



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Programa Interunidades



Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

CINTIA LOTURCO PINHEIRO LEÃO

**ESTIMATIVA DA CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE RETORNO DE
ESGOTO SANITÁRIO EM HABITAÇÕES COM SISTEMAS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: Estudo de caso da cidade
de Bauru (SP)**

Bauru
2015



CINTIA LOTURCO PINHEIRO LEÃO

**ESTIMATIVA DA CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE RETORNO DE
ESGOTO SANITÁRIO EM HABITAÇÕES COM SISTEMAS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: Estudo de caso da cidade
de Bauru (SP)**

Dissertação de mestrado apresentado como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Área de Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braga
Moruzzi

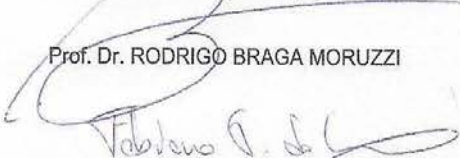
Bauru
2015



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE CINTIA LOTURCO PINHEIRO LEÃO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 16 dias do mês de julho do ano de 2015, às 09:30 horas, no(a) SALA DE VIDEOCONFERENCIA DO IGCE, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. RODRIGO BRAGA MORUZZI do(a) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento / Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Prof. Dr. FABIANO TOMAZINI DA CONCEIÇÃO do(a) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento / Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Prof. Dr. MARCELO DE JULIO do(a) Divisão de Engenharia Civil, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental / Instituto Tecnológico de Aeronáutica, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de CINTIA LOTURCO PINHEIRO LEÃO, intitulada "ESTIMATIVA DA CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE RETORNO DE ESGOTO SANITÁRIO EM HABITAÇÕES COM SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE BAURU-SP". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. RODRIGO BRAGA MORUZZI


Prof. Dr. FABIANO TOMAZINI DA CONCEIÇÃO


Prof. Dr. MARCELO DE JULIO

Leão, Cintia Loturco Pinheiro

ESTIMATIVA DA CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE RETORNO DE
ESGOTO SANITÁRIO EM HABITAÇÕES COM SISTEMAS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: Estudo de caso da
cidade de Bauru (SP) / Cintia Loturco Pinheiro Leão,
2015

78 f.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Moruzzi

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2015

1. Sistema de aproveitamento de água pluvial. 2.
Eficiência de Atendimento. 3. Coeficiente de retorno
corrigido. I. Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Engenharia. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por mais uma conquista.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi pela atenção, esforço e empenho.

Aos Prof. Dr. Eduardo Luiz de Oliveira e ao Prof. Dr. Manuel Joaquim Duarte da Silva pela ajuda e dedicação e condução da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcelo De Júlio e ao Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição.

Ao meu esposo Hilário, pelo amor, compreensão e confiança demonstrados não somente neste período de ausência para estes estudos, mas durante quase 22 anos de feliz união.

Aos meus filhos, Guilherme e Gabriel, riquezas do meu coração, que a cada dia que passa demonstram o quanto são importantes na minha vida.

Aos meus pais Jayme e Vânia, e à minha irmã Debora pelo incentivo, amor e carinho que sempre me dedicaram.

Às minhas queridas amigas, Odila, Sandra, Marlene que sempre estiveram ao meu lado.

Às minhas amigas da Prefeitura Municipal de Bauru Marilda, Natasha, Roberta, Nilza, Márcia, Reginaldo, e aos meus diretores Nicola e Ilves, e à todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Vários estudos têm sido realizados propondo técnicas de conservação de água, visando minimizar o consumo de água tratada. Dentre eles destaca-se o aproveitamento de água pluvial em atividades que possam prescindir da potabilidade. No Brasil, a cobrança dos serviços de coleta e tratamento de esgoto sanitário, em geral, é realizada com base no volume de água tratada medida no hidrômetro da unidade consumidora. Portanto, esse descarte de esgoto gerado pelo sistema de aproveitamento de água pluvial não é contabilizado pelo sistema de tarifação de esgoto no custo de destinação e tratamento. A utilização dessa água pluvial subestima o volume de esgoto gerado. Este trabalho propõe a aplicação da metodologia para o ajuste desse coeficiente de retorno visando estimar o volume de água pluvial lançado na rede coletora de esgoto indexado ao volume de água tratada medido no hidrômetro de cada unidade consumidora. A bacia sanitária com caixa acoplada foi adotada como objeto de estudo. A partir da coleta de amostragens de áreas de telhado do município de Bauru (SP), determinou-se a área média de telhado. Diferentes simulações de determinação de áreas de telhado, volumes de reservatórios e demandas de consumo de água foram realizadas, com o intuito de analisar o comportamento do ajuste do coeficiente de retorno para a área média de telhado *per capita* ($\text{m}^2.\text{hab}^{-1}$). Os resultados apontaram que o município de Bauru (SP) apresenta uma área de telhado da ordem de $139,91 \pm 3,12 \text{ m}^2$ para residências, de $5,58 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para apartamentos e uma área média ponderada de $132,18 \text{ m}^2$ por domicílio. Apresentando uma área média *per capita* de $49,21 \text{ m}^2$. Verificou-se que em todas as faixas de consumo *per capita*, para o volume de reservatório de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresentou eficiência com valores menores que 30% para as áreas específicas de cobertura de 4 a $17 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, portanto, concluiu-se que as descargas em bacia sanitária não foram atendidas plenamente pelo sistema de aproveitamento de água pluvial. Dessa maneira afirmou-se que nem todo o uso de água destinado à descarga em bacia sanitária seja transferido para o sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário. Notou-se que os valores da eficiência (e) menor ou igual a 30%, o fator de correção situa-se entre 1,07 e 1,43 ($1 \leq f_{\text{corrigido}}/f \leq 1,43$) e o fator de retorno corrigido está entre 0,8 e 1,15 ($0,8 \leq f_{\text{corrigido}} \leq 1,15$). Para o município de Bauru o fator de retorno corrigido situa-se entre 1,03 e 1,15 ($1,03 \leq f_{\text{corrigido}} \leq 1,15$).

Palavra chave: Sistema de aproveitamento de água pluvial. Eficiência de Atendimento. Coeficiente de retorno corrigido.

