação*Número de habitantes	10	21,23	0	0,005

Figura E.5 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Florianópolis - SC.

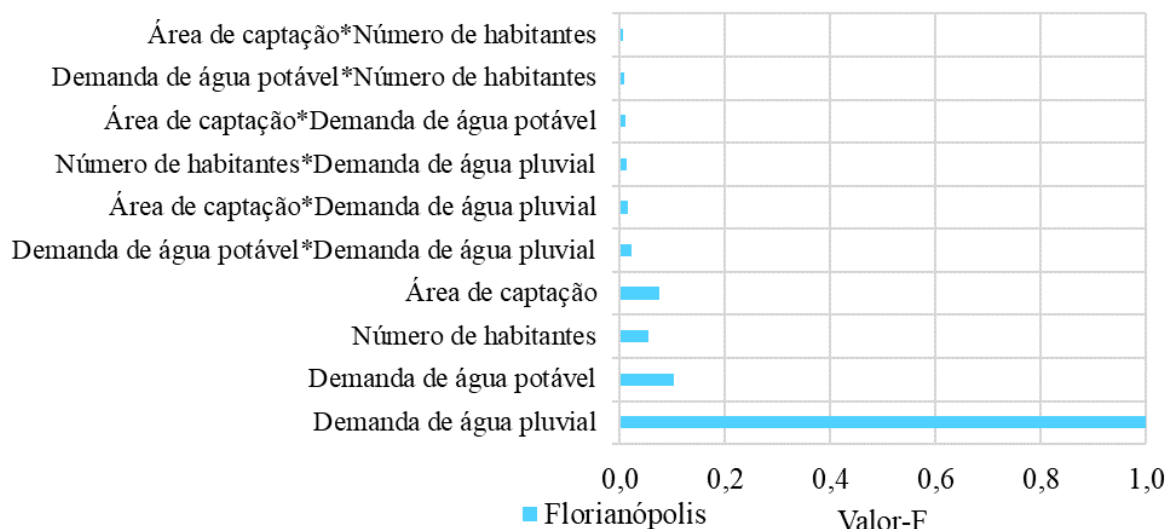


Tabela E.6 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Recife-PE.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	24295,80	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	3207,65	0,000	0,132
Número de habitantes	5	1939,28	0,000	0,080
Área de captação	2	1738,34	0,000	0,072
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	404,82	0,000	0,017
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	269,54	0,000	0,011
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	235,69	0,000	0,010
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	97,67	0,000	0,004
Área de captação*Demanda de água potável	4	72,71	0,000	0,003
Área de captação*Número de habitantes	10	59,69	0,000	0,002

Figura E.6 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Recife-PE.

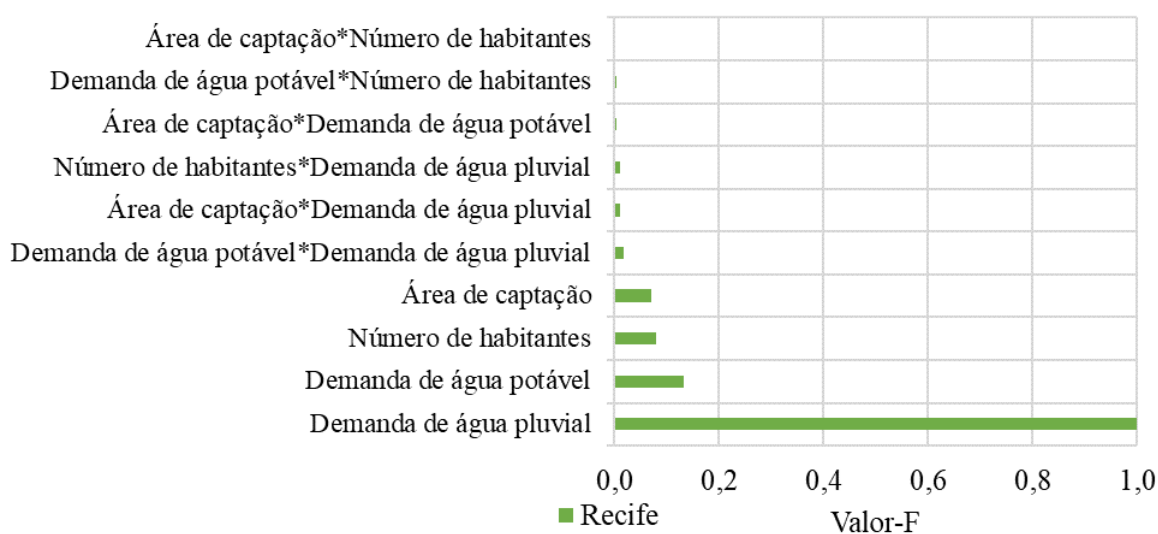


Tabela E.7 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Salvador - BA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	6813,80	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	1425,87	0,000	0,209
Área de captação	2	877,75	0,000	0,129
Número de habitantes	5	830,46	0,000	0,122
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	204,33	0,000	0,030
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	127,26	0,000	0,019
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	123,75	0,000	0,018
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	57,16	0,000	0,008
Área de captação*Demanda de água potável	4	49,78	0,000	0,007
Área de captação*Número de habitantes	10	36,36	0,000	0,005

Figura E.7 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em Salvador - BA.

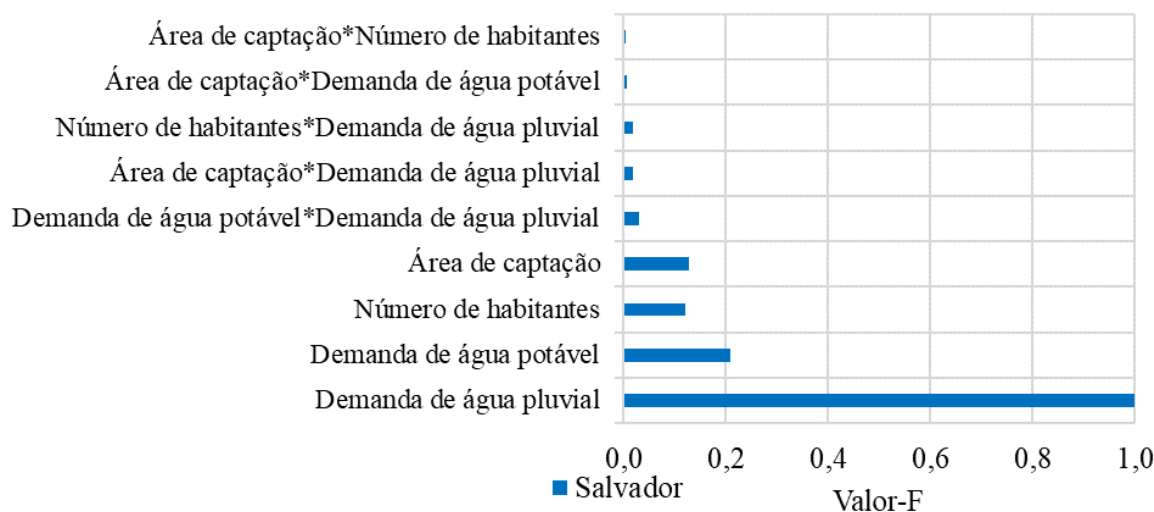
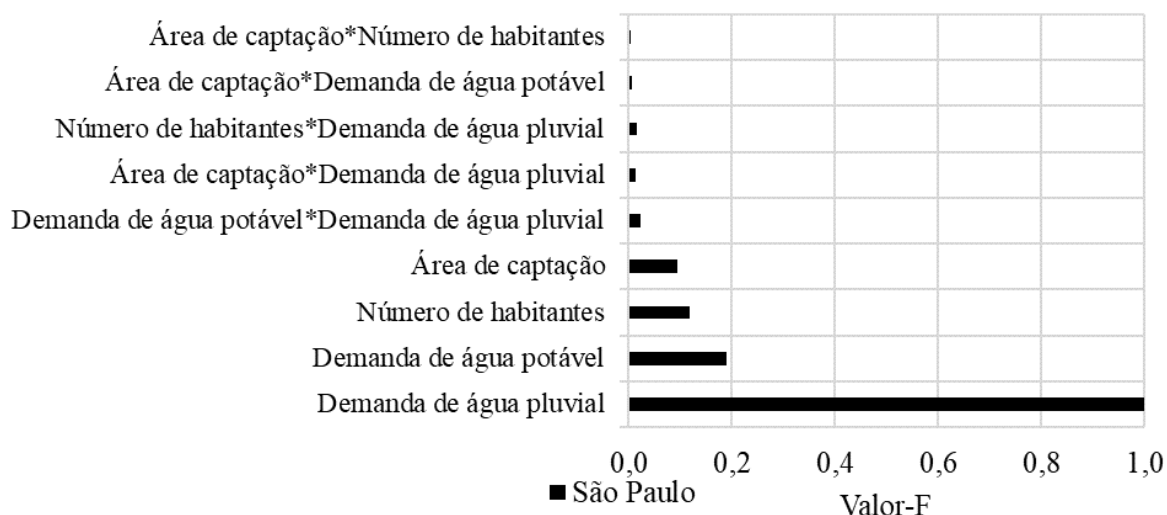


Tabela E.8 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em São Paulo - SP.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	10539,29	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	1997,28	0,000	0,190
Número de habitantes	5	1239,04	0,000	0,118
Área de captação	2	987,12	0,000	0,094
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	250,06	0,000	0,024
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	174,12	0,000	0,017
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	157,70	0,000	0,015
Área de captação*Demanda de água potável	4	70,68	0,000	0,007
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	60,96	0,000	0,006
Área de captação*Número de habitantes	10	48,09	0,000	0,005

Figura E.8 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o potencial de economia de água potável em São Paulo - SP.



## VOLUME IDEAL DO RESERVATÓRIO

Tabela E.9 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Belém - PA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	334,84	0,000	1,000
Número de habitantes	5	246,23	0,000	0,735
Demanda de água pluvial	2	212,99	0,000	0,636
Área de captação	2	12,08	0,000	0,036
Área de captação*Demanda de água potável	4	11,27	0,000	0,034
Área de captação*Número de habitantes	10	4,81	0,000	0,014
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	4,41	0,002	0,013
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	3,42	0,000	0,010
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	1,47	0,149	0,004
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	1,20	0,310	0,004

Figura E.9 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Belém - PA.

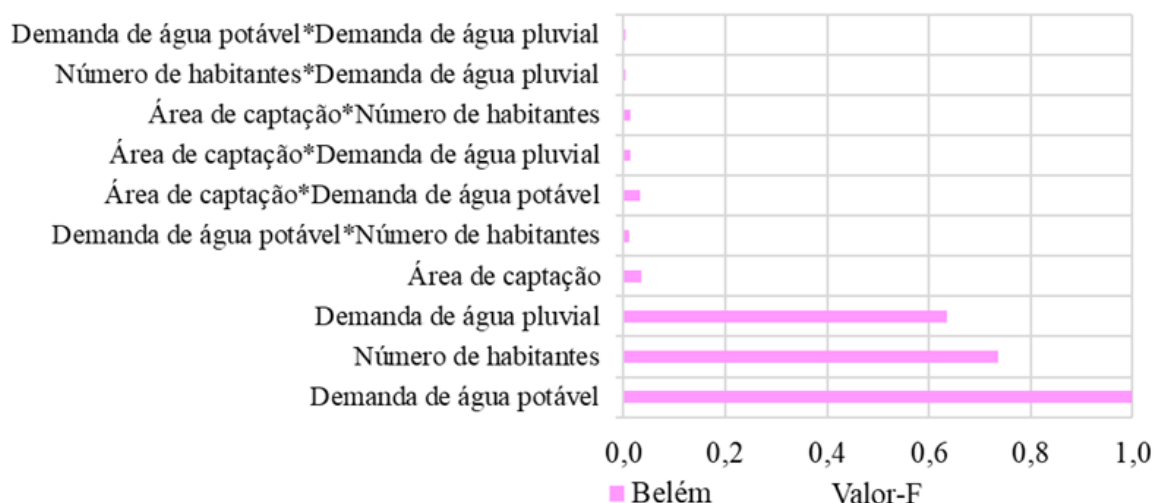


Tabela E.10 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Belo Horizonte - MG.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Área de captação	2	17,79	0,000	1,000
Demanda de água pluvial	2	14,81	0,000	0,832
Número de habitantes	5	10,80	0,000	0,607
Demanda de água potável	2	10,35	0,000	0,582
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	8,17	0,000	0,459
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	4,27	0,002	0,240
Área de captação*Demanda de água potável	4	3,73	0,006	0,210
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	3,06	0,001	0,172
Área de captação*Número de habitantes	10	2,64	0,004	0,148
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	0,36	0,838	0,020

Figura E.10 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Belo Horizonte - MG.

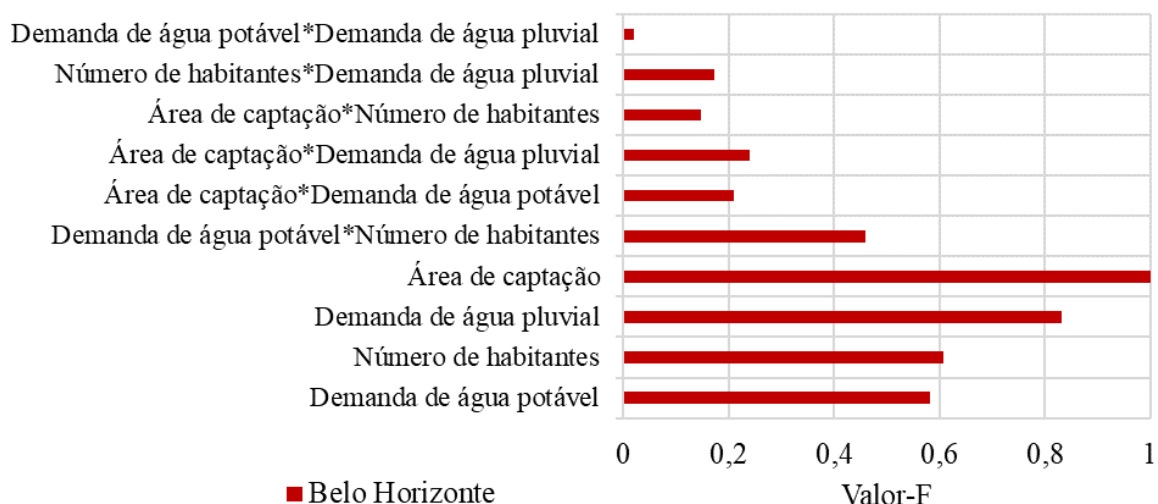


Tabela E.11 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Brasília - DF.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água pluvial	2	16,34	0,000	1,000
Número de habitantes	5	14,08	0,000	0,862
Demanda de água potável	2	10,26	0,000	0,628
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	5,85	0,000	0,358
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	3,37	0,000	0,206
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	1,17	0,326	0,072
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	1,12	0,347	0,069
Área de captação*Demanda de água potável	4	0,73	0,569	0,045
Área de captação*Número de habitantes	10	0,59	0,821	0,036
Área de captação	2	0,29	0,745	0,018

Figura E.11 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Brasília - DF.

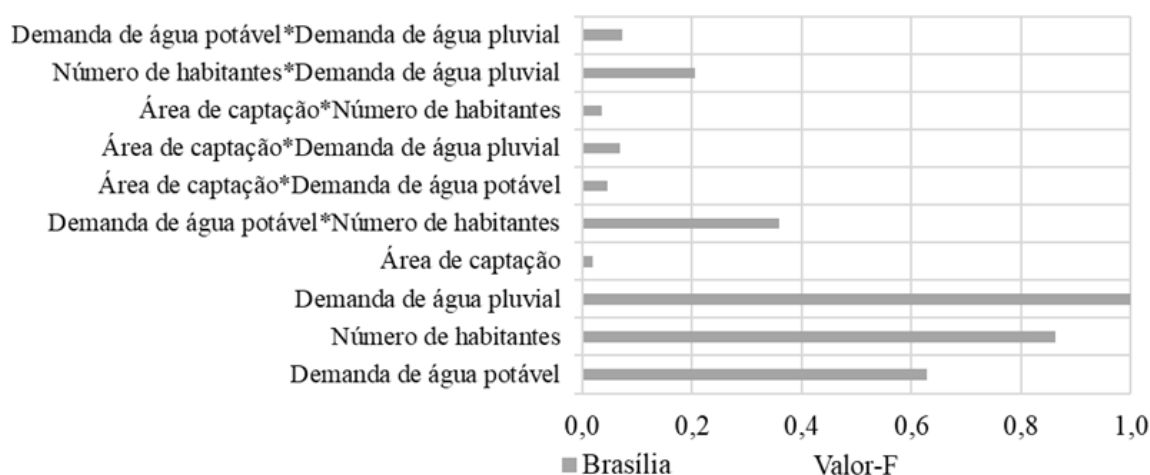


Tabela E.12 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Campo Grande - MS.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Área de captação	2	159,85	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	108,76	0,000	0,680
Número de habitantes	5	82,79	0,000	0,518
Demanda de água pluvial	2	53,01	0,000	0,332
Área de captação*Demanda de água potável	4	26,70	0,000	0,167
Área de captação*Número de habitantes	10	16,81	0,000	0,105
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	13,29	0,000	0,083
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	4,65	0,000	0,029
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	3,48	0,000	0,022
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	2,61	0,000	0,016

Figura E.12 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Campo Grande - MS.