ABSTRACT

Several studies have been conducted proposing water conservation techniques to minimize the treated water consumption. Among them stands out the rainwater utilization in activities that may dispense the potability. In Brazil, the pricing on the collection and treatment services of sewage, is generally performed based on the volume of treated water measured at the meter of the consumer unit. Therefore, this sewage disposal generated by rainwater utilization system is not accounted for sewage charging system on the cost of disposal and treatment. The use of this rainwater underestimates the volume of sewage generated. This paper proposes the application of the methodology for setting this return coefficient to estimate the volume of rainwater released in the sewage disposal system linked to the volume of treated water measured at the meter of each consumer unit. The sanitary bowl with box attached was adopted as an object of study. From the collection of roof areas sampling the city of Bauru (SP) determined the average area of the roof. Different simulations of determining roof areas, reservoir volumes and water consumption demands were made, in order to analyze the return coefficient setting behavior for the average area of roof per capita ($\text{m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$). The results showed that the city of Bauru (SP) features a roof area of approximately $139.91 \pm 3.12 \text{ m}^2$ for homes, $5.58 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$ for apartments and a weighted average area of 132.18 m^2 per household. With an average area per capita of $49,21 \text{ m}^2$. It was found that in all per capita consumption ranges, for volume of 0.5 m^3 reservoir / in habitant, the release of rainwater in the sewage disposal system was efficient with values less than 30% for specific coverage areas $4\text{-}17 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$ therefore concluded that discharges into sanitary bowl were not met fully by rainwater utilization system. In this way it was stated that not all use of water for unloading in sanitary bowl is transferred to the collection and transportation of sanitary sewer system. It was noted that the values of efficiency (e) less than or equal to 30%, the correction factor lies between 1,07 and 1,43 ($1 \leq f_{\text{fixed}} / f \leq 1,43$) and the return factor corrected It is between 0,8 and 1,15 ($0,8 \leq f_{\text{fixed}} \leq 1,15$). For the city of Bauru return factor corrected is between 1,03 and 1,15 ($1,03 \leq f_{\text{fixed}} \leq 1,15$)

Keywords: Rainwater utilization system. Efficiency of Service. Fixed return coefficient.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição territorial hídrica e distribuição populacional para as regiões do Brasil.....	19
Figura 2: Demonstra o consumo médio <i>per capita</i> , segundo região geográfica e Brasil. Fonte: SNIS, 2012.	19
Figura 3: Localização do Município de Bauru (SP).....	33
Figura 4: Precipitação diária do mês de Janeiro em Bauru (SP).....	36
Figura 5: Gráfico da precipitação acumulada em Bauru (SP), ano 2013.	36
Figura 6: Eficiências de atendimento e aproveitamento para diferentes áreas de telhado e volumes de reservatórios específicos, e suas relações com o consumo ótimo diário.....	43
Figura 7: Volume médio diário de água pluvial ofertada e sua relação à área de telhado e ao volume específico de reservatório.	44
Figura 8: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo <i>per capita</i> para 0,5 m ³ de reservatório por habitante.	45
Figura 9: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo <i>per capita</i> para 1 m ³ de reservatório por habitante.	45
Figura 10: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo <i>per capita</i> para 2 m ³ de reservatório por habitante.	46
Figura 11: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo <i>per capita</i> para 3 m ³ de reservatório por habitante.	46
Figura 12: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de 0,12 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹	47
Figura 13: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de 0,15 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹	48
Figura 14: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de 0,18 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹	48
Figura 15: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de 0,20 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹	49
Figura 16: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹	49
Figura 17: Eficiência média de atendimento, volumes de reservatório e suas relações com as demandas de água total para a área média de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP).....	50

Figura 18: Coeficiente de retorno corrigido, volumes de reservatório e suas relações com as demandas de água total para a área média de telhado <i>per capita</i> de Bauru (SP).....	51
Figura 19: Apresenta o comportamento do fator correção dado pela relação V_e/VAT e do quociente do volume água pluvial e do volume de água potável medido no hidrômetro (VAP/VAT) e pela eficiência de atendimento (e) do sistema de aproveitamento.....	51
Figura 20: Relações entre os volumes de esgoto e água tratada; água pluvial e água tratada; e entre o coeficiente de retorno corrigido e o coeficiente de retorno de 0,8 (NBR 9.649/86).	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de água tratada em duas residências no município de Palhoça (SC) ...	21
Tabela 2: Período de retorno de economia de água em Florianópolis (SC).....	22
Tabela 3: Potencial de economia no condomínio residencial em Florianópolis (SC).....	22
Tabela 4: Coeficiente de retorno obtidas por medições ou recomendadas para projeto.	27
Tabela 5: Setores de Bauru (SP) com suas respectivas populações ¹ , número de domicílios ² , número de amostras e média de área de telhado.	41
Tabela 6: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 0,5 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 4 a 40 m ² .hab ⁻¹	70
Tabela 7: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 0,5 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m ² .hab ⁻¹	71
Tabela 8: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 1,0 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 0 a 40 m ² .hab ⁻¹	72
Tabela 9: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 1,0 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m ² .hab ⁻¹	73
Tabela 10: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 2,0 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas de específicas telhado de 0 a 40 m ² .hab ⁻¹	74
Tabela 11: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 2,0 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m ² .hab ⁻¹	75
Tabela 12: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 3,0 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 0 a 40 m ² .hab ⁻¹	76
Tabela 13: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 3,0 m ³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m ³ .hab ⁻¹ .dia ⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m ² .hab ⁻¹	77

Tabela 14: Resultados da eficiência e do coeficiente de retorno corrigido para área média <i>per capita</i> de telhado para Bauru (SP) de 49,21 m ² .hab ⁻¹	78
---	----