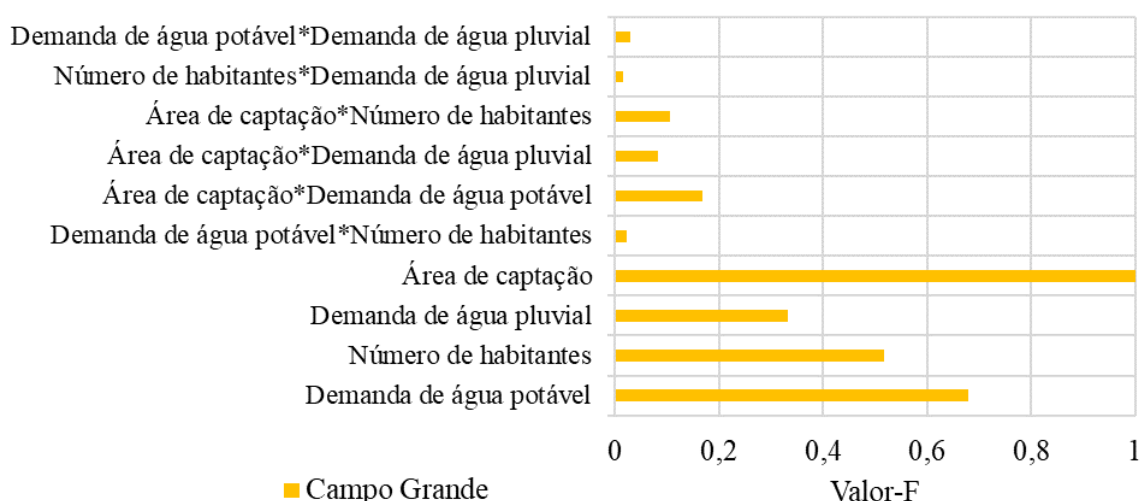


Tabela E.13 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Florianópolis - SC.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	205,03	0,000	1,000
Número de habitantes	5	159,41	0,000	0,777
Demanda de água pluvial	2	107,99	0,000	0,527
Área de captação	2	16,43	0,000	0,080
Área de captação*Demanda de água potável	4	16,29	0,000	0,079
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	10,67	0,000	0,052
Área de captação*Número de habitantes	10	6,23	0,000	0,030
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	5,10	0,000	0,025
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	3,08	0,000	0,015
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	2,99	0,000	0,015

Figura E.13 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Florianópolis - SC.

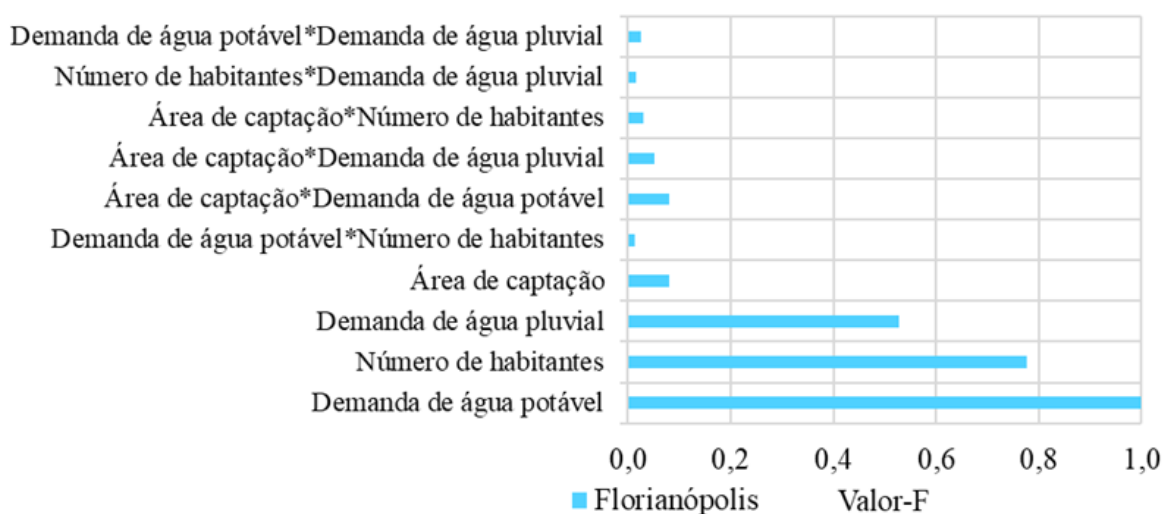




Tabela E.14 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Recife - PE.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	5	221,65	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	212,24	0,000	0,958
Demanda de água pluvial	2	95,48	0,000	0,431
Área de captação	2	27,45	0,000	0,124
Área de captação*Demanda de água potável	4	19,51	0,000	0,088
Área de captação*Número de habitantes	10	14,45	0,000	0,065
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	10,77	0,000	0,049
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	9,35	0,000	0,042
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	9,15	0,000	0,041
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	5,49	0,000	0,025

Figura E.14 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Recife - PE.

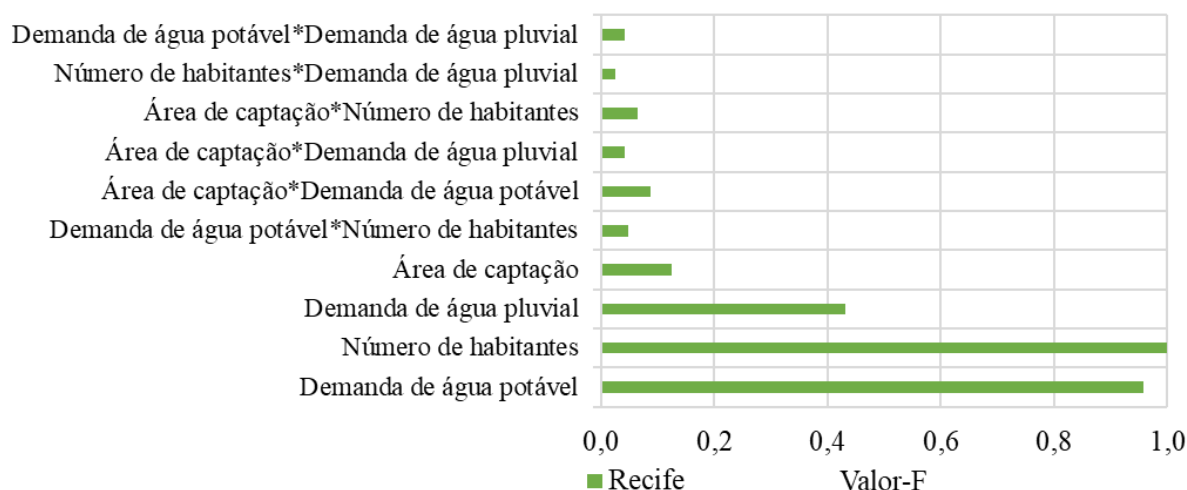


Tabela E.15 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Salvador - BA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	5	151,93	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	146,77	0,000	0,966
Demanda de água pluvial	2	79,08	0,000	0,521
Área de captação	2	50,02	0,000	0,329
Área de captação*Demanda de água potável	4	23,83	0,000	0,157
Área de captação*Número de habitantes	10	14,09	0,000	0,093
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	13,32	0,000	0,088
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	12,97	0,000	0,085
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	12,77	0,000	0,084
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	5,88	0,000	0,039

Figura E.15 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em Salvador - BA.

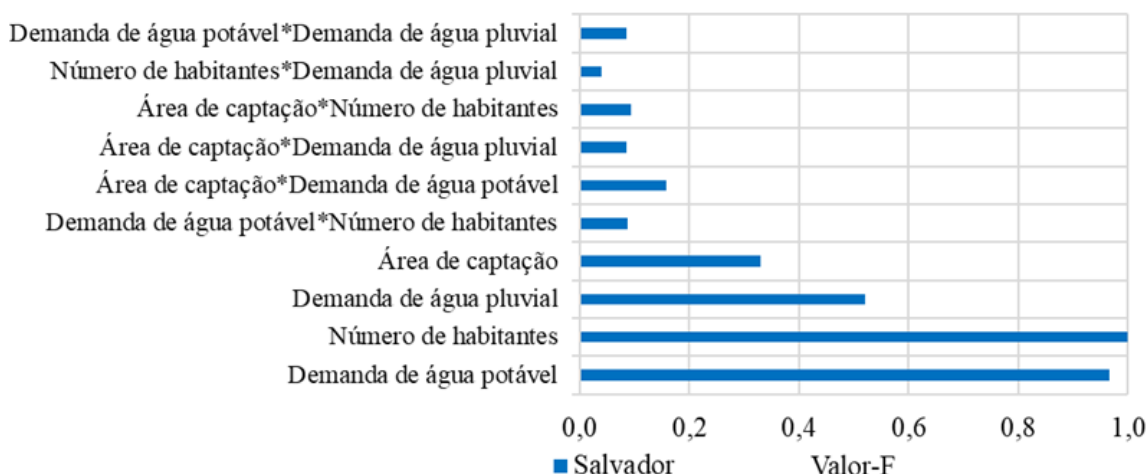
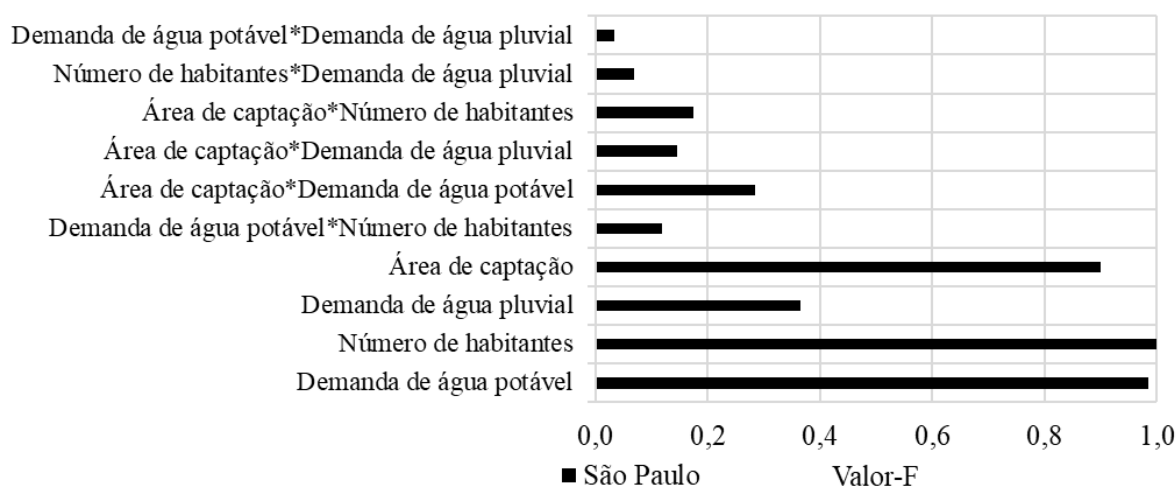


Tabela E.16 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em São Paulo - SP.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	5	102,46	0,000	1,000
Demanda de água potável	2	100,93	0,000	0,985
Área de captação	2	92,13	0,000	0,899
Demanda de água pluvial	2	37,46	0,000	0,366
Área de captação*Demanda de água potável	4	29,16	0,000	0,285
Área de captação*Número de habitantes	10	17,78	0,000	0,174
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	14,89	0,000	0,145
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	12,17	0,000	0,119
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	6,92	0,000	0,068
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	3,49	0,000	0,034

Figura E.16 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o volume ideal do reservatório em São Paulo - SP.



## CONFIABILIDADE VOLUMÉTRICA

Tabela E.17 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Belém - PA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	616,01	0,000	1,000
Área de captação	2	483,58	0,000	0,785
Demanda de água pluvial	2	390,84	0,000	0,634
Número de habitantes	5	329,34	0,000	0,535
Área de captação*Demanda de água potável	4	79,88	0,000	0,130
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	51,38	0,000	0,083
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	47,05	0,000	0,076
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	46,91	0,000	0,076
Área de captação*Número de habitantes	10	42,26	0,000	0,069
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	28,84	0,000	0,047

Figura E.17 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Belém - PA.

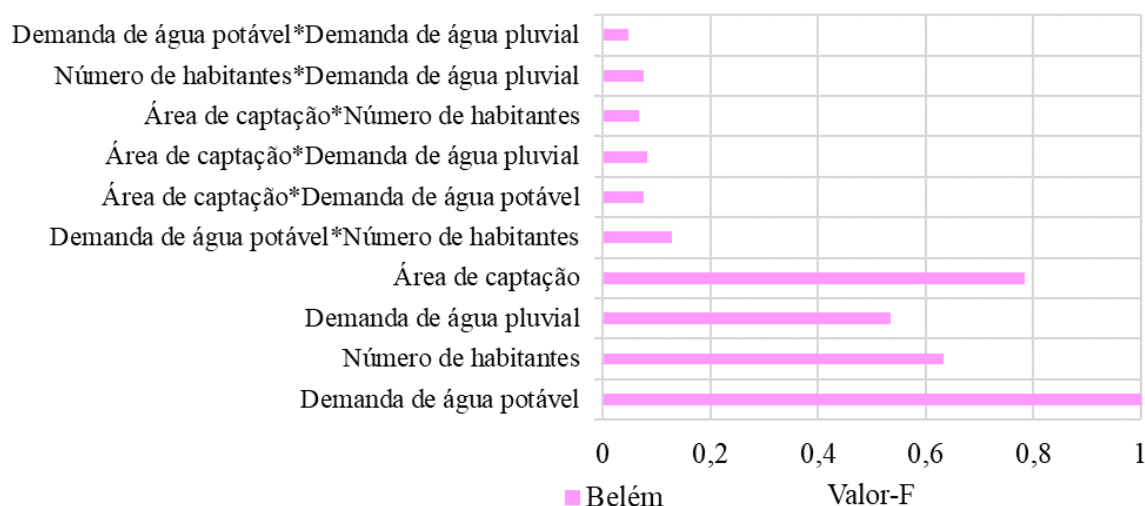


Tabela E.18 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Belo Horizonte - MG.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	1706,09	0,000	1,000
Número de habitantes	5	1216,33	0,000	0,713
Demanda de água pluvial	2	1088,75	0,000	0,638
Área de captação	2	406,79	0,000	0,238
Área de captação*Demanda de água potável	4	13,35	0,000	0,008
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	12,20	0,000	0,007
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	11,10	0,000	0,007
Área de captação*Número de habitantes	10	10,17	0,000	0,006
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	5,07	0,000	0,003
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	2,14	0,076	0,001

Figura E.18 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Belo Horizonte - MG.

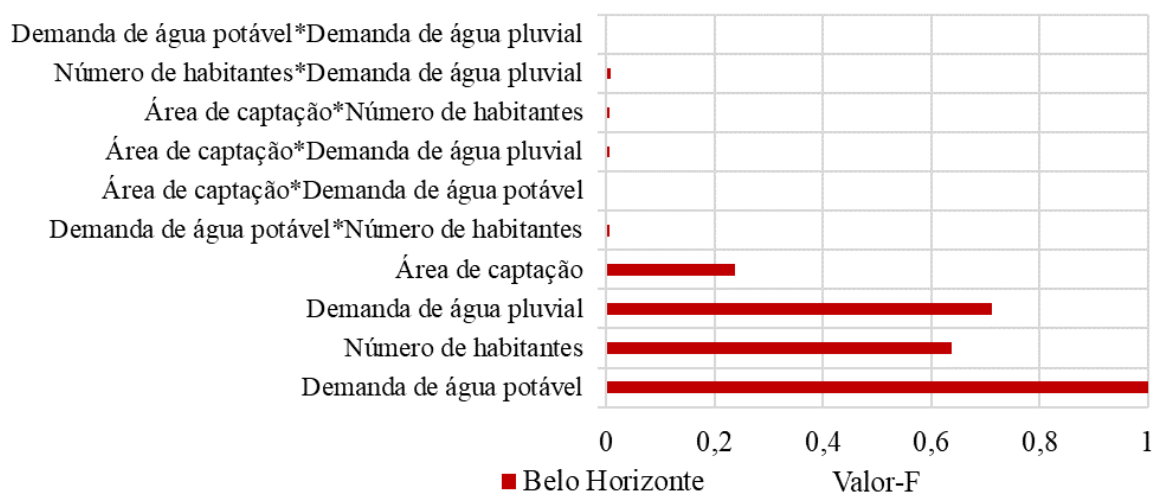


Tabela E.19 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Brasília - DF.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	622,03	0,000	1,000
Número de habitantes	5	484,93	0,000	0,780
Demanda de água pluvial	2	428,25	0,000	0,688
Área de captação	2	91,94	0,000	0,148
Área de captação*Demanda de água potável	4	4,77	0,001	0,008
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	4,31	0,002	0,007
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	4,07	0,000	0,007
Área de captação*Número de habitantes	10	3,16	0,001	0,005
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	2,48	0,007	0,004
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	0,49	0,744	0,001

Figura E.19 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Brasília - DF.

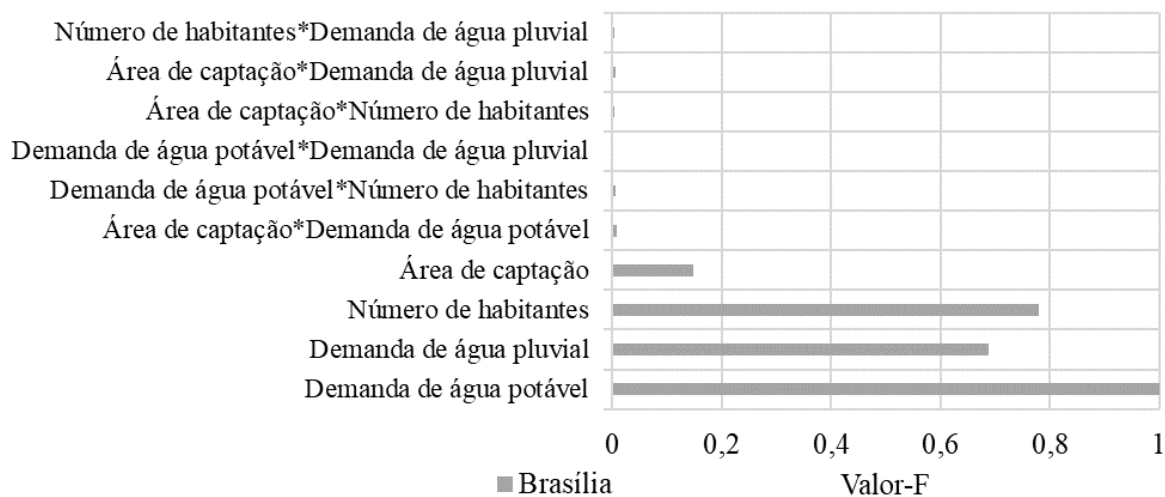


Tabela E.20 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Campo Grande - MS.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	5530,47	0,000	1,000
Número de habitantes	5	3417,44	0,000	0,618
Demanda de água pluvial	2	3402,97	0,000	0,615
Área de captação	2	2934,63	0,000	0,531
Área de captação*Demanda de água potável	4	205,43	0,000	0,037
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	135,54	0,000	0,025
Área de captação*Número de habitantes	10	131,82	0,000	0,024
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	118,08	0,000	0,021
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	108,22	0,000	0,020
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	82,28	0,000	0,015

Figura E.20 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Campo Grande - MS.

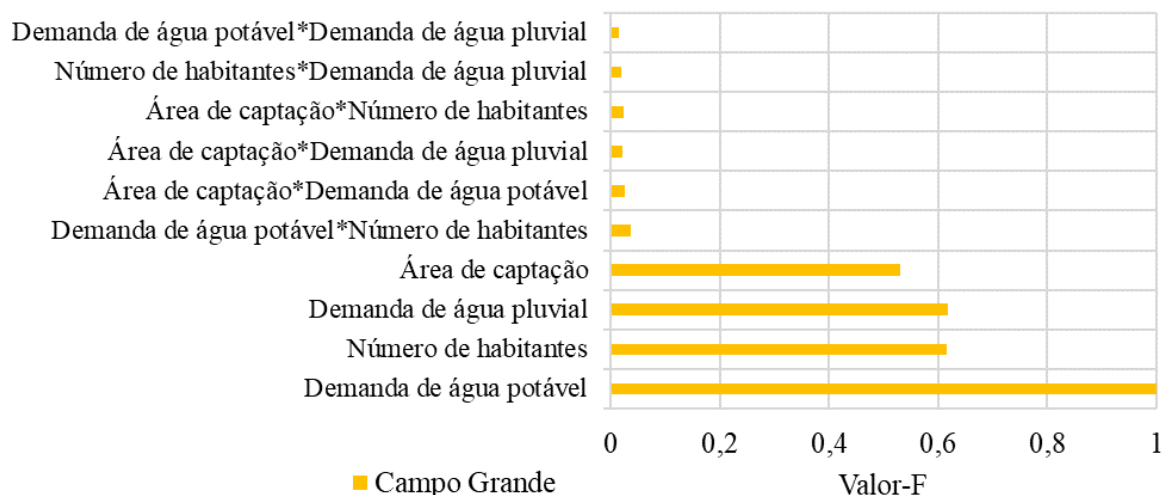


Tabela E.21 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Florianópolis - SC.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	705,75	0,000	1,000
Área de captação	2	505,86	0,000	0,717
Demanda de água pluvial	2	448,83	0,000	0,636
Número de habitantes	5	372,62	0,000	0,528
Área de captação*Demanda de água potável	4	75,16	0,000	0,106
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	60,54	0,000	0,086
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	56,50	0,000	0,080
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	42,00	0,000	0,060
Área de captação*Número de habitantes	10	40,93	0,000	0,058
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	33,88	0,000	0,048

Figura E.21 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Florianópolis - SC.

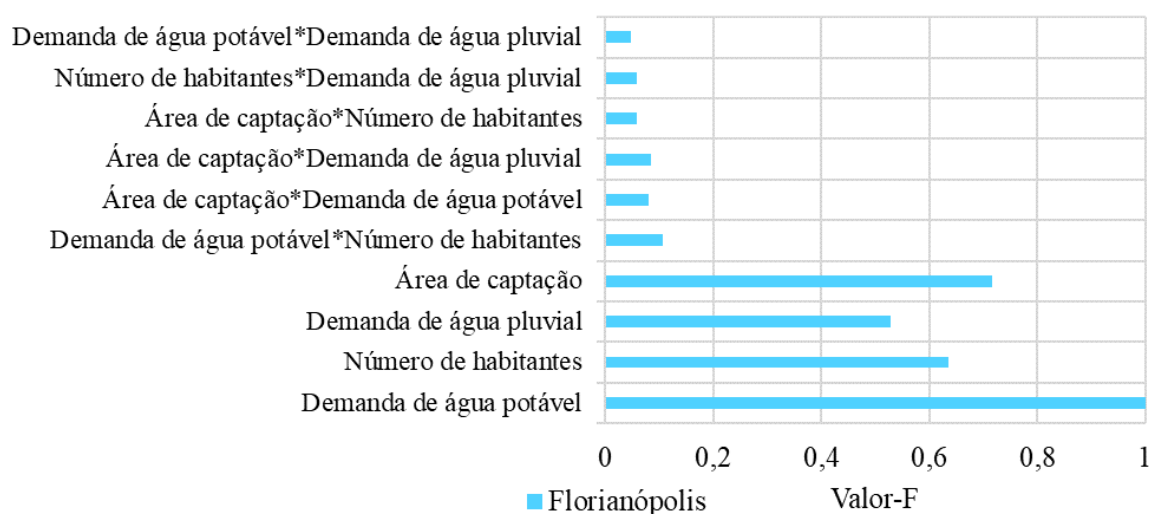


Tabela E.22 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Recife - PE.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	6871,26	0,000	1,000
Demanda de água pluvial	2	4248,69	0,000	0,618
Número de habitantes	5	4084,74	0,000	0,594
Área de captação	2	3673,33	0,000	0,535
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	243,76	0,000	0,035
Área de captação*Demanda de água potável	4	186,77	0,000	0,027
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	173,44	0,000	0,025
Área de captação*Número de habitantes	10	144,05	0,000	0,021
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	134,89	0,000	0,020
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	109,41	0,000	0,016

Figura E.22 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Recife - PE.

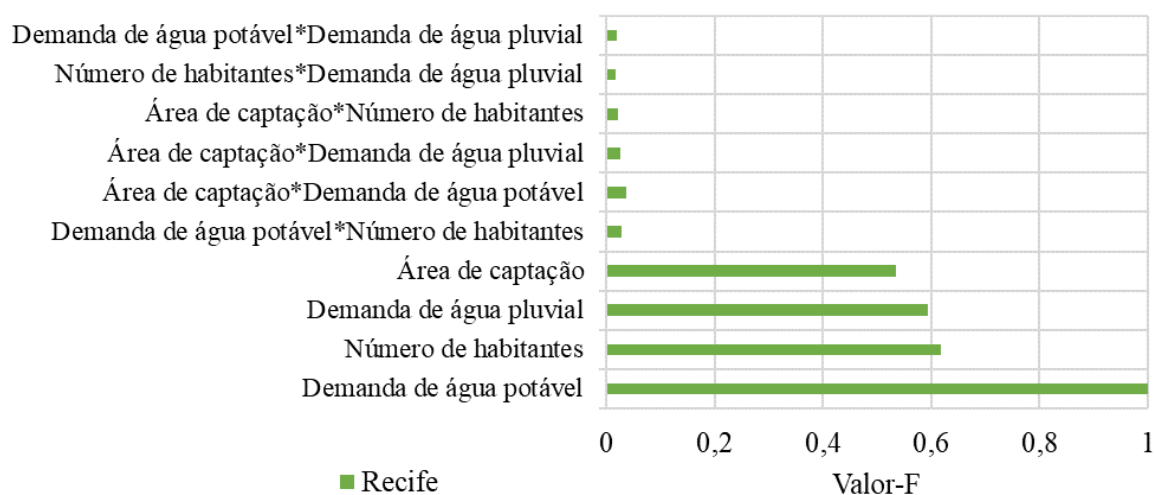


Tabela E.23 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Salvador - BA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	2916,95	0,000	1,000
Área de captação	2	1796,84	0,000	0,616
Demanda de água pluvial	2	1770,56	0,000	0,607
Número de habitantes	5	1677,84	0,000	0,575
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	128,15	0,000	0,044
Área de captação*Demanda de água potável	4	122,59	0,000	0,042
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	104,38	0,000	0,036
Área de captação*Número de habitantes	10	83,50	0,000	0,029
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	70,16	0,000	0,024
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	63,86	0,000	0,022

Figura E.23 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em Salvador - BA.

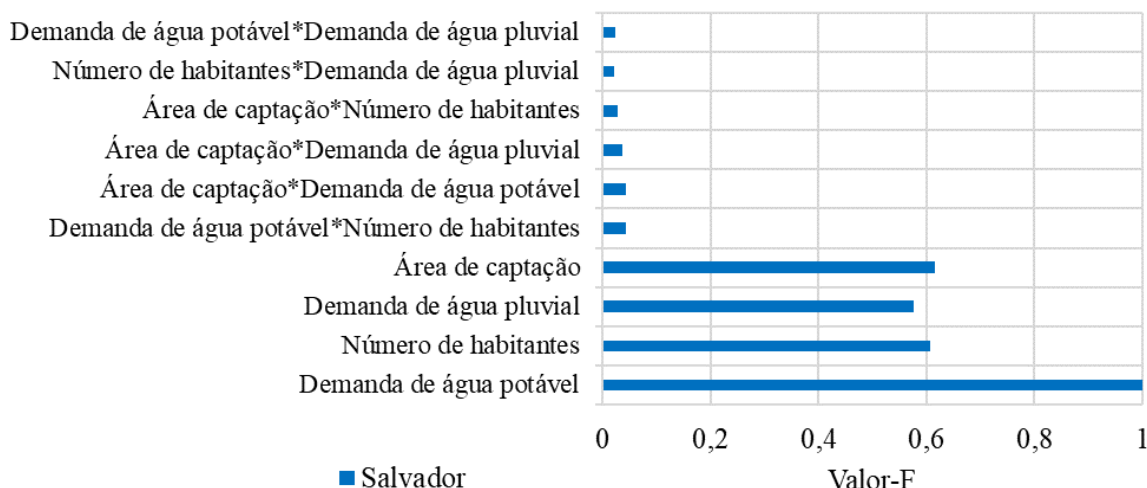
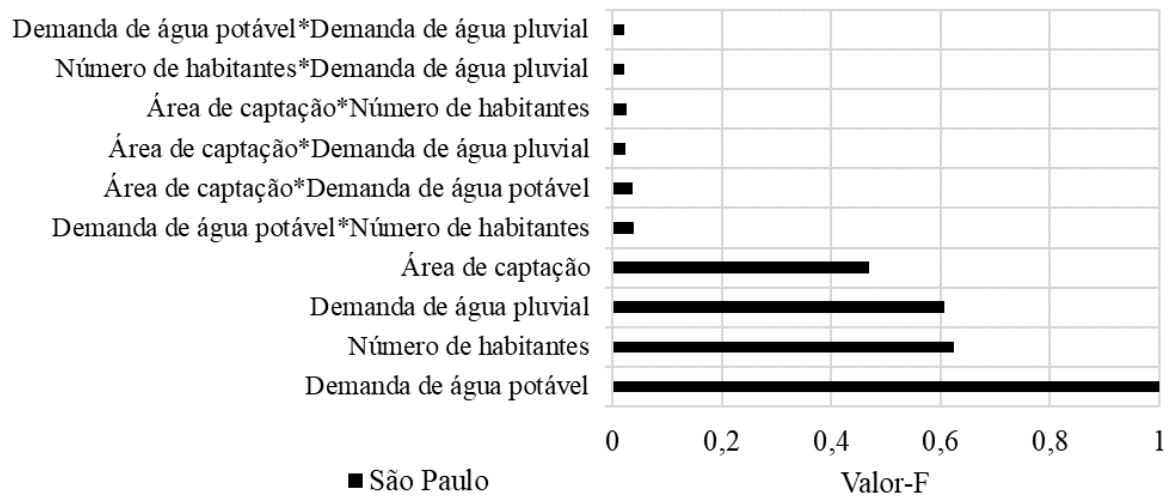


Tabela E.24 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em São Paulo - SP.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Demanda de água potável	2	4642,66	0,000	1,000
Demanda de água pluvial	2	2901,60	0,000	0,625
Número de habitantes	5	2813,50	0,000	0,606
Área de captação	2	2175,10	0,000	0,469
Área de captação*Demanda de água potável	4	178,65	0,000	0,038
Demanda de água potável*Número de habitantes	10	164,77	0,000	0,035
Área de captação*Número de habitantes	10	116,66	0,000	0,025
Demanda de água potável*Demanda de água pluvial	4	108,09	0,000	0,023
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	101,73	0,000	0,022
Número de habitantes*Demanda de água pluvial	10	95,53	0,000	0,021

Figura E.24 - Valores-F das variáveis de projeto sobre a confiabilidade volumétrica dos reservatórios em São Paulo - SP.





## RESULTADOS PARA SIMULAÇÃO ECONÔMICA

### VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Tabela E.25 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Belém-PA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	20,990	0,001	1,000
Reservatório inferior	4	9,930	0,003	0,473
Demanda de água pluvial	2	7,070	0,017	0,337
Área de captação	2	2,970	0,108	0,141
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	0,650	0,641	0,031
Área de captação*Número de habitantes	4	0,560	0,698	0,027

Figura E.25 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Belém-PA.

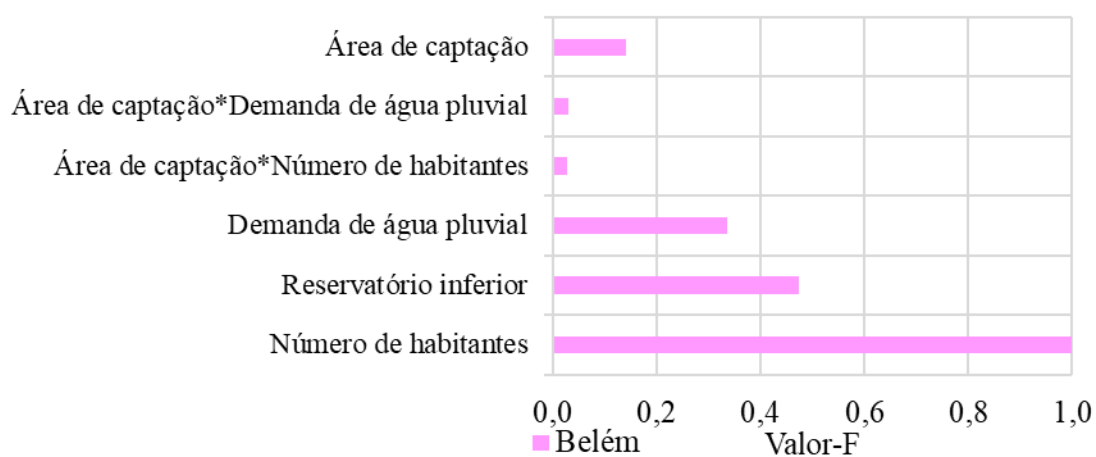


Tabela E.26 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Belo Horizonte-MG.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	26,300	0,000	1,000
Demanda de água pluvial	2	8,460	0,011	0,322
Reservatório inferior	4	8,380	0,006	0,319
Área de captação*Número de habitantes	4	1,890	0,205	0,072
Área de captação	2	0,410	0,679	0,016
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	0,310	0,864	0,012

Figura E.266 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Belo Horizonte-MG.

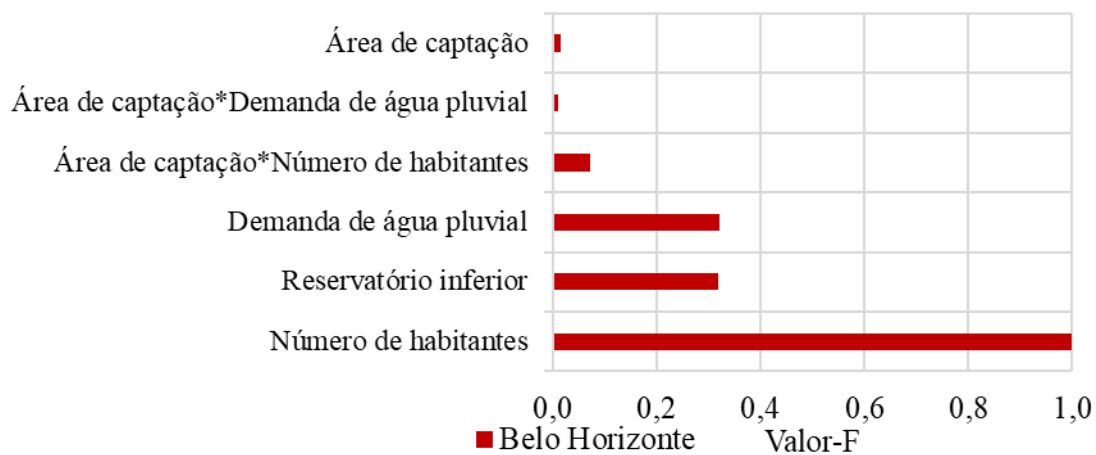


Tabela E.27 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Brasília-DF.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor-F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	26,360	0,000	1,000
Reservatório inferior	4	16,880	0,001	0,640
Demanda de água pluvial	2	9,170	0,009	0,348
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	1,960	0,194	0,074
Área de captação*Número de habitantes	4	1,900	0,203	0,072
Área de captação	2	0,160	0,853	0,006

Figura E.277 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Brasília-DF.

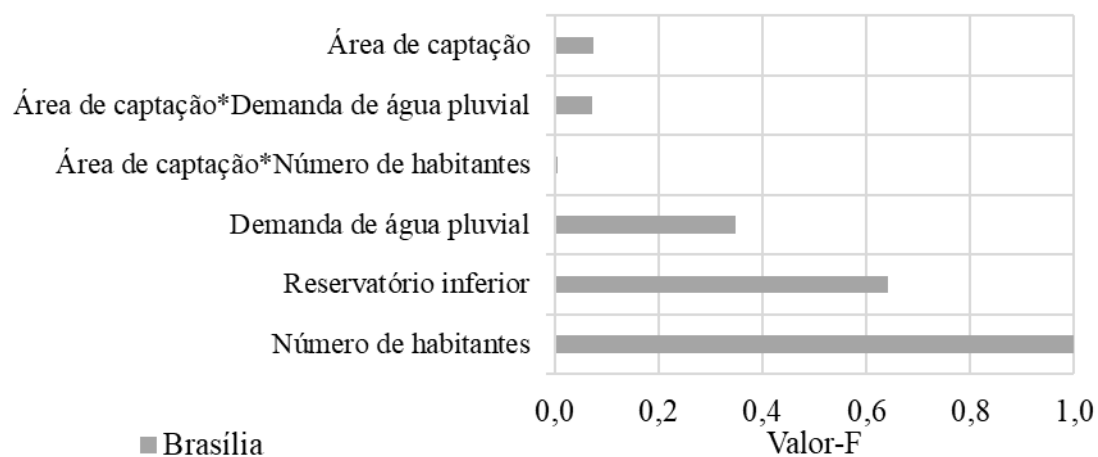


Tabela E.28 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Campo Grande-MS.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	121,060	0,000	1,000
Demanda de água pluvial	2	54,860	0,000	0,453
Reservatório inferior	4	32,950	0,000	0,272
Área de captação*Número de habitantes	4	18,230	0,000	0,151
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	8,870	0,005	0,073
Área de captação	2	3,210	0,095	0,027

Figura E.288 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Campo Grande-MS.