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Setor 1	61
Mapa 2: Setor 2	62
Mapa 3: Setor 3	63
Mapa 4: Setor 3 Expansão	64
Mapa 5: Setor 4	65
Mapa 6: Setor 4 Expansão	66
Mapa 7: Setor 5	67
Mapa 8: Setor 6	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BIC	Boletim Informativo Cadastral
DAE	Departamento de Água e Esgoto de Bauru
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPMet	Instituto de Pesquisas Meteorológicas
ONU	Organização das Nações Unidas
PMB	Prefeitura Municipal de Bauru
SEPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Bauru
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área para captação de água pluvial (m^2)
AA	Área de telhado por apartamento (m^2)
AAH	Área de telhado para apartamentos por habitante ($m^2.hab^{-1}$)
AC	Área de telhado para casas (m^2)
AH	Área de telhado por habitante ($m^2.hab^{-1}$);
AT	Média ponderada da área de telhado por domicílio (m^2)
ATM	representa a área total de telhado para o município (m^2)
C	Coefficiente de escoamento superficial
C_{pc}	Consumo de água total <i>per capita</i> ($m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$)
$D(i)$	Demanda diária de água pluvial (m^3)
D_{AP}	Demanda de água pluvial (m^3)
D_{BS}	Demanda da bacia sanitária
D_T	Demanda total (m^3)
e	Eficiência total (%) (sujeito a: $e \leq 30\%$, para bacia sanitária com caixa acoplada)
E	Erro máximo admitido na estimativa da média
Ea	Eficiência de atendimento ($0 < Ea < 1$)
Ea/h	Eficiência do sistema para a condição de igualdade das eficiências de atendimento e aproveitamento ($Ea = Eh$)
e_{BS}	Eficiência de atendimento da bacia sanitária
Eh	Eficiência de aproveitamento ($0 < Eh < 1$)
f	Coefficiente de retorno
$f_{corrigido}$	Coefficiente de retorno corrigido
ff	First-flush (mm)
hab	Número de habitante por domicílio
HD	Número de habitantes por domicílio
HD	Representa o número de habitantes por domicílio
HM	Número de habitantes do município - população total urbana
HD	Número de habitantes por domicilio
N	Tamanho da população - número total de domicílios particulares permanentes urbanos
n	Número de amostras total para coleta de campo

<i>NB</i>	Número de amostras por bairro para coleta
<i>NDA</i>	Número de domicílios abastecidos com água potável - domicílios particulares permanentes urbanos abastecidos pela rede geral
<i>NDM</i>	Número de domicílios do município - domicílios particulares permanentes urbanos
<i>NLB</i>	Número de lotes por bairro - número de domicílios particulares permanentes urbanos por bairro
<i>NLT</i>	Número de lotes total da cidade - número de domicílios particulares permanentes urbanos da cidade
<i>P</i>	Precipitação média (mm)
<i>PA</i>	Porcentagem de apartamentos
<i>PC</i>	Porcentagem de casas
<i>P(i)</i>	Volume precipitado (mm)
<i>P_L</i>	Potencial de lançamento
<i>V_a</i>	Volume de água pluvial ($\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)
<i>V_{a(i)}</i>	Volume de água pluvial diário ($\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)
<i>V_{AP}</i>	Volume de água pluvial ($\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)
<i>V_{mo}</i>	Volume médio diário de água pluvial ofertada ($\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}$)
<i>V_p</i>	Volume de água pluvial (m^3)
<i>V_{p(i)}</i>	Volume de água pluvial diário (m^3)
<i>V_e</i>	Volume de esgoto sanitário (m^3)
<i>V_T</i>	Volume total de água (m^3)
<i>V_{AT}</i>	Volume de água tratada (m^3)
<i>S_(i), S_(i-1)</i>	Volume de água no reservatório diário (m^3)
<i>z</i>	Quantil da distribuição normal correspondente a 95% de confiabilidade na estimativa da média
<i>η</i>	Eficiência do sistema de captação
<i>σ²</i>	Variância da variável principal - área de telhado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVO	17
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 UTILIZAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS AO LONGO DA HISTÓRIA	20
3.2 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	20
3.3 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	23
3.4 ÁREA DE TELHADO	24
3.5 COEFICIENTES DE RETORNO	26
3.6 COEFICIENTES DE RETORNO CORRIGIDO	28
4. METODOLOGIA	33
4.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS DA CIDADE DE BAURU (SP)	33
4.2 CÁLCULO DA ÁREA DE TELHADO	37
4.3 METODOLOGIA DE CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE RETORNO	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 CÁLCULO DA ÁREA DE TELHADO	41
5.2 CÁLCULO DO COEFICIENTE DE RETORNO CORRIGIDO E DO VOLUME ESTIMADO DE ÁGUA PLUVIAL LANÇADO NA REDE PÚBLICA DE ESGOTO	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7. CONCLUSÃO	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICE A - MAPA DE ZONEAMENTO DA CIDADE DE BAURU (LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAGENS).	60
APÊNDICE B - RESULTADOS DOS COEFICIENTES DE RETORNO PARA OS VOLUMES DE 0,5; 1; 2 E 3M ³ DE RESERVATÓRIO POR HABITANTE E PARA A ÁREA MÉDIA <i>PER CAPITA</i> DE TELHADO DE BAURU (SP).	69

1. INTRODUÇÃO

A água é um direito humano por ser essencial e fundamental à vida e a todas as atividades humanas, conforme consta no Artigo 3 da Declaração Universal dos Direitos Humanos, adotada pela ONU em 1948: “Todo ser humano tem direito à vida, à liberdade e à segurança pessoal”.

Atualmente, a água tem se tornado um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, à medida que está ocorrendo uma rápida redução na disponibilidade de água doce *per capita*, devido ao aumento gradativo da demanda para seus usos diversificados e à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis (SAUTCHUCK *et al*, 2005).

De acordo com The Rainwater Technology Handbook, 2001 *apud* Tomaz, 2003, estudos apontam que 30 a 40% do total de água consumida em uma residência é destinado para fins de usos não potáveis. Caso essa porcentagem fosse substituída por fontes alternativas como, por exemplo, aproveitamento da água pluvial e o reúso de águas servidas, a demanda do consumo de água de abastecimento diminuiria e geraria economia ao consumidor.

O uso da água captada deve ser feito somente para fins não potáveis e, de acordo com o tratamento, esses usos podem ser utilizados para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d’água e usos industriais, conforme NBR 15527/07.

Segundo Amorim e Pereira (2008), o aproveitamento da água pluvial tem se apresentando como uma boa alternativa para o aumento da oferta de água, já que além de reduzir o consumo de água potável, contribui no controle das enchentes.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial causam redução no consumo de água de abastecimento, mas sua utilização gera efluentes que retornam à rede coletora de esgoto. Como a cobrança pelo sistema público de abastecimento é feita pela relação água/esgoto, medida no hidrômetro, conseqüentemente, há uma redução do coeficiente de retorno da rede coletora do esgoto estimado. A preservação do valor desse coeficiente de retorno implicaria na subestimação do volume de esgoto para residências que empregam esses sistemas de aproveitamento em bacias sanitárias. Faz-se necessário o cálculo estimativo do volume desses efluentes gerados para a realização da coleta, transporte e tratamento. Determinado o volume de esgoto gerado, as empresas de saneamento podem estabelecer o

valor da cobrança relacionado aos serviços de coleta, transporte e tratamento do efluente, destinando estes custos aos consumidores.