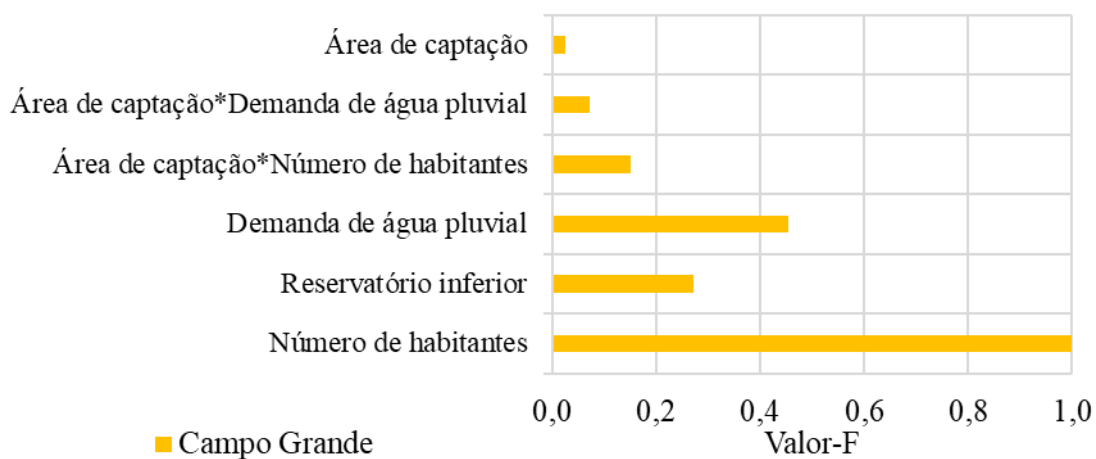


Tabela E.29 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Florianópolis-SC.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	38,960	0,000	1,000
Reservatório inferior	4	17,600	0,000	0,452
Demanda de água pluvial	2	13,640	0,003	0,350
Área de captação*Número de habitantes	4	3,180	0,077	0,082
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	2,200	0,160	0,056
Área de captação	2	0,180	0,835	0,005

Figura E.299 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Florianópolis-SC.

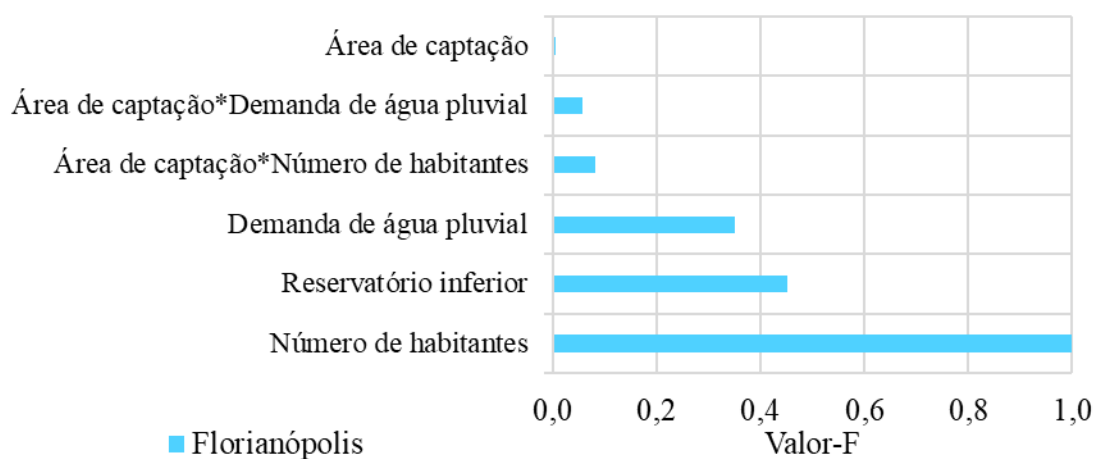


Tabela E.29 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Recife-PE.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	26,900	0,000	1,000
Reservatório inferior	4	12,760	0,002	0,474
Demanda de água pluvial	2	6,560	0,021	0,244
Área de captação*Número de habitantes	4	1,600	0,264	0,059
Área de captação	2	1,500	0,280	0,056
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	1,070	0,432	0,040

Figura E.309 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Recife-PE.

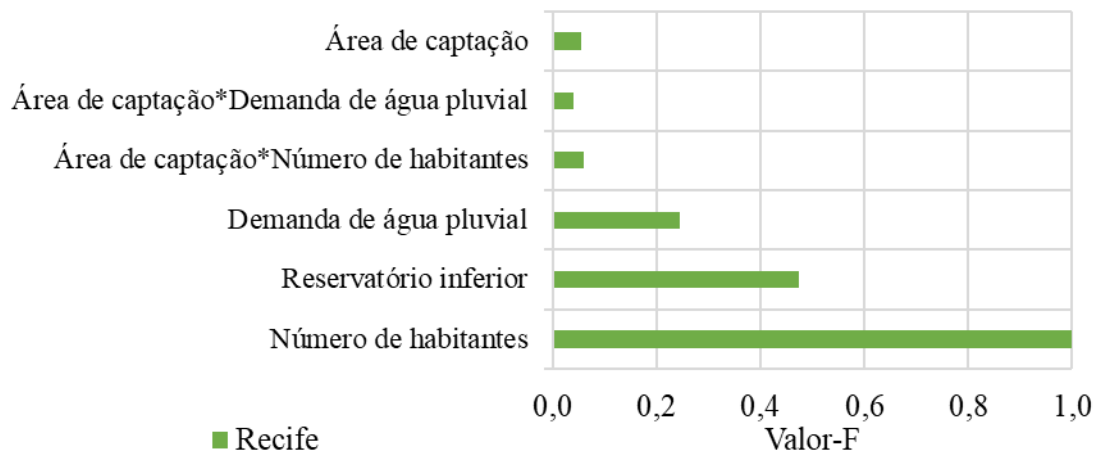


Tabela E.29 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Salvador-BA.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	40,770	0,000	1,000
Reservatório inferior	4	15,380	0,001	0,377
Demanda de água pluvial	2	8,120	0,012	0,199
Área de captação*Número de habitantes	4	3,990	0,046	0,098
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	2,370	0,139	0,058
Área de captação	2	0,240	0,790	0,006

Figura E.319 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em Salvador-BA.

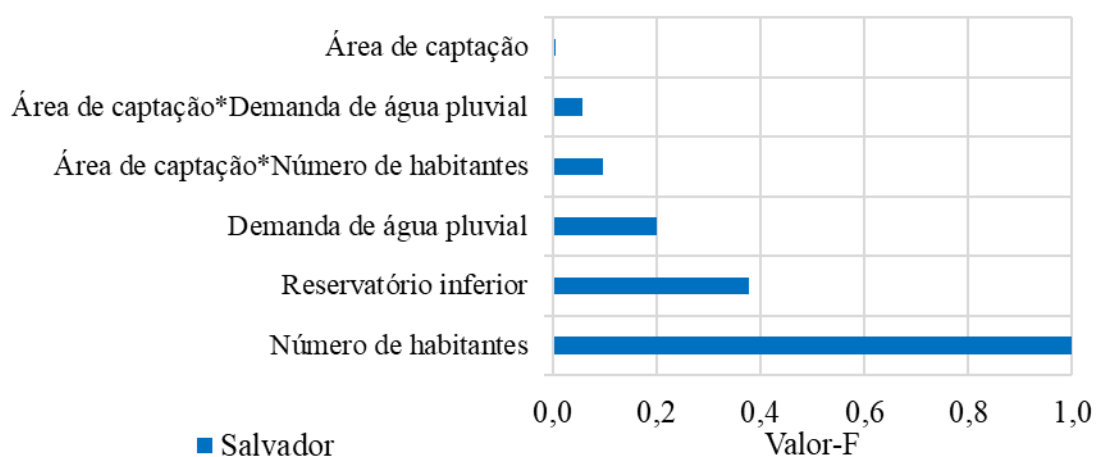
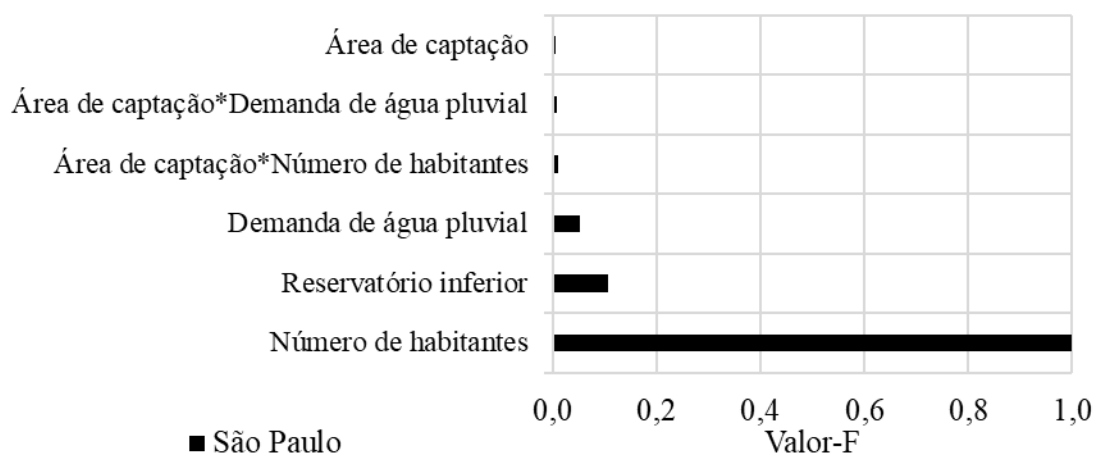


Tabela E.29 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em São Paulo-SP.

Fonte	Grau de Liberdade	Valor F	Valor-p	Valor-F normalizado
Número de habitantes	2	112,930	0,000	1,000
Reservatório inferior	4	11,930	0,002	0,106
Demanda de água pluvial	2	5,930	0,026	0,053
Área de captação*Número de habitantes	4	1,310	0,345	0,012
Área de captação*Demanda de água pluvial	4	0,950	0,485	0,008
Área de captação	2	0,600	0,570	0,005

Figura E.329 - Valores-F das variáveis de projeto sobre o valor presente líquido em São Paulo-SP.





## APÊNDICE F - RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICA

### BELÉM-PA

Figura F.1 - Relação entre *payback* desatado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA.

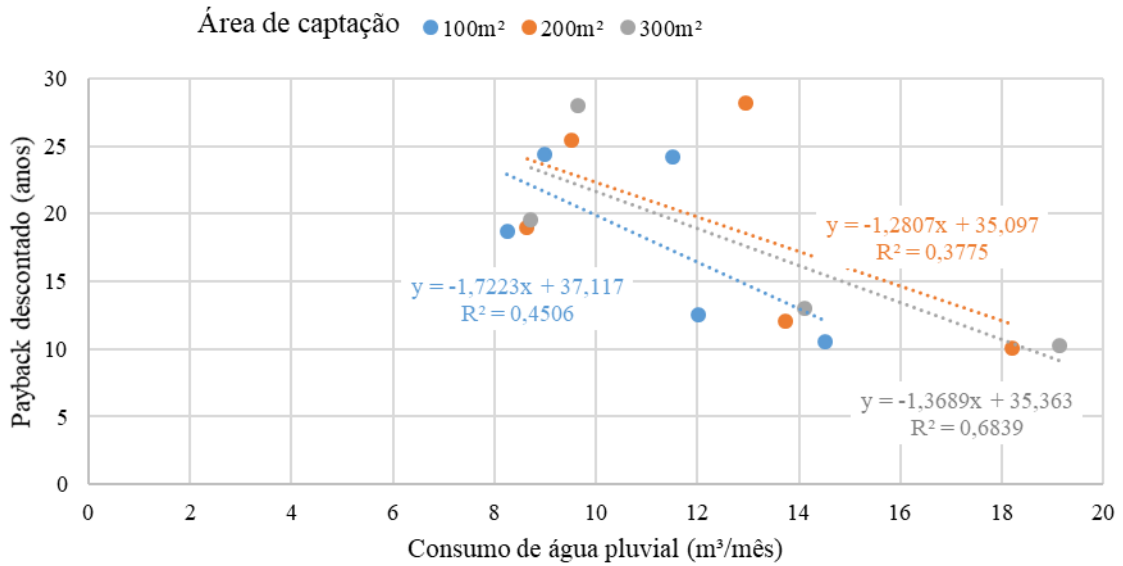


Figura F.2 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA.

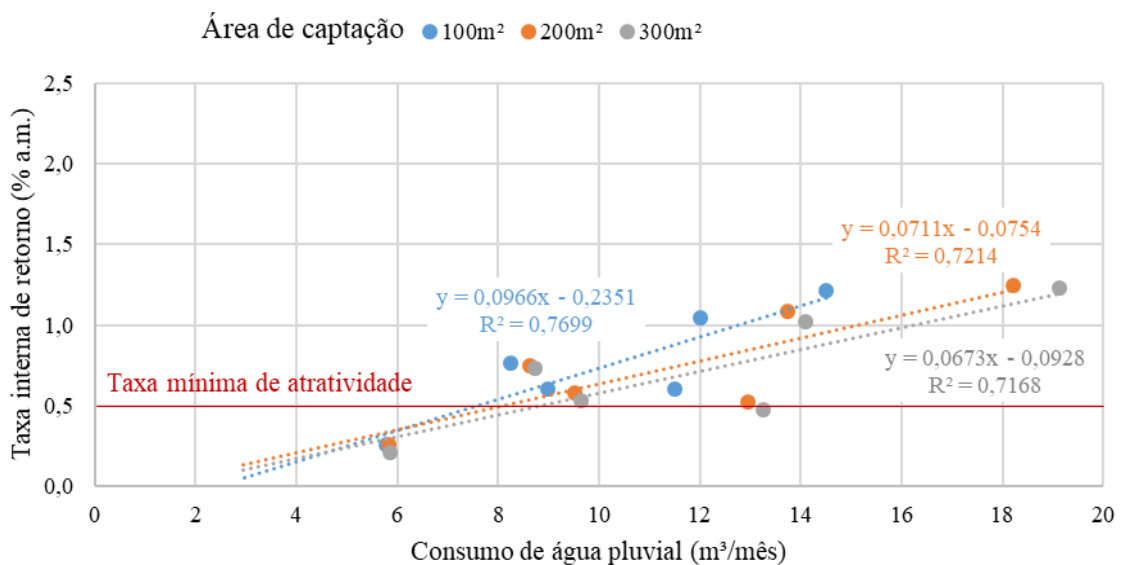
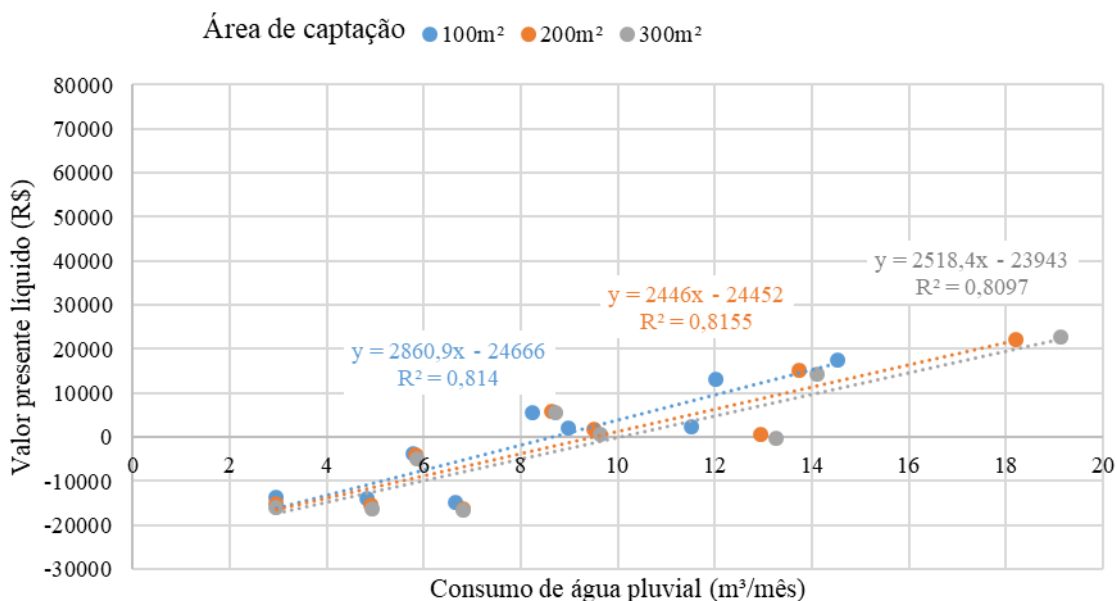


Figura F.3 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA.



O valor presente líquido médio obtido para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial não apresentou diferença significativa, cujos resultados foram R\$ 9.223,56 e R\$9.316,67, respectivamente. O tempo de retorno médio do investimento para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta obtido em Belém foi de 18,1 anos, pouco abaixo do obtido para sistemas com distribuição indireta de água pluvial (18,3 anos). Dentre os cenários viáveis, não foi observada diferença significativa entre as médias de taxa interna de retorno obtidas para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial, que resultaram em 0,85% a.m. e 0,86% a.m., respectivamente.

Tabela F.1 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belém-PA.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	<i>Payback</i> descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	3000	2,96	30,00	-	-13689,13
100	2	50	3000	4,83	30,00	-	-14024,87
100	2	70	4000	6,65	30,00	-	-14826,23
100	4	30	4000	5,78	30,00	0,26	-3850,32
100	4	50	4000	8,98	24,42	0,60	2040,18
100	4	70	5000	11,50	24,25	0,61	2213,47
100	6	30	4000	8,25	18,67	0,76	5462,63
100	6	50	5000	12,01	12,58	1,05	13031,63
100	6	70	5000	14,51	10,50	1,21	17585,70
200	2	30	2000	2,96	30,00	-	-14999,84
200	2	50	3000	4,90	30,00	-	-15348,90
200	2	70	4000	6,82	30,00	-	-16168,89
200	4	30	3000	5,84	30,00	0,26	-4048,37
200	4	50	4000	9,51	25,42	0,58	1759,03
200	4	70	5000	12,95	28,17	0,53	641,59
200	6	30	4000	8,64	19,00	0,75	5755,92
200	6	50	5000	13,73	12,08	1,08	15289,29
200	6	70	6000	18,21	10,08	1,25	22066,41
300	2	30	2000	2,96	30,00	-	-15990,04
300	2	50	3000	4,92	30,00	-	-16341,94
300	2	70	3000	6,80	30,00	-	-16679,10
300	4	30	3000	5,87	30,00	0,21	-5043,89
300	4	50	4000	9,63	28,00	0,53	746,81
300	4	70	5000	13,27	30,00	0,48	-404,38
300	6	30	4000	8,72	19,58	0,73	5619,14
300	6	50	5000	14,10	13,00	1,02	14233,39
300	6	70	6000	19,13	10,25	1,23	22684,64

Tabela F.2 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belém-PA.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	3000	2,96	30,00	-	-13332,88
100	2	50	3000	4,83	30,00	-	-13591,96
100	2	70	4000	6,65	30,00	-	-14319,05
100	4	30	4000	5,78	30,00	0,29	-3378,66
100	4	50	4000	8,98	23,08	0,63	2643,03
100	4	70	5000	11,50	22,75	0,64	2919,43
100	6	30	4000	8,25	17,83	0,79	6035,36
100	6	50	5000	12,01	12,08	1,08	13758,43
100	6	70	5000	14,51	10,00	1,25	18415,02
200	2	30	2000	2,96	30,00	-	-14643,80
200	2	50	3000	4,90	30,00	-	-14913,16
200	2	70	4000	6,82	30,00	-	-15654,62
200	4	30	3000	5,84	30,00	0,29	-3574,36
200	4	50	4000	9,51	24,08	0,61	2383,44
200	4	70	5000	12,95	26,25	0,56	1406,98
200	6	30	4000	8,64	18,17	0,78	6344,58
200	6	50	5000	13,73	11,58	1,12	16086,63
200	6	70	6000	18,21	9,67	1,28	23047,02
300	2	30	2000	2,96	30,00	-	-15633,92
300	2	50	3000	4,92	30,00	-	-15905,48
300	2	70	3000	6,80	30,00	-	-16165,66
300	4	30	3000	5,87	30,00	0,24	-4568,59
300	4	50	4000	9,63	26,50	0,56	1376,33
300	4	70	5000	13,27	28,92	0,51	373,84
300	6	30	4000	8,72	18,75	0,76	6211,32
300	6	50	5000	14,10	12,50	1,05	15045,82
300	6	70	6000	19,13	9,92	1,26	23702,83

## BELO HORIZONTE - MG

Figura F.4 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG.

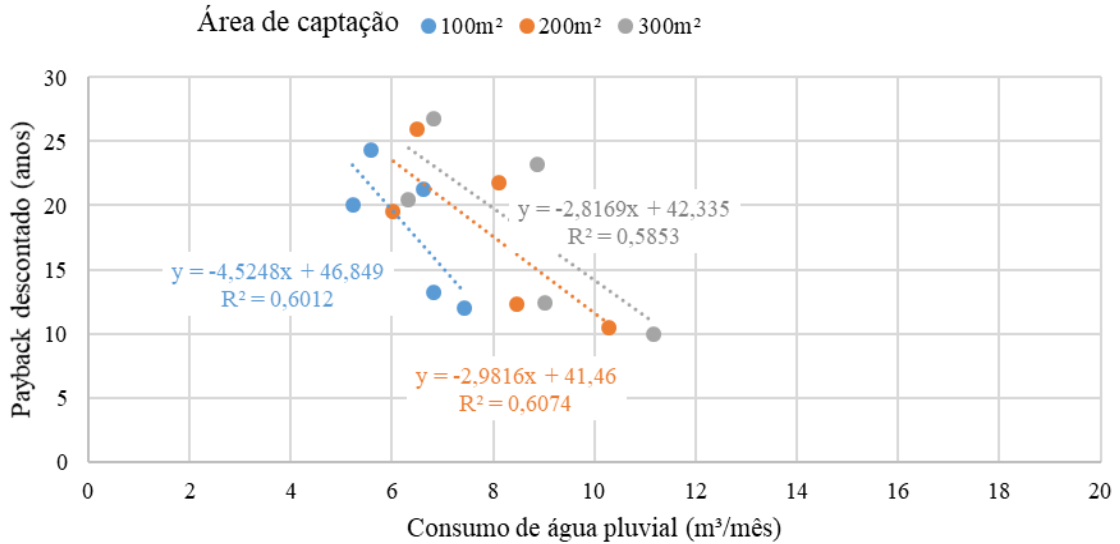


Figura F.5 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG.

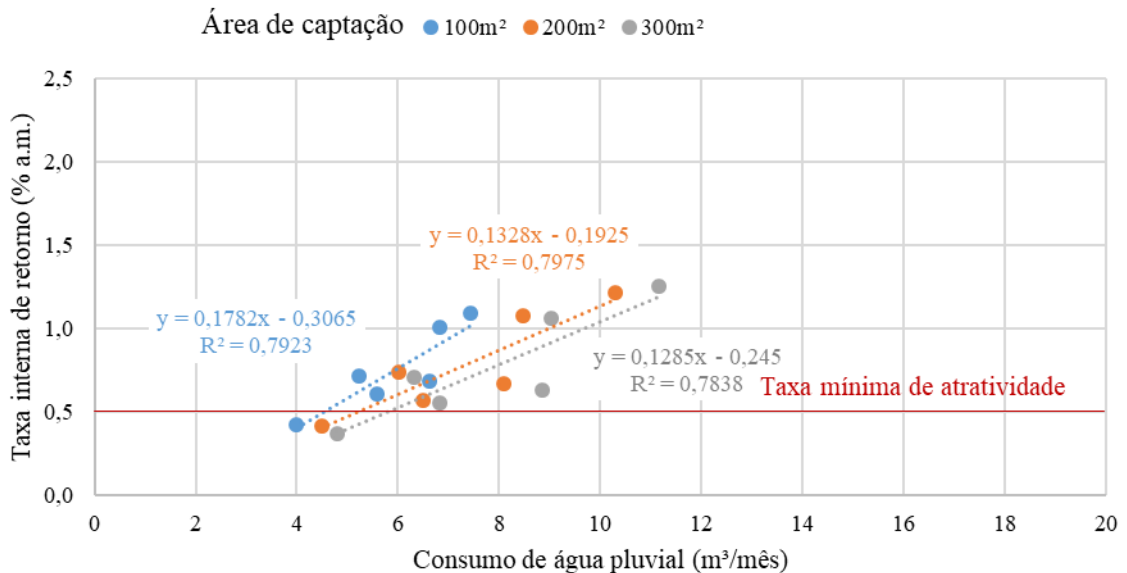
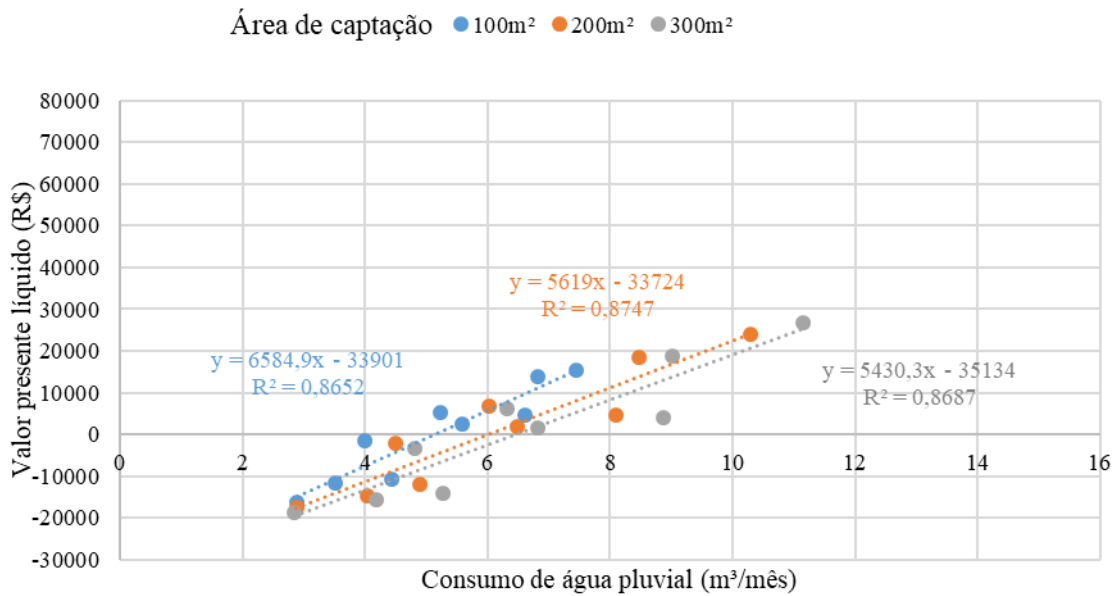


Figura F.6 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG.



Dentre os cenários considerados viáveis em Belo Horizonte, as médias de taxa interna de retorno obtidas para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial resultaram em 0,84% a.m. e 0,86% a.m., respectivamente. Dentre os sistemas viáveis com distribuição indireta de água pluvial, o tempo de retorno médio obtido para Belo Horizonte foi de 18,2 anos. Nos sistemas com distribuição direta de água pluvial, o tempo de retorno médio dentre os cenários viáveis é de 17,5 anos. O valor presente líquido médio obtido para os dois tipos de sistemas não apresentou variação significativa. Foram obtidos valores médios de R\$ 10.328,69 e R\$10.977,60 para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente.

Tabela F.3 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Belo Horizonte-MG.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	12000	2,96	30,00	-	-16312,80
100	2	50	6000	4,83	30,00	-0,43	-11579,55
100	2	70	6000	6,65	30,00	-0,29	-10800,14
100	4	30	6000	5,78	30,00	0,42	-1637,88
100	4	50	6000	8,98	24,33	0,60	2529,55
100	4	70	6000	11,50	21,25	0,68	4513,88
100	6	30	6000	8,25	20,08	0,72	5361,94
100	6	50	6000	12,01	13,25	1,00	13803,69
100	6	70	5000	14,51	12,00	1,09	15320,94
200	2	30	10000	2,96	30,00	-	-17648,75
200	2	50	8000	4,90	30,00	-0,53	-14841,08
200	2	70	6000	6,82	30,00	-0,34	-12027,82
200	4	30	7000	5,84	30,00	0,41	-2030,82
200	4	50	7000	9,51	25,92	0,57	1950,28
200	4	70	7000	12,95	21,83	0,67	4702,25
200	6	30	7000	8,64	19,50	0,73	6801,90
200	6	50	7000	13,73	12,25	1,07	18466,59
200	6	70	7000	18,21	10,42	1,22	23968,16
300	2	30	9000	2,96	30,00	-	-18646,25
300	2	50	8000	4,92	30,00	-0,54	-15607,42
300	2	70	7000	6,80	30,00	-0,42	-14076,15
300	4	30	8000	5,87	30,00	0,37	-3442,75
300	4	50	7000	9,63	26,75	0,55	1611,48
300	4	70	8000	13,27	23,17	0,63	4122,04
300	6	30	7000	8,72	20,50	0,70	6140,69
300	6	50	7000	14,10	12,42	1,06	18891,94
300	6	70	7000	19,13	10,00	1,25	26745,05

Tabela F.4 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Belo Horizonte-MG.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	12000	2,96	30,00	-1,14	-15838,06
100	2	50	6000	4,83	30,00	-0,29	-10557,59
100	2	70	6000	6,65	30,00	-0,24	-10267,58
100	4	30	6000	5,78	30,00	0,44	-1122,14
100	4	50	6000	8,98	23,25	0,63	3104,81
100	4	70	6000	11,50	20,25	0,71	5127,91
100	6	30	6000	8,25	19,25	0,74	5923,82
100	6	50	6000	12,01	12,83	1,03	14425,06
100	6	70	5000	14,51	11,50	1,12	15965,77
200	2	30	10000	2,96	30,00	-	-17174,63
200	2	50	8000	4,90	30,00	-0,48	-14323,71
200	2	70	6000	6,82	30,00	-0,29	-11477,88
200	4	30	7000	5,84	30,00	0,43	-1496,48
200	4	50	7000	9,51	24,83	0,59	2559,35
200	4	70	7000	12,95	20,92	0,69	5371,88
200	6	30	7000	8,64	18,75	0,76	7393,58
200	6	50	7000	13,73	11,83	1,10	19149,89
200	6	70	7000	18,21	10,08	1,25	24719,84
300	2	30	9000	2,96	30,00	-	-18173,13
300	2	50	8000	4,92	30,00	-0,49	-15084,64
300	2	70	7000	6,80	30,00	-0,37	-13512,82
300	4	30	8000	5,87	30,00	0,39	-2896,62
300	4	50	7000	9,63	25,58	0,58	2233,45
300	4	70	8000	13,27	22,25	0,66	4820,06
300	6	30	7000	8,72	19,75	0,73	6743,60
300	6	50	7000	14,10	12,00	1,09	19596,04
300	6	70	7000	19,13	9,67	1,28	27528,99



## BRASÍLIA - DF

Figura F.7 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF.

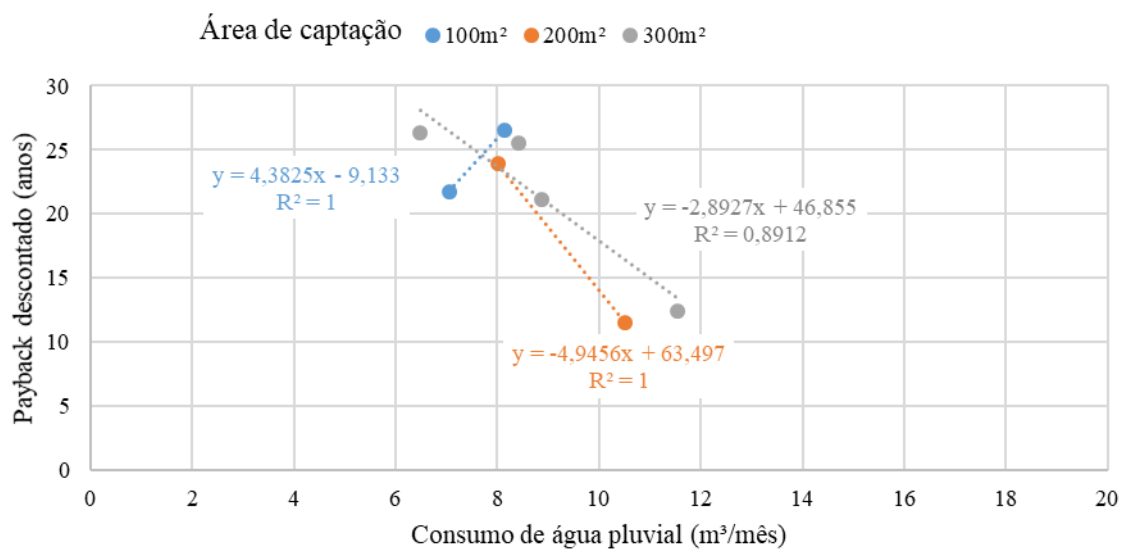


Figura F.8 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF.

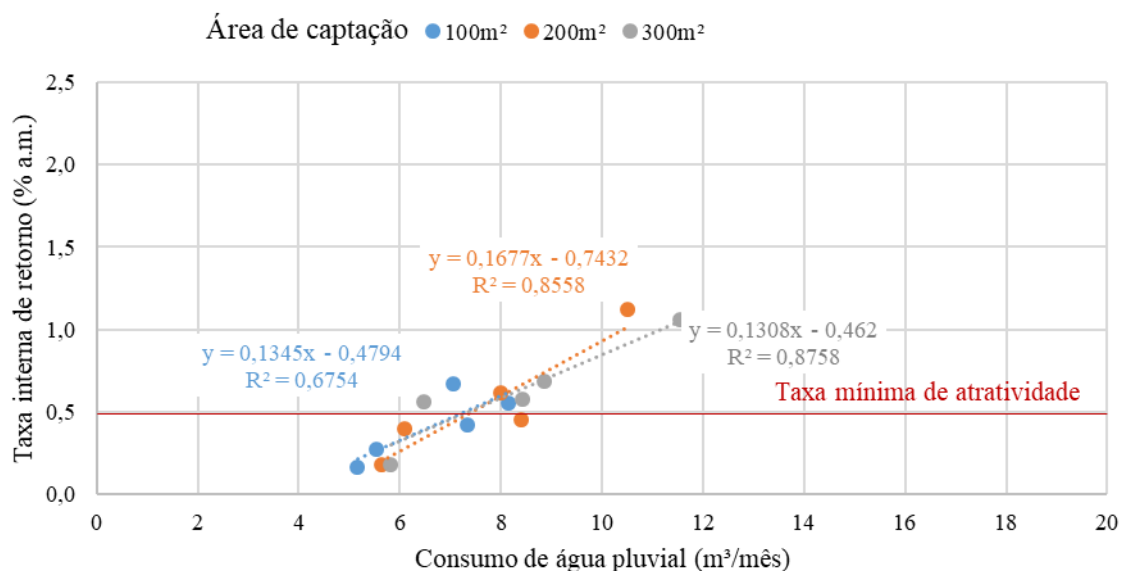
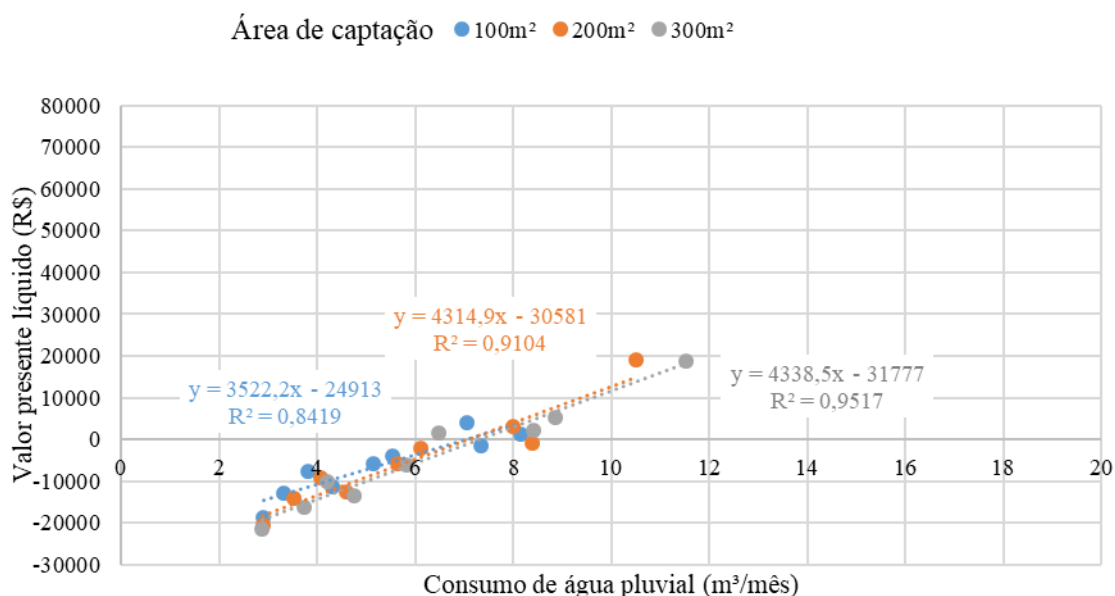


Figura F.9 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF.