Diante dessa análise preliminar, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito do lançamento de água pluvial, proveniente dos sistemas de aproveitamento no coeficiente de retorno da rede coletora de esgoto sanitário. Aplicou-se a metodologia proposto em Moruzzi (2015), nesse caso específico foi direcionado para a cidade de Bauru (SP), onde se pôde observar o comportamento do ajuste do coeficiente de retorno para diferentes cenários de aproveitamento de água pluvial, bem como se avaliou o efeito do aproveitamento de água pluvial e o fator retorno de esgoto proveniente da utilização desse sistema exclusivo para uso da bacia sanitária com caixa acoplada.

2. OBJETIVO

O principal objetivo desse estudo foi aplicar a metodologia, conforme proposto em Moruzzi (2015), para a correção do coeficiente de retorno de esgoto sanitário em unidades com sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade de Bauru (SP).

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

O objetivo específico foi analisar a área de telhado de casas e apartamentos, verificar a área total e por habitante de telhado do município de Bauru em domicílios particulares permanentes urbanos abastecidos pela rede geral da cidade de Bauru (SP).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água é um dos recursos mais abundantes encontrando na Terra, ocupando cerca de 70% de sua superfície. Grande percentual desse recurso, 97,5%, encontra-se nos mares e oceanos, na forma de água salgada, e apenas 2,5% corresponde à parcela de água doce; sua grande maioria está distribuída nas calotas polares do Ártico, do Antártico e das regiões polares, e nos reservatórios subterrâneos, correspondendo a, respectivamente, 68,9% e 29,9% do total (SCHIKLOMANOV, 1998 *apud* MAY, 2004).

Estima-se que somente 0,266% dos 2,5% totais de água doce disponíveis na superfície terrestre se encontram na forma de rios, lagos e reservatórios, e que apenas 0,007% estão localizados em áreas de fácil acesso para o uso humano (UNIÁGUA, 2006 *apud* MARINOSKI, 2007).

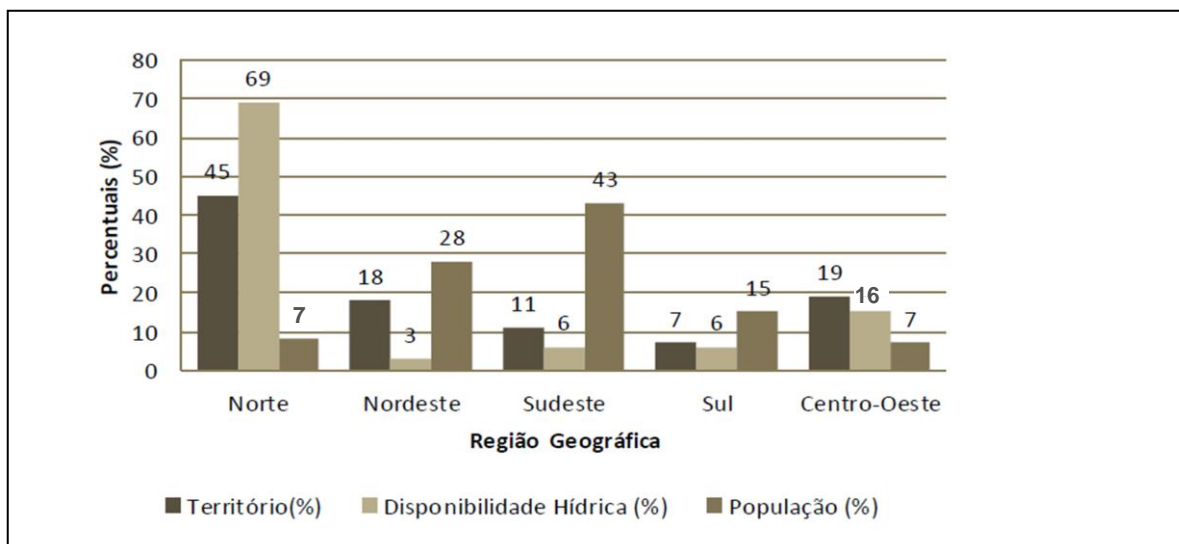
O Brasil apresenta grande oferta de recursos hídricos, representando 12% de toda a água doce mundial, uma situação satisfatória, quando comparada aos valores dos demais países informados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Entretanto, apesar desse aparente conforto, cerca de 80% de sua disponibilidade hídrica estão concentrados na região hidrográfica Amazônica, onde se encontra o menor contingente populacional e valores reduzidos de demandas consuntivas e os 20% restantes concentram-se nas regiões onde vivem 95% da população brasileira.

A região Norte do Brasil, com apenas 8% da população nacional, possui a maior disponibilidade hídrica do país, 69%, enquanto o Sudeste, que detém 43% da população, dispõe de apenas 6% de toda a água brasileira. Essa distribuição desigual ao longo do seu território proporciona uma diminuição da disponibilidade de água potável em algumas regiões, visto que, há uma desigualdade entre oferta e demanda (TOMAZ, 2001 *apud* MAY, 2004; GHISI, 2006). Na Figura 1 observa-se a distribuição do território, da disponibilidade hídrica e da população das regiões brasileiras.

Além dessa desigualdade distribuição hídrica brasileira, o aumento da demanda por água, ocasionada pelo rápido e desordenado crescimento da população brasileira, contribui de modo significativo para a redução de sua disponibilidade. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2012) estima que o consumo médio nacional de água, no ano de 2012 foi de 167,5 litros por habitante ao dia, um pequeno incremento de 4,9% em relação a 2011, quando o valor foi de 162,6 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Os consumos de 2012 apresentam variações regionais de 131,2 L.hab⁻¹.dia⁻¹ no Nordeste, 194,8 L.hab.⁻¹.dia⁻¹ no

Sudeste, 156,5 L.hab.⁻¹dia⁻¹ na região Centro-Oeste, 155,8 L.hab.⁻¹dia⁻¹ na região Norte e 149,3 L.hab.⁻¹dia⁻¹ na região Sul, como mostra a Figura 2. Observa-se que os estados da região Sudeste respondem pelas maiores médias nacionais.

Figura 1: Distribuição territorial hídrica e distribuição populacional para as regiões do Brasil.