Dentre os casos viáveis, o tempo de retorno médio obtido em Brasília foi de 20,5 anos para sistemas com distribuição indireta de água pluvial e 20,3 anos para sistemas com distribuição direta de água pluvial. O valor presente líquido médio obtido entre os cenários viáveis foi de R\$6877,52 para sistemas com distribuição indireta de água pluvial e R\$7472,59 anos para sistemas com distribuição direta. A taxa interna de retorno média obtida para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial resultou em 0,56% a.m. dentre os cenários viáveis.

Tabela F.5 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Brasília-DF.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	14000	2,91	30,00	-	-18643,28
100	2	50	5000	3,31	30,00	-	-12896,65
100	2	70	5000	4,31	30,00	-0,60	-11337,82
100	4	30	5000	3,82	30,00	-0,01	-7702,38
100	4	50	5000	5,54	30,00	0,27	-4048,34
100	4	70	6000	7,05	21,75	0,67	4095,33
100	6	30	5000	5,16	30,00	0,16	-5721,95
100	6	50	6000	7,33	30,00	0,42	-1623,21
100	6	70	5000	8,15	26,58	0,55	1250,07
200	2	30	12000	2,89	30,00	-	-20533,61
200	2	50	5000	3,52	30,00	-	-14105,38
200	2	70	5000	4,61	30,00	-0,69	-12560,88
200	4	30	5000	4,07	30,00	-0,07	-9062,88
200	4	50	5000	6,10	30,00	0,40	-2030,14
200	4	70	6000	8,00	23,92	0,61	2974,24
200	6	30	5000	5,63	30,00	0,18	-5923,19
200	6	50	6000	8,40	30,00	0,45	-1048,56
200	6	70	6000	10,51	11,50	1,12	18930,53
300	2	30	11000	2,88	30,00	-	-21525,90
300	2	50	6000	3,74	30,00	-	-16242,24
300	2	70	5000	4,77	30,00	-0,81	-13576,48
300	4	30	5000	4,22	30,00	-0,12	-10077,22
300	4	50	6000	6,48	26,33	0,56	1699,89
300	4	70	6000	8,42	25,50	0,58	2169,86
300	6	30	5000	5,83	30,00	0,18	-6257,81
300	6	50	6000	8,86	21,08	0,69	5255,57
300	6	70	7000	11,53	12,42	1,06	18644,60

Tabela F.6 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Brasília-DF.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	14000	2,91	30,00	-	-18228,76
100	2	50	5000	3,31	30,00	-	-12469,37
100	2	70	5000	4,31	30,00	-0,53	-10879,20
100	4	30	5000	3,82	30,00	0,02	-7258,99
100	4	50	5000	5,54	30,00	0,30	-3550,60
100	4	70	6000	7,05	20,83	0,69	4640,54
100	6	30	5000	5,16	30,00	0,19	-5236,38
100	6	50	6000	7,33	30,00	0,44	-1069,06
100	6	70	5000	8,15	25,25	0,58	1830,12
200	2	30	12000	2,89	30,00	-	-20119,78
200	2	50	5000	3,52	30,00	-	-13671,65
200	2	70	5000	4,61	30,00	-0,61	-12092,63
200	4	30	5000	4,07	30,00	-0,04	-8611,74
200	4	50	5000	6,10	30,00	0,42	-1514,77
200	4	70	6000	8,00	22,92	0,64	3549,66
200	6	30	5000	5,63	30,00	0,20	-5422,61
200	6	50	6000	8,40	30,00	0,47	-460,64
200	6	70	6000	10,51	11,17	1,15	19585,25
300	2	30	11000	2,88	30,00	-	-21112,35
300	2	50	6000	3,74	30,00	-	-15801,42
300	2	70	5000	4,77	30,00	-0,70	-13103,33
300	4	30	5000	4,22	30,00	-0,09	-9621,45
300	4	50	6000	6,48	25,33	0,58	2227,28
300	4	70	6000	8,42	24,42	0,60	2758,35
300	6	30	5000	5,83	30,00	0,21	-5751,13
300	6	50	6000	8,86	20,25	0,71	5858,04
300	6	70	7000	11,53	12,08	1,08	19331,51

## CAMPO GRANDE - MS

Figura F.10 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS.

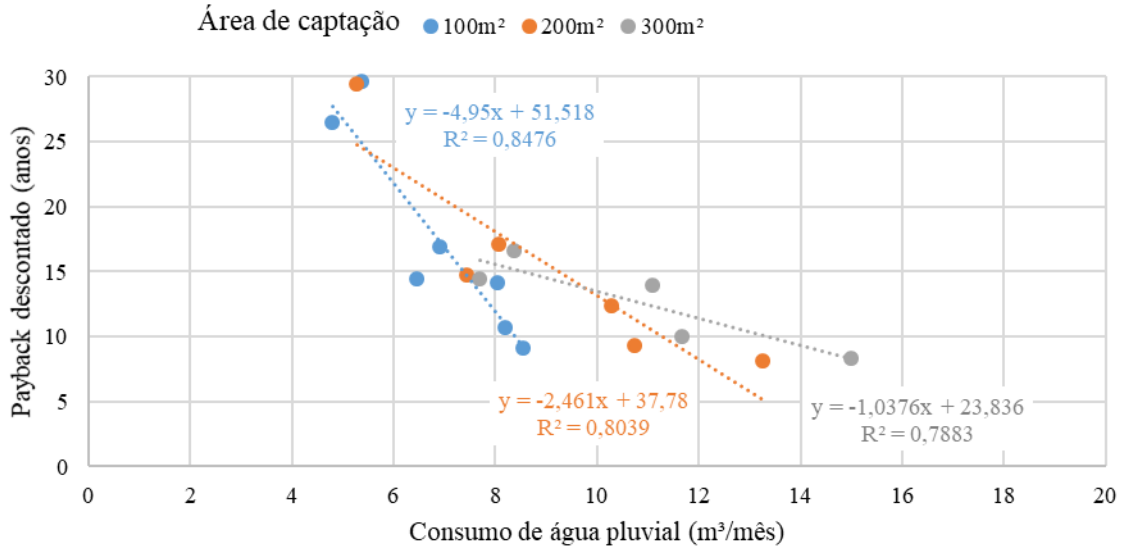


Figura F.11 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS.

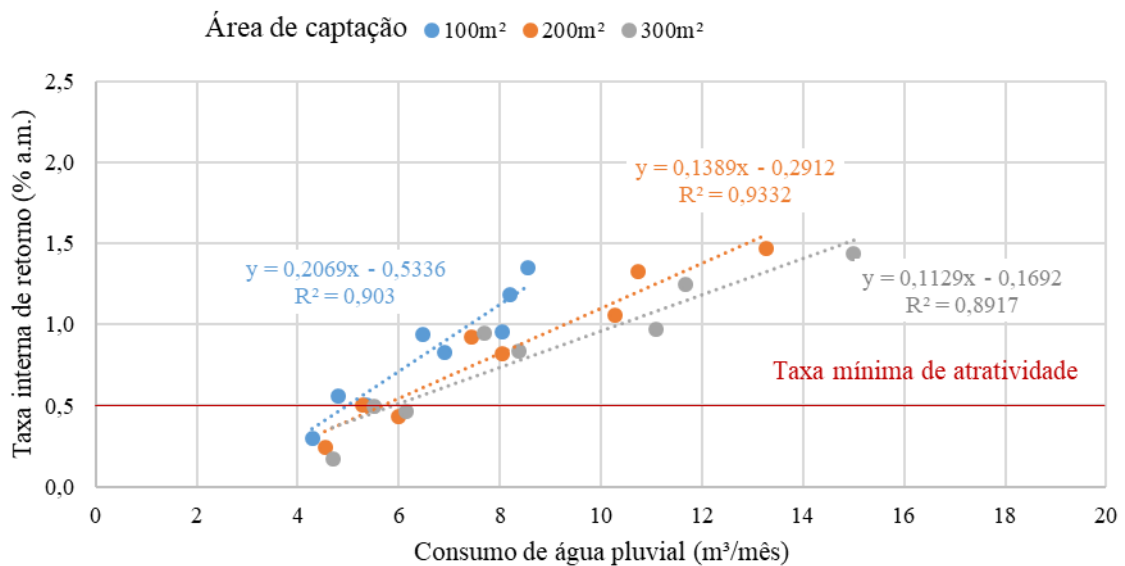
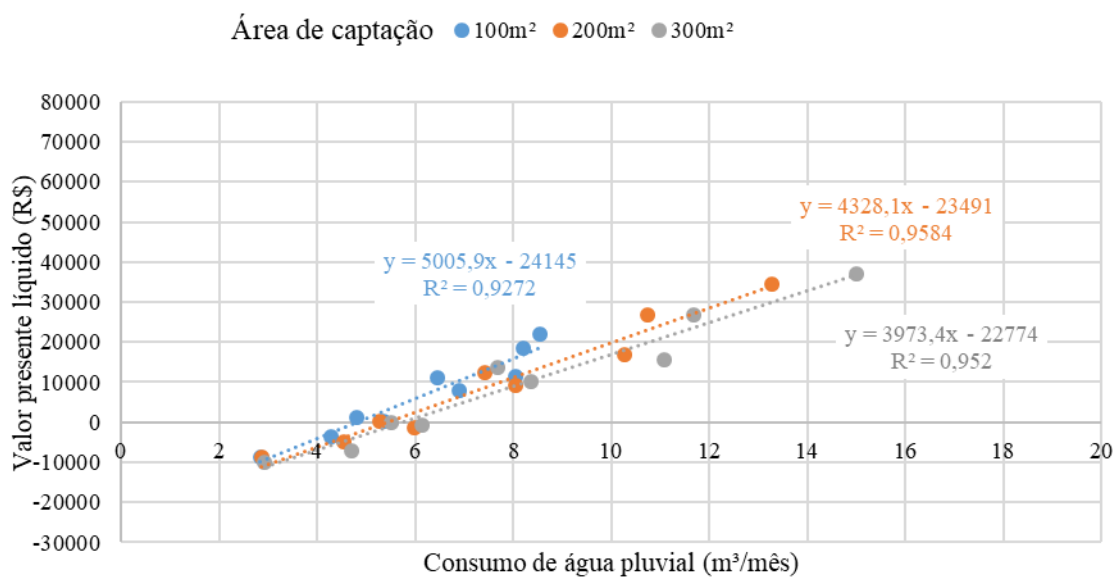


Figura F.12 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS.



Em Campo Grande, os sistemas viáveis apresentaram valor presente líquido médio de R\$ 15.317,79 e R\$ 15.039,28 para distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente. Para estes sistemas, os tempos de retorno médios são de 15,3 e 15,6 anos. Taxas internas de retorno médias foram de 0,99% a.m. e 0,98% a.m. em cenários viáveis com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente.

Tabela F.7 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Campo Grande-MS.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	6000	2,84	30,00	-0,09	-8687,21
100	2	50	6000	4,29	30,00	0,30	-3660,15
100	2	70	5000	5,36	29,67	0,50	84,34
100	4	30	5000	4,80	26,50	0,56	1239,31
100	4	50	6000	6,90	16,92	0,83	7938,57
100	4	70	6000	8,04	14,17	0,96	11573,71
100	6	30	6000	6,46	14,42	0,94	11140,52
100	6	50	6000	8,19	10,75	1,18	18428,42
100	6	70	5000	8,55	9,08	1,35	22145,08
200	2	30	5000	2,87	30,00	-0,10	-8827,99
200	2	50	6000	4,54	30,00	0,24	-5010,01
200	2	70	6000	5,98	30,00	0,43	-1343,29
200	4	30	6000	5,28	29,50	0,50	159,75
200	4	50	7000	8,06	17,08	0,82	9076,99
200	4	70	7000	10,27	12,42	1,06	16959,41
200	6	30	7000	7,43	14,75	0,93	12443,96
200	6	50	7000	10,73	9,33	1,33	26825,96
200	6	70	8000	13,26	8,17	1,47	34454,32
300	2	30	6000	2,93	30,00	-0,10	-10073,84
300	2	50	7000	4,70	30,00	0,17	-6970,07
300	2	70	6000	6,14	30,00	0,46	-755,33
300	4	30	7000	5,50	30,00	0,50	-3,65
300	4	50	7000	8,37	16,67	0,84	10084,51
300	4	70	8000	11,08	13,92	0,97	15558,34
300	6	30	7000	7,69	14,42	0,94	13713,21
300	6	50	8000	11,68	10,00	1,25	26870,95
300	6	70	9000	15,00	8,33	1,44	37022,86

Tabela F.8 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Campo Grande-MS.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	6000	2,84	30,00	-0,07	-8376,80
100	2	50	6000	4,29	30,00	0,32	-3294,79
100	2	70	5000	5,36	28,50	0,52	490,46
100	4	30	5000	4,80	25,50	0,58	1624,17
100	4	50	6000	6,90	16,42	0,85	8403,46
100	4	70	6000	8,04	13,75	0,98	12081,81
100	6	30	6000	6,46	14,00	0,96	11588,62
100	6	50	6000	8,19	10,50	1,21	18942,36
100	6	70	5000	8,55	8,83	1,38	22672,46
200	2	30	5000	2,87	30,00	-0,08	-8516,46
200	2	50	6000	4,54	30,00	0,26	-4634,97
200	2	70	6000	5,98	30,00	0,45	-913,37
200	4	30	6000	5,28	28,50	0,52	562,83
200	4	50	7000	8,06	16,58	0,84	9585,77
200	4	70	7000	10,27	12,08	1,08	17552,44
200	6	30	7000	7,43	14,33	0,95	12928,76
200	6	50	7000	10,73	9,08	1,35	27436,33
200	6	70	8000	13,26	8,00	1,49	35160,91
300	2	30	6000	2,93	30,00	-0,08	-9759,94
300	2	50	7000	4,70	30,00	0,19	-6589,09
300	2	70	6000	6,14	30,00	0,48	-319,65
300	4	30	7000	5,50	29,00	0,51	407,86
300	4	50	7000	8,37	16,25	0,86	10605,26
300	4	70	8000	11,08	13,50	0,99	16182,08
300	6	30	7000	7,69	14,00	0,96	14207,95
300	6	50	8000	11,68	9,83	1,27	27517,24
300	6	70	9000	15,00	8,17	1,46	37795,62



## FLORIANÓPOLIS - SC

Figura F.13 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC.

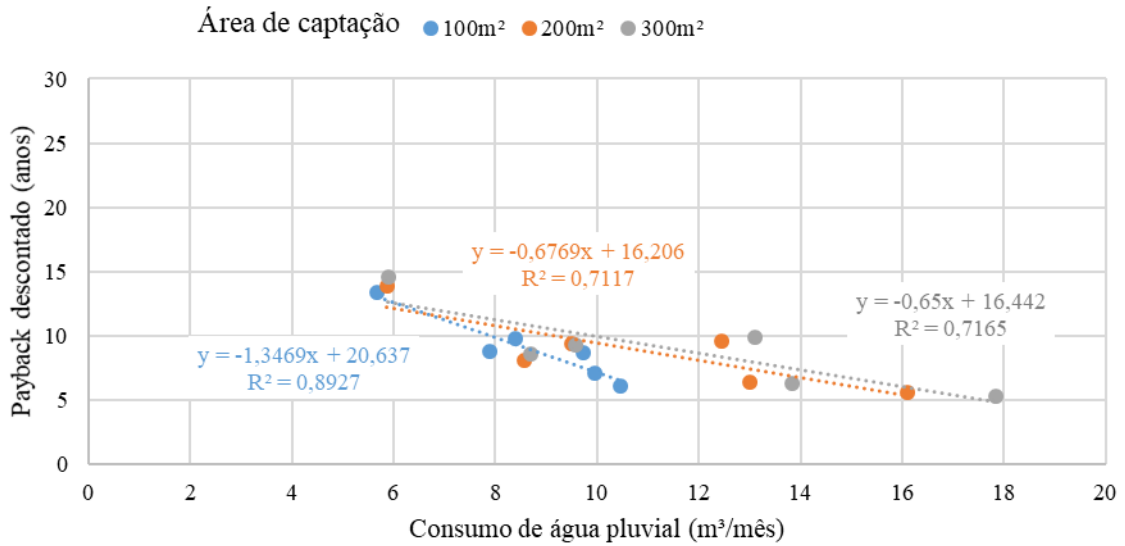


Figura F.14 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC.