Fonte: Adaptado de Ghisi, 2006.

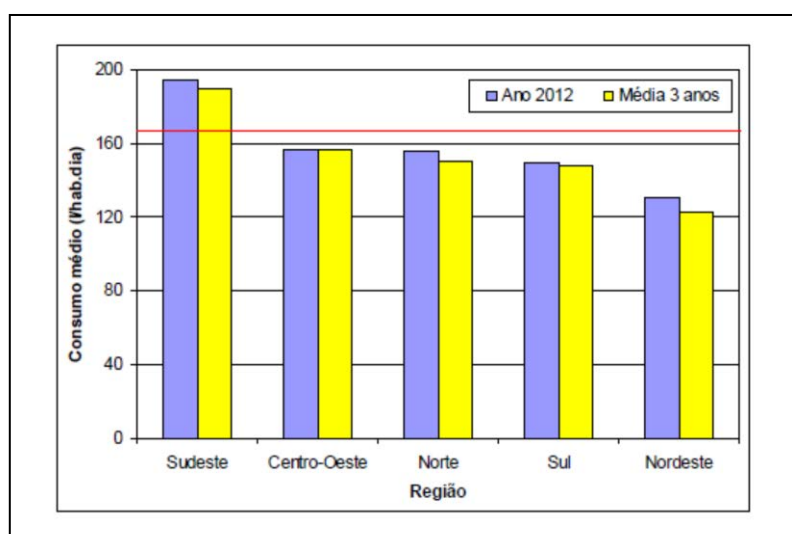


Figura 2: Demonstra o consumo médio *per capita*, segundo região geográfica e Brasil. Fonte: SNIS, 2012.

Com o crescimento desordenado da população há o aumento de problemas relacionados à drenagem urbana, a deterioração dos corpos d'água e elevação dos índices de desperdício (ANNECCHINI, 2005).

Diante desse quadro de carência de água, buscam-se fontes alternativas de águas de qualidade inferior para usos menos restritivos, tais como esgotos, particularmente de origem doméstica, águas pluviais, de drenagem agrícola e salobra. O uso de tecnologias apropriadas para o uso dessas fontes, associadas ao controle da demanda e uso racional da

água potável constitui uma estratégia básica para solucionar a falta de água. (MANCUSO & SANTOS, 2007).

3.1 UTILIZAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS AO LONGO DA HISTÓRIA

Segundo Evanari *et al apud* Gould; Nissen-Petersen (1999), o aproveitamento de águas pluviais têm um longo registro histórico com origem desconhecida, anterior ao nascimento de Jesus Cristo. Citam cisternas, datadas de 2000 a.C., para armazenamento de escoamentos das encostas no deserto de Negev, atual território de Israel; cisternas subterrâneas no Irã, utilizadas há séculos para armazenamento de águas pluviais para aproveitamento comunitário, conhecidas como *abanbars*; açudes e cisternas na região da Turquia, sendo que a maior cisterna já identificada foi construída em Istambul entre 527 e 565 d.C., com capacidade para 80.000m³.

Segundo Tomaz (2003), dependendo da área da edificação, do tipo do telhado (cerâmica, fibrocimento e metálica) e precipitação pluviométrica, em alguns países como Alemanha, Austrália, Estados Unidos e Japão, os sistemas de aproveitamento de água pluvial podem gerar uma economia superior a 30%. Salienta ainda que o Japão é um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água pluvial, além de promover estudos e pesquisas. Cita como exemplo a cidade de Tóquio, todos os prédios com área construída superior a 30.000 m² ou que utilizem mais de 100 m³ de água por dia para fins não potáveis, devem fazer aproveitamento de água de pluvial. Em 2005, na Alemanha, pesquisas mostraram que 35% dos edifícios construídos foram equipados com sistemas de coleta e aproveitamento de água pluvial (CANNON, 2010 *apud* TASSI *et al*, 2012). Segundo Fewkes (1999), no Reino Unido, os britânicos têm recebido incentivos para utilização das águas pluviais, em função da redução do volume de água potável substituído pelo uso das águas pluviais, e descreve que 30% do consumo de água potável das residências são utilizados nas descargas de vasos sanitários.

A China nos últimos anos construiu mais de cinco milhões de cisternas e, no sul da Austrália, cerca de 80% da população rural e 30% da urbana utilizam a água pluvial como fonte de abastecimento (ANDRADE NETO, 2013).

3.2 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A água utilizada para as atividades humanas, em uma residência, pode ser utilizada de duas formas distintas. A primeira se destina as funções denominadas potáveis, como a

higiene pessoal, a ingestão e a preparação de alimentos. A segunda, aos chamados usos não potáveis, como irrigação de jardins, lavagens de carros e quintais, e as descargas nas bacias sanitárias (ANNECHINI, 2005), dentre outros.

As características de habitação, do abastecimento de água, físicas, bem como a renda familiar, forma de gerenciamento do abastecimento e das características culturais da comunidade interferem no consumo da água residencial (Tsutiya, 2006).

Em duas residências unifamiliares localizadas no município de Palhoça, Santa Catarina, foi realizado por Ghisi e Oliveira (2007) um estudo para verificar o potencial de consumo de água. Consideraram o aproveitamento de água pluvial (para máquinas de lavar roupas e descargas de bacias sanitárias); reúso de águas cinza (para descargas); e a combinação do aproveitamento de água pluvial e do reúso de águas cinza. Os percentuais de economia de água encontrados foram de 36,6%, 33,8% para as duas residências unifamiliares, conforme demonstra a Tabela 1; e o menor retorno do investimento para a implantação destas medidas seria de 17 anos e 8 meses (Tabela 2). Observaram que são necessários incentivos por parte do governo, já que a economia de água não acarreta necessariamente em benefício econômico para o usuário residencial, já que se cobra uma taxa mínima na conta de água para consumos inferiores a 10m³ por mês. Por esse motivo, os períodos de retorno foram extremamente altos, variando de 17,7 anos (considerando o reúso de águas cinza) a 92,7 anos (considerando aproveitamento de água pluvial e reúso de águas cinza combinados).

Tabela 1: Consumo de água tratada em duas residências no município de Palhoça (SC)

Consumo	Potencial de consumo (%)	
	Residência A	Residência B
*Bacia Sanitária	30,4	25,6
Pia de cozinha	28	13,5
Chuveiro	32,7	45,7
Lavatório	1,9	2,6
Barba	0,8	4,4
*Lavagem de Roupa	6,2	8,2
Total	100	100
*Total não potável	36,6	33,8

Fonte: Adaptado de Ghisi e Oliveira (2007).