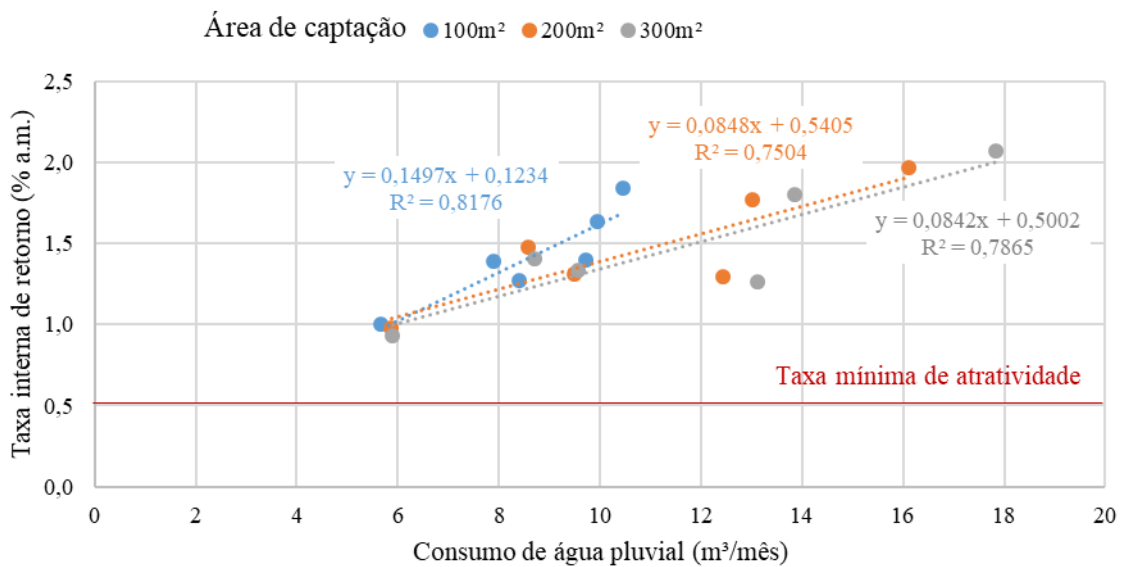
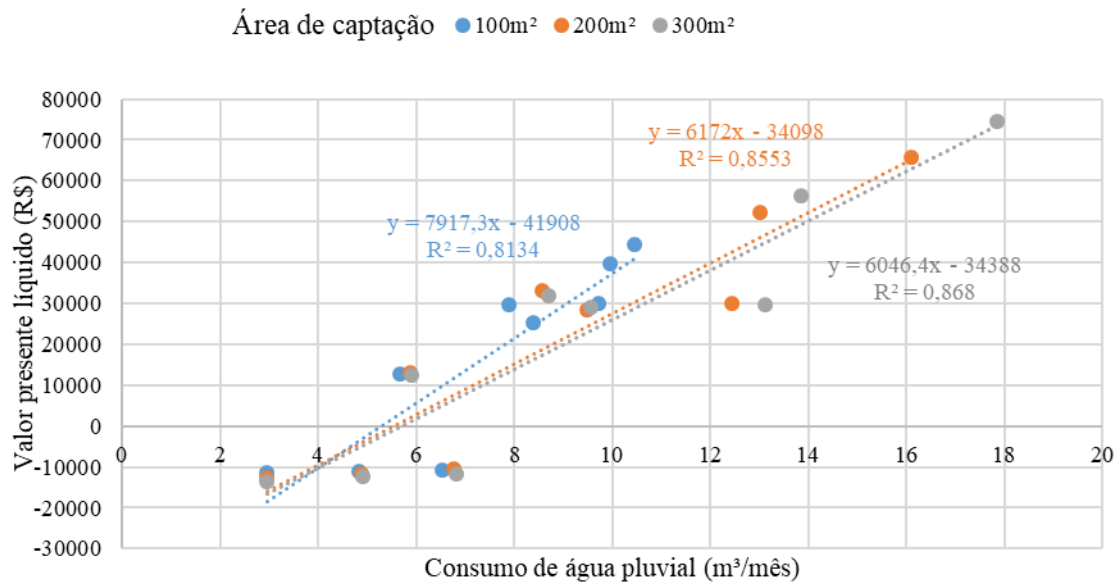


Figura F.15 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC.



Em Florianópolis, sistemas viáveis apresentaram valor presente líquido médio de R\$ 35.473,20 e R\$ 36.133,10 para distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente. Para estes sistemas, dentre os cenários viáveis, os tempos de retorno médios são de 8,9 e 8,7 anos. Taxas internas de retorno médias foram de 1,45% a.m. e 1,47% a.m. em cenários viáveis com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente.

Tabela F.9 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Florianópolis-SC.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	3000	2,95	30,00	-1,38	-11344,17
100	2	50	5000	4,84	30,00	-0,49	-11128,78
100	2	70	6000	6,53	30,00	-0,24	-10680,12
100	4	30	5000	5,67	13,33	1,00	12770,51
100	4	50	7000	8,39	9,75	1,28	25216,40
100	4	70	7000	9,73	8,67	1,39	29860,50
100	6	30	7000	7,89	8,75	1,39	29621,54
100	6	50	7000	9,95	7,08	1,64	39739,07
100	6	70	6000	10,45	6,08	1,84	44554,13
200	2	30	3000	2,96	30,00	-	-12704,33
200	2	50	4000	4,89	30,00	-0,55	-11830,75
200	2	70	5000	6,77	30,00	-0,23	-10597,88
200	4	30	5000	5,87	13,83	0,98	13130,09
200	4	50	7000	9,49	9,42	1,31	28548,02
200	4	70	8000	12,44	9,58	1,29	29941,07
200	6	30	6000	8,57	8,08	1,48	33043,89
200	6	50	8000	13,01	6,42	1,77	52130,14
200	6	70	9000	16,10	5,58	1,97	65857,10
300	2	30	3000	2,96	30,00	-	-13719,80
300	2	50	4000	4,91	30,00	-0,52	-12470,46
300	2	70	5000	6,82	30,00	-0,28	-11622,54
300	4	30	5000	5,89	14,58	0,93	12561,84
300	4	50	6000	9,57	9,25	1,33	28928,93
300	4	70	8000	13,11	9,92	1,26	29830,43
300	6	30	6000	8,70	8,58	1,41	32003,72
300	6	50	8000	13,85	6,25	1,80	56211,91
300	6	70	9000	17,84	5,25	2,07	74568,22

Tabela F.10 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Florianópolis-SC.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	3000	2,95	30,00	-0,99	-10938,17
100	2	50	5000	4,84	30,00	-0,42	-10638,71
100	2	70	6000	6,53	30,00	-0,19	-10115,19
100	4	30	5000	5,67	12,92	1,02	13297,42
100	4	50	7000	8,39	9,50	1,30	25864,08
100	4	70	7000	9,73	8,50	1,42	30567,78
100	6	30	7000	7,89	8,50	1,42	30247,21
100	6	50	7000	9,95	6,92	1,67	40456,11
100	6	70	6000	10,45	6,42	1,76	43934,53
200	2	30	3000	2,96	30,00	-	-12298,02
200	2	50	4000	4,89	30,00	-0,47	-11338,48
200	2	70	5000	6,77	30,00	-0,18	-10022,16
200	4	30	5000	5,87	13,42	1,00	13665,71
200	4	50	7000	9,49	9,17	1,34	29244,64
200	4	70	8000	12,44	9,33	1,32	30768,85
200	6	30	6000	8,57	7,92	1,51	33699,54
200	6	50	8000	13,01	6,25	1,80	52983,45
200	6	70	9000	16,10	5,50	2,00	66847,47
300	2	30	3000	2,96	30,00	-	-13313,36
300	2	50	4000	4,91	30,00	-0,45	-11977,58
300	2	70	5000	6,82	30,00	-0,23	-11044,58
300	4	30	5000	5,89	14,17	0,96	13098,52
300	4	50	6000	9,57	9,00	1,36	29628,90
300	4	70	8000	13,11	9,67	1,29	30688,05
300	6	30	6000	8,70	8,42	1,44	32665,18
300	6	50	8000	13,85	6,08	1,83	57102,19
300	6	70	9000	17,84	5,17	2,11	75636,22

## RECIFE - PE

Figura F.16 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE.

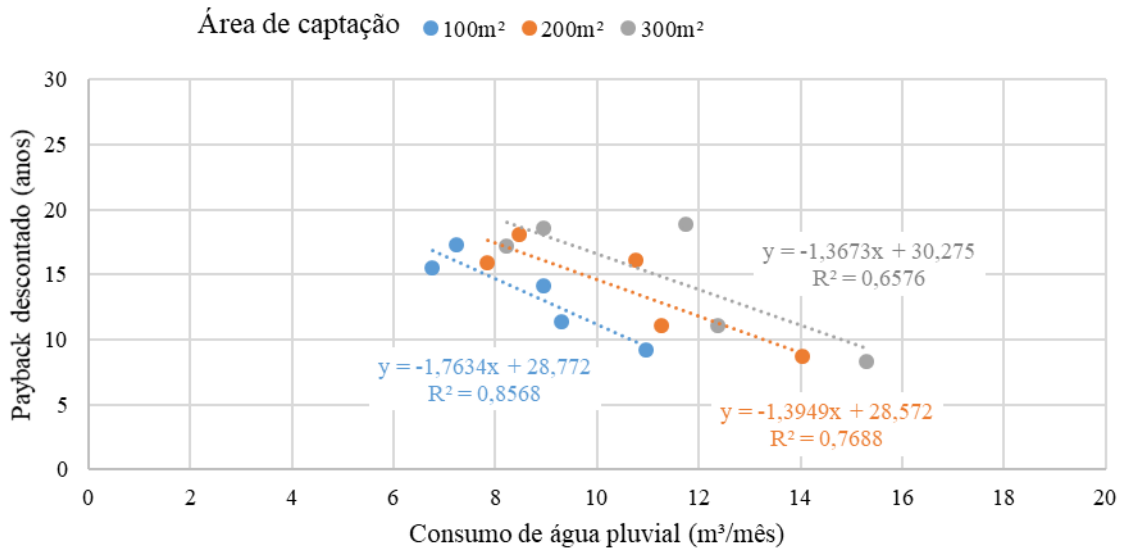


Figura F.17 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE.

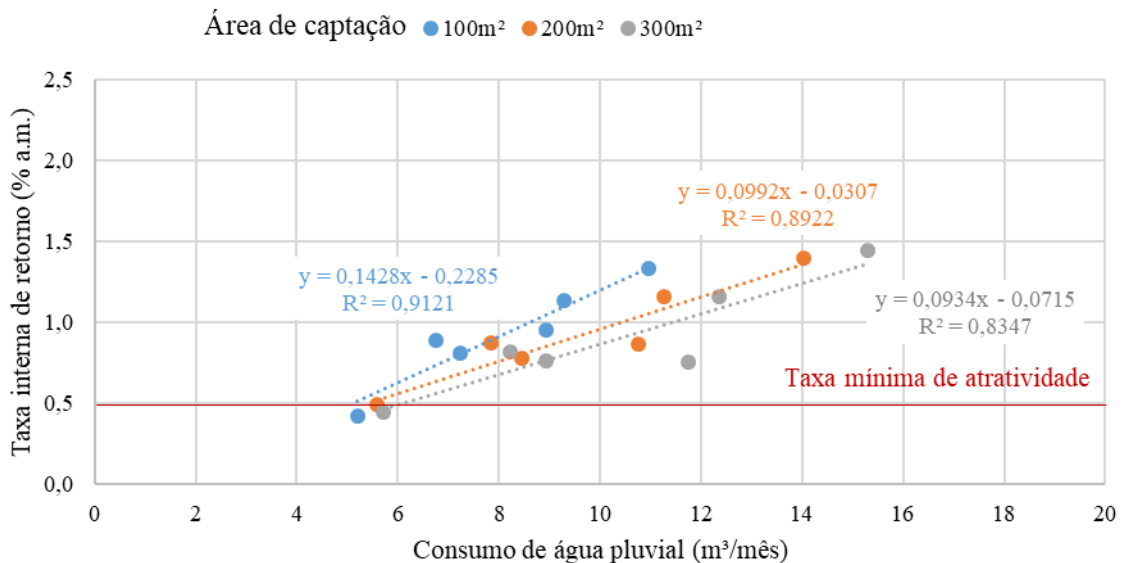
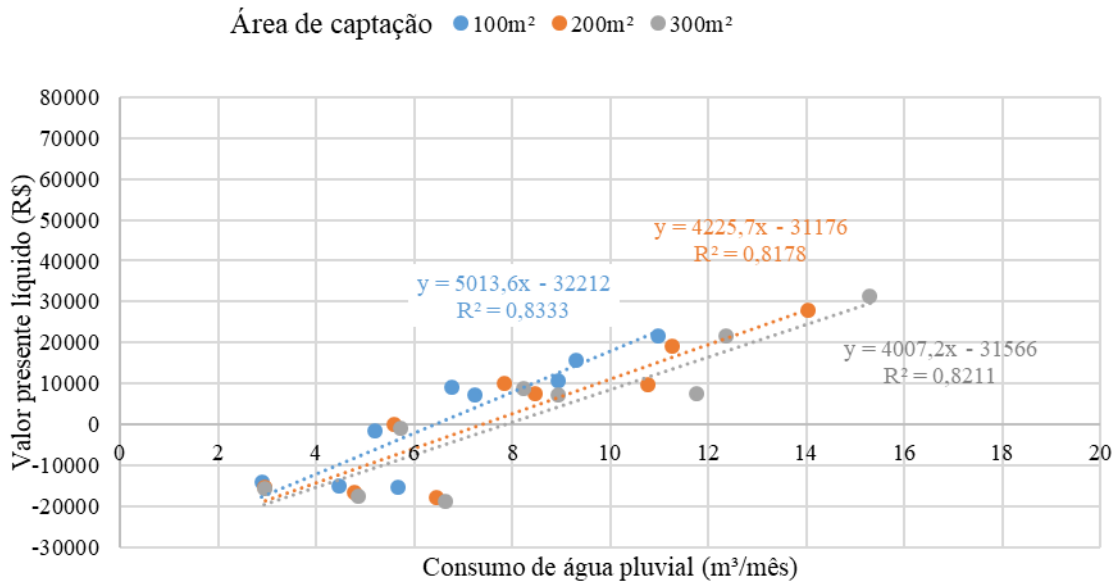


Figura F.18 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE.



Em Recife, os sistemas viáveis apresentaram valor presente líquido médio de R\$ 15.317,79 e R\$ 15.039,28 para distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente. Para estes sistemas, os tempos de retorno médios são de 15,3 e 15,6 anos. Taxas internas de retorno médias foram de 0,99% a.m. e 0,98% a.m. em cenários viáveis com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente.

Tabela F.11 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Recife-PE.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	4000	2,89	30,00	-	-14160,60
100	2	50	5000	4,46	30,00	-	-15166,76
100	2	70	5000	5,68	30,00	-	-15348,11
100	4	30	6000	5,20	30,00	0,42	-1500,01
100	4	50	5000	7,24	17,33	0,81	7035,18
100	4	70	5000	8,94	14,17	0,95	10762,86
100	6	30	5000	6,76	15,50	0,89	9031,36
100	6	50	5000	9,29	11,42	1,13	15703,56
100	6	70	5000	10,97	9,25	1,33	21749,09
200	2	30	4000	2,95	30,00	-	-15492,64
200	2	50	5000	4,77	30,00	-	-16535,51
200	2	70	6000	6,44	30,00	-	-17925,97
200	4	30	5000	5,59	30,00	0,50	-7,80
200	4	50	6000	8,46	18,08	0,78	7373,75
200	4	70	6000	10,75	16,08	0,86	9760,17
200	6	30	6000	7,84	15,92	0,87	9955,84
200	6	50	6000	11,27	11,08	1,16	19241,11
200	6	70	6000	14,03	8,67	1,40	27780,76
300	2	30	3000	2,94	30,00	-	-15734,63
300	2	50	5000	4,85	30,00	-	-17539,75
300	2	70	6000	6,64	30,00	-	-18947,32
300	4	30	5000	5,71	30,00	0,45	-1019,27
300	4	50	6000	8,95	18,58	0,77	7305,63
300	4	70	7000	11,75	18,83	0,76	7461,84
300	6	30	6000	8,23	17,17	0,82	8905,01
300	6	50	7000	12,37	11,08	1,16	21642,56
300	6	70	6000	15,30	8,33	1,44	31313,98

Tabela F.12 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Recife-PE.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	4000	2,89	30,00	-	-14033,26
100	2	50	5000	4,46	30,00	-	-14986,96
100	2	70	5000	5,68	30,00	-	-15127,70
100	4	30	6000	5,20	28,08	0,53	617,89
100	4	50	5000	7,24	17,00	0,82	7307,81
100	4	70	5000	8,94	13,92	0,97	11092,07
100	6	30	5000	6,76	15,25	0,90	9287,71
100	6	50	5000	9,29	11,25	1,14	16044,48
100	6	70	5000	10,97	9,08	1,35	22145,96
200	2	30	4000	2,95	30,00	-	-15363,08
200	2	50	5000	4,77	30,00	-	-16345,28
200	2	70	6000	6,44	30,00	-	-16538,43
200	4	30	5000	5,59	29,33	0,51	209,63
200	4	50	6000	8,46	17,83	0,79	7686,98
200	4	70	6000	10,75	15,75	0,88	10149,78
200	6	30	6000	7,84	15,67	0,88	10248,24
200	6	50	6000	11,27	10,92	1,17	19647,88
200	6	70	6000	14,03	8,58	1,41	28279,64
300	2	30	3000	2,94	30,00	-	-15605,43
300	2	50	5000	4,85	30,00	-	-17346,98
300	2	70	6000	6,64	30,00	-	-18695,00
300	4	30	5000	5,71	30,00	0,46	-797,68
300	4	50	6000	8,95	18,25	0,78	7634,96
300	4	70	7000	11,75	18,50	0,77	7884,79
300	6	30	6000	8,23	16,92	0,83	9210,38
300	6	50	7000	12,37	10,92	1,17	22085,97
300	6	70	6000	15,30	8,17	1,46	31855,04



## SALVADOR - BA

Figura F.19 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA.

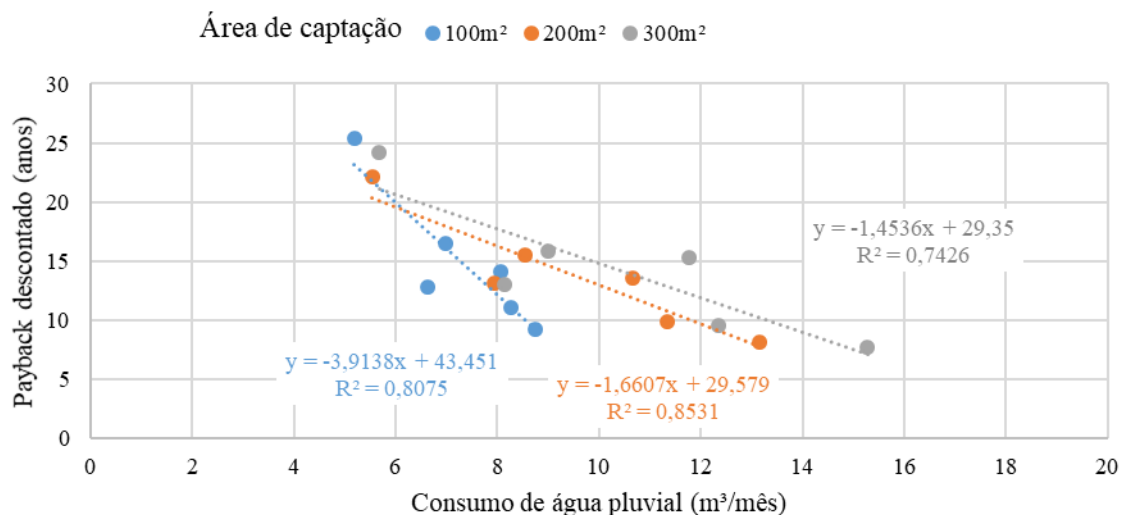


Figura F.20 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA.