Ghisi e Ferreira (2007) realizaram uma pesquisa no bairro Trindade, na cidade de Florianópolis, semelhante à pesquisa anterior, em um condomínio residencial composto por três blocos de prédios. Primeiramente, os consumos de água foram estimados através

de aplicação de questionário aos usuários, medida da vazão de aparelhos sanitários e obtenção do consumo de água dos apartamentos junto à concessionária de água local. Consideraram três cenários distintos: aproveitamento de água pluvial; reúso de águas cinza; aproveitamento de água pluvial e reúso de águas cinza combinados (Tabela 2). Os percentuais de economia de água encontrados foram de 39,2%, 40,1% e 42,7% para os três blocos de apartamentos investigados (A, B e C, respectivamente), conforme Tabela 3. Porém, qualquer um dos sistemas não traz benefícios econômicos ao bloco C, pelo fato do consumo de água por apartamento ser inferior a 10m³ por mês. Neste caso, evidencia-se novamente a necessidade de revisão da legislação para incentivar formas alternativas de aproveitamento de água, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Período de retorno de economia de água em Florianópolis (SC)

Potencial de economia de água (%)	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Média
Água pluvial	14,7	15,6	17,7	16,0
Período de retorno (anos)	2,4	5	sem retorno	3,7
Água cinza	28,7	29,7	34,8	31,1
Período de retorno (anos)	2,1	5	sem retorno	3,6
Água pluvial e cinzas	36,7	37,9	42	38,9
Período de retorno (anos)	3,4	8	sem retorno	5,7

Fonte: Ghisi e Ferreira (2007).

Tabela 3: Potencial de economia no condomínio residencial em Florianópolis (SC)

Consumo	Potencial de Consumo (%)		
	Bloco A	Bloco B	Bloco C
*Bacia Sanitária	35,1	29,7	34,8
Lavagem de Louça	30,2	12,1	14
Chuveiro	16,2	23,2	28,6
Lavatório	14	23,4	14
*Lavagem de Roupa	2	5,9	6
*Limpeza	2,1	4,5	1,9
Cocção	0,4	1,2	0,7
Total	100	100	100
*Total não potável	39,2	30,9	42,7

Fonte: Adaptado de Ghisi e Ferreira (2007)

Comparando-se os períodos de retorno encontrados nos estudos citados anteriormente, observa-se que os períodos de retorno do investimento em condomínios residenciais tendem a ser muito mais vantajosos do que nas residências unifamiliares, onde

os períodos de retorno são praticamente inviáveis, considerando a taxa mínima para consumos inferiores a 10m³ por mês.

Em estudo semelhante em 40 cidades da Amazônia, Lima *et al* (2011) notaram um potencial de economia de água tratada variando entre 21% e 100%, com um potencial médio de 76%. Moruzzi *et al* (2009), em pesquisa realizada no setor residencial de quatro cidades médias do Estado de São Paulo, observaram um potencial médio de economia de 39,4%, com variação de 7% a 92,7%, dependendo da cidade e do mês analisado.

3.3 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis são basicamente constituídos pela coleta de água através da área de captação; o direcionamento, através de calhas e condutores; telas ou filtros para remoção de materiais grosseiros e o armazenamento em reservatório de acumulação (ANA, 2005). A captação de água pluvial pode ocorrer através superfície de telhados ou pavimentos, sendo que a água captada através dos telhados apresenta qualidade superior (MORUZZI *et al*, 2008).

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende dos dados pluviométricos, da área de captação e da demanda de água a ser atendida. A determinação de um volume adequado de reservatório é essencial para o sistema de aproveitamento de água pluvial, já que o reservatório representa a maior parte do investimento necessário (TOMAZ, 2003).

Para o dimensionamento dos reservatórios é necessário determinar a capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível à demanda exercida com um menor custo de implantação (MORUZZI *et al*, 2012).

Em um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, com áreas de captação horizontal superiores a 350m² geralmente apresentam-se mais favoráveis ao investimento de um sistema de aproveitamento de água pluvial quando comparadas a menores áreas, mesmo utilizando os métodos tradicionais de dimensionamento (MORUZZI *et al*, 2008).

Atualmente, a maioria dos projetos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial para fins não potáveis são essencialmente empíricos em decorrência da variedade e complexidade dos métodos encontrados na literatura, o que dificulta a utilização dos mesmos. Assim, dependendo do método de dimensionamento utilizado, pode-se chegar a valores proibitivos da capacidade do reservatório quer seja por razões físicas ou

econômicas (MORUZZI *et al*, 2012). Sendo assim, o estudo detalhado de tais métodos torna-se uma etapa primordial para promover a aplicação deles (CARVALHO *et al*, 2007).

3.4 ÁREA DE TELHADO

Fontes e Barbassa (2003) realizaram um estudo na cidade de São Carlos – SP, com o objetivo de avaliar parâmetros do desenvolvimento urbano. A avaliação e coletas foram embasadas estatisticamente e associadas ao Sistema de Informação Geográfica. Objetivou-se ainda cruzar os parâmetros entre si e com variáveis populacionais e de drenagem das águas pluviais. Para analisar os parâmetros urbanos aplicou-se um procedimento estatístico de amostragem, que requereu a definição do elemento morfológico a ser amostrado, estudo piloto, para estimativas da amostragem definitiva.

Para o levantamento desses parâmetros citados, Fontes e Barbassa (2003) tiveram que definir uma unidade espacial de trabalho. E definiram a “quadra” como unidade espacial. A partir da unidade espacial selecionada, foram numeradas todas as quadras da cidade de São Carlos – SP. A Taxa de ocupação (TO) foi considerada como principal pela sua importância no estudo das áreas livres e construídas do lote. A Equação 1 foi utilizada para determinar o tamanho da amostra aleatória estratificada proporcional (n), ou seja, o número de quadras a serem sorteadas.

$$n = \frac{(N * \sigma^2)}{(\sigma^2 + (N - 1) * \left(\frac{E}{z}\right)^2)} \quad (1)$$

onde:

n : número de amostras total para coleta de campo;

σ^2 : variância da variável principal - área de telhado;

N : tamanho da população - número total de domicílios particulares permanentes urbanos;

E : erro máximo admitido na estimativa da média, adotado 5%;

z : quantil da distribuição normal correspondente a 95% de confiabilidade na estimativa da média.

A utilização da Equação 1 é adequada para amostra aleatória simples e estimativa da média populacional da variável principal, “fornecendo um tamanho amostral maior do que o requerido”, Benze e Tomazella (1999) *apud* Fontes e Barbassa (2003). Então, calculou-se o tamanho de amostra n , conforme a Equação 2.

$$NB = \frac{NLB}{NLT} * n \quad (2)$$

onde:

NB: número de amostras por bairro para coleta;

NLB: número de lotes por bairro - número de domicílios particulares permanentes urbanos por bairro;

NLT: número de lotes total da cidade - número de domicílios particulares permanentes urbanos da cidade;

n: número de amostras total para coleta.

Ghisi (2006) a fim de estimar o potencial de economia de água potável utilizando o sistema de aproveitamento de água pluvial sobre as cinco regiões do Brasil, precisou determinar a área do telhado específico per capita, bem como o número de habitantes por domicílio. Para a determinação da área de telhado por habitante em apartamentos utilizou a da Equação 3, considerou-se a área de telhado por unidade de apartamento de 15m².

$$AAH = \frac{AA}{HD} \quad (3)$$

onde:

AAH: área de telhado por habitante para apartamentos (m².hab⁻¹);

AA: área de telhado por apartamento (15m²);

HD: número de habitantes por domicilio.

Para o cálculo da área total de telhado Ghisi *et al* (2006) utilizou-se da Equação 4.

$$HD = \frac{HM}{NDM} \quad (4)$$

onde:

HD: número de habitantes por domicílio;

HM: número de habitantes do município - população total urbana;

NDM: número de domicílios do município - domicílios particulares permanentes urbanos.

O estudo de Ghisi *et al* (2006) descreve o cenário de disponibilidade de água no estado de Santa Catarina, sul do Brasil e avalia o potencial de poupança de água potável estimado para o setor residencial, em sua metodologia utilizou a média ponderada para cálculo da área de telhado por domicílio (casas e apartamentos), determinado através da Equação 5.

$$AT = (PC * AC) + (PA * AAH * HD) \quad (5)$$

onde:

AT: média ponderada da área de telhado por domicílio (m²);

PC: porcentagem de casas;

AC: área de telhado para casas (m²);

PA: porcentagem de apartamentos;

AAH: área de telhado para apartamentos por habitante (m².hab⁻¹);

HD: número de habitantes por domicílio.

6. Para obter o valor da área total de telhado Ghisi *et al* (2006) utilizou-se da Equação

$$ATM = AT * NDA \quad (6)$$

onde:

ATM: área total de telhado para o município (m²);

AT: média ponderada da área de telhado por domicílio (m²);

NDA: número de domicílios abastecidos com água potável - domicílios particulares permanentes urbanos abastecidos pela rede geral.

Determinou-se a área de telhado por habitante com base na área total de telhado e no número de habitantes urbanos do município conforme a Equação 7 (GHISI *et al*, 2006).

$$AH = \frac{ATM}{HM} \quad (7)$$

onde:

AH: área de telhado por habitante (m².hab⁻¹);

ATM: área total de telhado para o município (m²);

HM: número de habitantes no município - população urbana total.

3.5 COEFICIENTES DE RETORNO

A relação média entre os volumes de esgoto produzido e a água efetivamente consumida dá-se o nome de coeficiente de retorno ($C = \text{vazão de esgoto} / \text{vazão de água}$). Entende-se por consumo efetivo aquele registrado na micromedição da rede de distribuição de água descartando-se, portanto, as perdas do sistema de abastecimento. A variação do valor desse coeficiente em função do aproveitamento de água pluvial é o foco principal do presente trabalho.

Os sistemas de esgoto sanitário podem ser de três tipos: sistema unitário, sistema misto ou separador parcial e o sistema separador absoluto. A norma NBR 9649/86

recomenda que o sistema de esgotamento sanitário adotado no Brasil seja o separador absoluto. Esse sistema adotado é concebido para receber exclusivamente, águas residuárias domésticas, águas de infiltração e resíduos líquidos industriais coletados e transportados no sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em outro sistema independente, denominado sistema de drenagem pluvial.

De modo geral, o coeficiente de retorno está na faixa de 0,5 a 0,9, dependendo das condições locais. Em áreas residenciais com muitos jardins, os valores são menores, enquanto que nas áreas centrais densamente povoadas os valores tendem a ser mais elevados. A NBR 9649/86 recomenda a utilização de um coeficiente de retorno de 0,8 para a elaboração de projetos, caso inexistam dados locais. Na Tabela 4 estão apresentados valores do coeficiente de retorno, que foram retirados de diversas pesquisas realizadas, e também, recomendados por diversos autores (TSUTIYA E SOBRINHO, 1999).

Tabela 4: Coeficiente de retorno obtidas por medições ou recomendadas para projeto.

Autor	Local	Ano	Coeficiente de Retorno	Condição de Obtenção dos Valores
José A. Martins	São Paulo	1977	0,7 a 0,9	Recomendações de projeto
Azevedo Neto	São Paulo	1981	0,7 a 0,8	Recomendações de projeto
NBR 9649 - ABNT	Brasil	1986	0,8	Recomendações de projeto
Luis P. Almeida Neto, Gilberto O. Gaspar, João B. Comparini & Nelson L. Silva	Cardoso, Guarani D'Oeste e Valentil Gentil (Estado de São Paulo)	1989	0,35 a 0,68	Medições em sistema operando há vários anos
SABESP	São Paulo	1990	0,85	Recomendações para projeto - Plano Diretor de Esgotos da Região Metropolitana de São Paulo
João B. Comparini	Cardoso, Pedranópolis, Guarani D'Oeste e Indiaporã (Estado de São Paulo)	1990	0,42 a 0,73	Medições em sistema operando há vários anos
Milton T. Tsutiya & Orlando Z. Cassettari	Tatuí (Estado de São Paulo)	1995	0,52 a 0,84	Medições em sistema operando há vários anos
Steel	EUA	1960	0,7 a 1,3	Para as condições norte-americanas
Fair, Geyer & Okun	EUA	1968	0,6 a 0,7	Recomendações de projeto
Metcalf & Eddy Inc.	EUA	1981	0,7	Recomendações de projeto

Fonte: Tsutiya e Sobrinho (1999)

Souza *et al* (2005) analisaram o coeficiente de retorno para a rede coletora de esgoto da cidade de Campo Grande (MS), objetivando avaliar e comparar os consumos de água registrados por hidrômetros instalados nos ramais prediais e os volumes de esgotos obtidos por meio de medidores de vazão de conduto livre instalados nos poços de visita, em áreas representativas da rede de esgoto. Esses autores concluíram que o coeficiente de retorno médio para a rede coletora de esgotos está entre 0,71 e 0,85 com 90% de confiança.