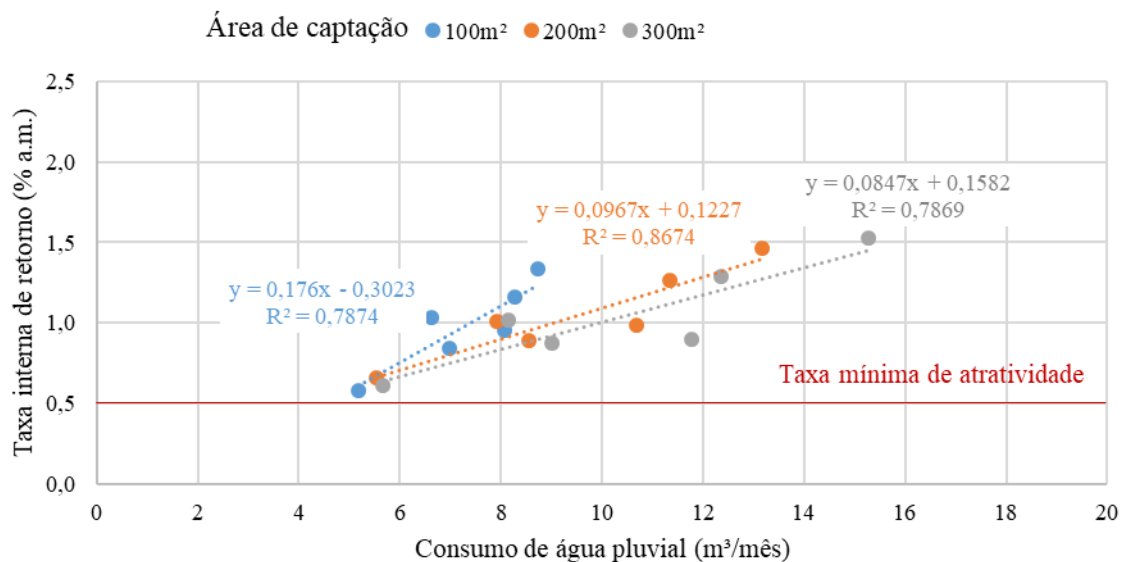
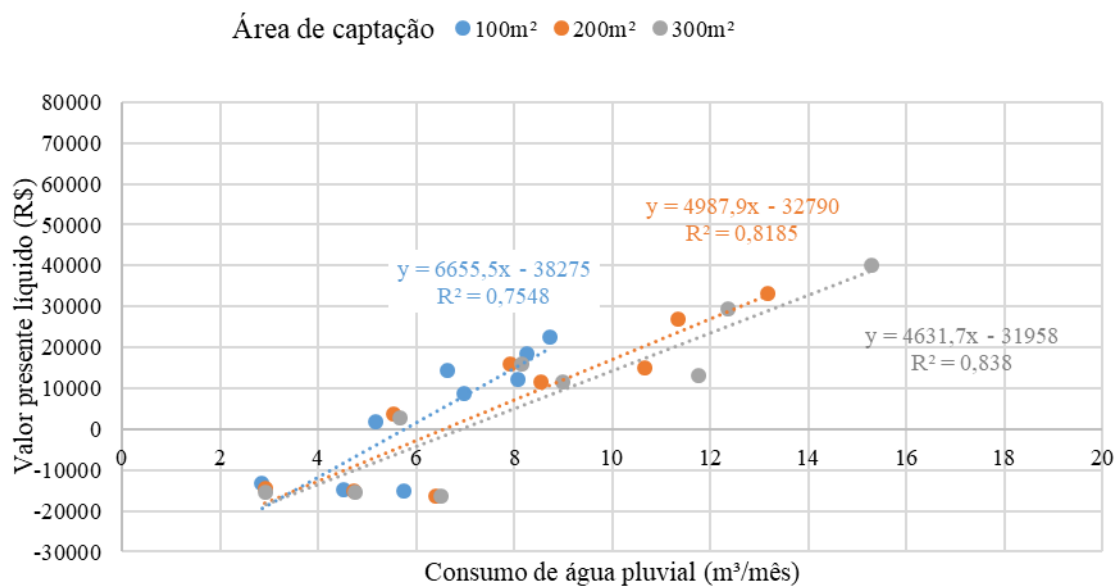


Figura F.21 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA.



Em Salvador, os cenários viáveis economicamente apresentaram tempo de retorno de investimento médio de 14,3 e 14,1 anos para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente. A taxa interna de retorno média variou entre 1,02 e 1,03% a.m. e os valores presentes líquidos médios são de R\$ 16.152,37 e R\$ 16.893,45 para os dois tipos de sistema analisados.

Tabela F.13 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em Salvador-BA.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	4000	2,86	30,00	-	-13175,19
100	2	50	6000	4,53	30,00	-	-14869,54
100	2	70	6000	5,74	30,00	-	-15063,86
100	4	30	6000	5,18	25,33	0,58	1950,89
100	4	50	6000	6,99	16,50	0,84	8703,91
100	4	70	6000	8,07	14,08	0,96	12050,53
100	6	30	6000	6,63	12,83	1,03	14308,72
100	6	50	6000	8,26	11,08	1,16	18308,22
100	6	70	5000	8,74	9,17	1,34	22648,21
200	2	30	4000	2,92	30,00	-	-14325,41
200	2	50	5000	4,74	30,00	-	-15061,41
200	2	70	6000	6,39	30,00	-	-16496,09
200	4	30	5000	5,54	22,17	0,66	3777,42
200	4	50	7000	8,55	15,50	0,89	11504,87
200	4	70	7000	10,67	13,58	0,99	14987,00
200	6	30	7000	7,93	13,17	1,01	15849,91
200	6	50	8000	11,34	9,92	1,26	26825,61
200	6	70	7000	13,16	8,17	1,46	33147,74
300	2	30	4000	2,94	30,00	-	-15324,31
300	2	50	4000	4,74	30,00	-	-15291,80
300	2	70	5000	6,50	30,00	-	-16339,39
300	4	30	5000	5,67	24,17	0,61	2761,66
300	4	50	7000	9,00	15,83	0,87	11613,66
300	4	70	8000	11,77	15,33	0,89	13168,97
300	6	30	6000	8,14	13,00	1,02	16005,09
300	6	50	8000	12,35	9,58	1,29	29479,92
300	6	70	8000	15,28	7,75	1,53	40130,44

Tabela F.14 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em Salvador-BA.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	4000	2,86	30,00	-	-13019,36
100	2	50	6000	4,53	30,00	-	-14653,24
100	2	70	6000	5,74	30,00	-	-14803,69
100	4	30	6000	5,18	24,83	0,00	2190,85
100	4	50	6000	6,99	16,25	0,00	9009,36
100	4	70	6000	8,07	13,92	0,00	12395,47
100	6	30	6000	6,63	12,67	0,00	14601,35
100	6	50	6000	8,26	10,92	0,00	18659,98
100	6	70	5000	8,74	9,08	0,00	23017,21
200	2	30	4000	2,92	30,00	-	-14167,53
200	2	50	5000	4,74	30,00	-	-14837,43
200	2	70	6000	6,39	30,00	-	-16212,11
200	4	30	5000	5,54	21,83	0,00	4030,59
200	4	50	7000	8,55	15,25	0,00	11867,05
200	4	70	7000	10,67	13,33	0,00	15426,09
200	6	30	7000	7,93	13,00	0,00	16189,50
200	6	50	8000	11,34	9,75	0,00	27288,86
200	6	70	7000	13,16	8,08	0,00	33677,13
300	2	30	4000	2,94	30,00	-	-15165,65
300	2	50	4000	4,74	30,00	-	-15067,68
300	2	70	5000	6,50	30,00	-	-16051,61
300	4	30	5000	5,67	23,67	0,00	3019,42
300	4	50	7000	9,00	15,58	0,00	11992,14
300	4	70	8000	11,77	15,08	0,00	13647,91
300	6	30	6000	8,14	12,83	0,00	16352,54
300	6	50	8000	12,35	9,50	0,00	29979,90
300	6	70	8000	15,28	7,58	0,00	40736,74

## SÃO PAULO - SP

Figura F.22 - Relação entre *payback* descontado e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP.

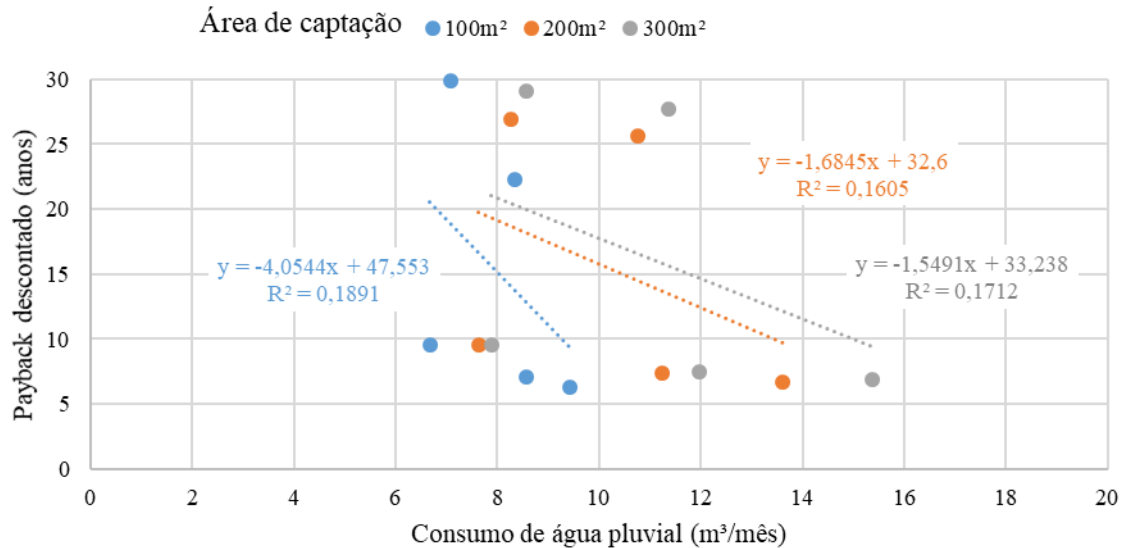


Figura F.23 - Relação entre taxa interna de retorno e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP.

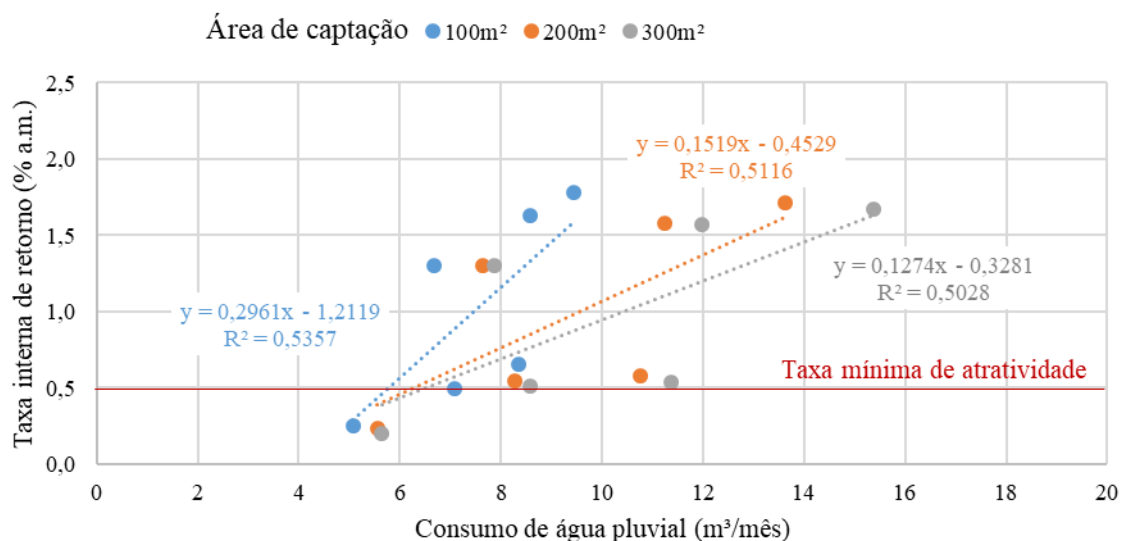
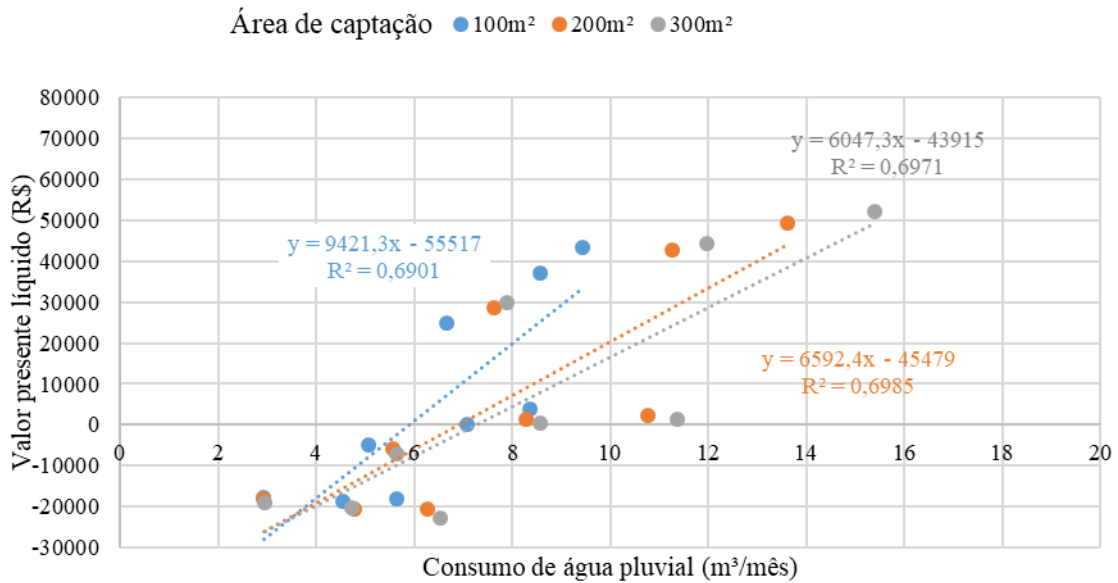


Figura F.24 - Relação entre valor presente líquido e consumo de água pluvial obtida na simulação econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP.



Em São Paulo, o valor presente líquido médio dentre os cenários viáveis variou entre R\$ 24.108,97 e R\$ 25.068,60 para sistemas com distribuição indireta e direta de água pluvial, respectivamente. Apesar de apresentarem valor presente líquido médio acima do observado em Salvador, somente 41% dos cenários com distribuição indireta de água pluvial por simulados em São Paulo foram considerados viáveis. Para sistemas com distribuição direta de água pluvial, o índice foi de 48%. Em Salvador, o índice de viabilidade foi de 67%.

Tabela F.15 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição indireta em São Paulo-SP.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	6000	2,94	30,00	-	-17734,28
100	2	50	7000	4,54	30,00	-	-18679,93
100	2	70	6000	5,64	30,00	-	-18118,36
100	4	30	6000	5,07	30,00	0,25	-4937,01
100	4	50	6000	7,09	29,92	0,50	16,85
100	4	70	6000	8,35	22,25	0,65	3978,19
100	6	30	6000	6,67	9,50	1,30	24761,31
100	6	50	6000	8,58	7,08	1,63	37231,75
100	6	70	6000	9,43	6,33	1,78	43312,72
200	2	30	5000	2,93	30,00	-	-17950,30
200	2	50	7000	4,77	30,00	-	-20519,57
200	2	70	7000	6,28	30,00	-	-20733,53
200	4	30	7000	5,56	30,00	0,24	-6010,60
200	4	50	7000	8,28	26,92	0,55	1463,33
200	4	70	8000	10,77	25,67	0,58	2324,78
200	6	30	7000	7,63	9,50	1,30	28638,17
200	6	50	8000	11,25	7,42	1,58	42844,30
200	6	70	8000	13,62	6,67	1,71	49268,10
300	2	30	5000	2,95	30,00	-	-18969,11
300	2	50	6000	4,74	30,00	-	-20368,09
300	2	70	8000	6,53	30,00	-	-22966,07
300	4	30	7000	5,64	30,00	0,20	-7038,40
300	4	50	7000	8,57	29,08	0,51	406,02
300	4	70	8000	11,36	27,67	0,54	1225,33
300	6	30	7000	7,88	9,58	1,30	29771,76
300	6	50	8000	11,96	7,50	1,57	44347,51
300	6	70	9000	15,38	6,92	1,67	52044,47

Tabela F.16 - Resultados de análise econômica para sistemas de aproveitamento de água pluvial com distribuição direta em São Paulo-SP.

Área de captação (m <sup>2</sup> )	Número de ocupantes (hab)	Demanda de água pluvial (%)	Volume do reservatório (L)	Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /mês)	Payback descontado (anos)	Taxa interna de retorno (% a.m.)	Valor presente líquido (R\$)
100	2	30	6000	2,94	30,00	-	-17193,40
100	2	50	7000	4,54	30,00	-	-18583,84
100	2	70	6000	5,64	30,00	-	-17577,48
100	4	30	6000	5,07	30,00	0,23	-5261,80
100	4	50	6000	7,09	30,00	0,47	-654,20
100	4	70	6000	8,35	23,50	0,62	3033,56
100	6	30	6000	6,67	10,00	1,26	22454,09
100	6	50	6000	8,58	7,42	1,57	34081,16
100	6	70	6000	9,43	6,58	1,72	39751,58
200	2	30	5000	2,93	30,00	-	-17409,42
200	2	50	7000	4,77	30,00	-	-19978,70
200	2	70	7000	6,28	30,00	-	-20192,65
200	4	30	7000	5,56	30,00	0,20	-6435,83
200	4	50	7000	8,28	28,75	0,52	518,70
200	4	70	8000	10,77	27,50	0,54	1221,88
200	6	30	7000	7,63	9,92	1,26	25898,12
200	6	50	8000	11,25	7,75	1,52	39052,19
200	6	70	8000	13,62	7,00	1,65	45029,29
300	2	30	5000	2,95	30,00	-	-18428,23
300	2	50	6000	4,74	30,00	-	-19827,21
300	2	70	8000	6,53	30,00	-	-22425,20
300	4	30	7000	5,64	30,00	0,17	-7463,63
300	4	50	7000	8,57	30,00	0,48	-538,60
300	4	70	8000	11,36	29,67	0,50	122,43
300	6	30	7000	7,88	10,08	1,25	26887,12
300	6	50	8000	11,96	7,83	1,51	40382,27
300	6	70	9000	15,38	7,25	1,60	47459,39