A relação entre o consumo de água tratada e a geração de esgoto, pode ser alterada por diversos fatores como, por exemplo, as taxas de urbanização, o padrão das residências e o clima (HOROSKI *et al*, 2011). A taxa de urbanização do solo está diretamente relacionada às cargas de constituintes do esgoto sanitário, pois, quanto maior a área urbanizada, maior serão essas cargas.

Entretanto, o uso de água pluvial para fins não potável, proveniente de sistemas de captação e aproveitamento, provoca um desequilíbrio na relação água /esgoto, uma vez que a utilização dessa água promove a redução do consumo de água tratada fornecida pela companhia de saneamento. Embora haja redução no consumo de água tratada, o volume de esgoto gerado permanece constante ou maior, dependendo da utilização da água pluvial do sistema de aproveitamento, e continua a ser coletado e tratado sem ser contabilizado.

O desequilíbrio dessa relação água tratada e esgoto, mediante ao uso de água pluvial, cujos custos de destinação e tratamento não são contabilizados pelo sistema de tarifação de esgoto faz com que, em geral, as empresas de saneamento rejeitem essa prática, embora conheçam as vantagens (TASSI *et al*, 2012).

Em estudo, Tassi *et al* (2012) verificaram uma diferença de arrecadação entre 1,42% para edificação residencial e 11,53 % para edificação comercial. Concluíram que a metodologia proposta apresentaram resultados coerentes para a estimativa de volume de esgoto gerado pelo sistema, e poderiam ser adotada pelas companhias de saneamento.

3.6 COEFICIENTES DE RETORNO CORRIGIDO

Moruzzi (2015) realizou estudos específicos ao município de Rio Claro – SP, com o objetivo de apresentar metodologia e estimar o volume de água pluvial descarregado no sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário, por meio de práticas de aproveitamento em residências unifamiliares, com foco no atendimento e no uso de bacia sanitária com

suprimento híbrido, ou seja, abastecida por água pluvial e por água potável do sistema público de abastecimento.

As simulações do estudo de Moruzzi (2015) foram realizadas considerando o balanço de massa diário para o período consecutivo de um ano hidrológico, com base nos registros diários de precipitação do município de Rio Claro – SP, em 40 anos de medições. Os resultados foram parametrizados em relação ao número de habitantes por domicílio. As Equações 8, 9, 10 e 11 apresentam as relações utilizadas.

$$S_{(i)} = Vp_{(i)} + S_{(i-1)} - D_{(i)}; \text{ onde } i = 1, 2, 3, \dots 365 \text{ dias} \quad (8)$$

onde:

$Vp_{(i)}$: volume de água pluvial (m^3);

$S_{(i)}, S_{(i-1)}$: volume de água no reservatório (m^3);

$D_{(i)}$: demanda diária de água pluvial (m^3).

$$Vp_{(i)} = C * A * \eta * (P_{(i)} - ff) \quad (9)$$

onde:

$P_{(i)}$: volume precipitado (mm);

C : coeficiente de escoamento superficial (0,8);

A : área para captação de água pluvial (m^2);

η : eficiência do sistema de captação (1,0);

ff : first-flush (0 mm, abstração da primeira chuva).

$$Ea = \frac{\sum_{i=1}^{365} Va(i)}{\sum_{i=1}^{365} D(i)} \quad Va(i) = \begin{cases} D(i) & \text{if } Vp(i) + S(i-1) \geq D(i) \\ S(i-1) + Vp(i) & \text{if } 0 < S(i-1) + Vp(i) < D(i) \end{cases} \quad (10)$$

onde:

Ea : eficiência de atendimento ($0 < Ea < 1$);

$Va(i)$: volume de água pluvial aproveitado (m^3);

$D(i)$: demanda de água pluvial (m^3).

$$Eh = \frac{\sum_{i=1}^{365} Va(i)}{\sum_{i=1}^{365} Vp(i)} \quad \text{for } ff = 0 \quad (11)$$

onde:

Eh : eficiência de aproveitamento ($0 < Eh < 1$).

Para a correção do coeficiente de retorno, foram fixadas as seguintes hipóteses, de acordo com a metodologia de Moruzzi (2015).

- A demanda total (D_T) refere-se à soma dos usos de água tratada e água pluvial, incidindo o mesmo fator f às parcelas;
- A água pluvial destina-se somente aos usos não potáveis;
- A água pluvial apresenta-se como fonte alternativa, havendo outras formas de abastecimento de água;
- Não há criação de nova demanda devido ao uso da água pluvial;
- A demanda de água pluvial (D_{AP}) permanece constante;
- As eficiências de aproveitamento e atendimento são iguais ($E_a = E_h$), implicando na igualdade entre a demanda de água pluvial (D_{AP}) e no volume de água pluvial utilizado (V_{AP}), ou seja, $D_{AP} = V_{AP}$ (MORUZZI et al, 2012).
- A bacia sanitária hipotética utilizada é do tipo caixa acoplada e é abastecida tanto do sistema de aproveitamento de água pluvial quanto do sistema público de abastecimento;
- A eficiência média da bacia sanitária pode ser estimada e seu valor máximo correspondente a 30% do consumo máximo diário total, adotado conforme Pura (1995).

Para obter demanda ótima diária (V_a) capaz de atender plena ou parcialmente o uso pretendido, Moruzzi (2015), utilizou-se da solução do conjunto de equações de 8 a 11 e aplicou o método de otimização numérica com o objetivo de minimizar a extravasão para cada situação específica e determinar a soma da demanda diária no intervalo de tempo de 1 a 365 dias, para cada volume arbitrado, sujeita a restrição de $E_a = E_h$.

Moruzzi (2015), em posse desses dados, estimou o volume médio ofertado (V_{mo}) de água pluvial em $m^3 \cdot hab^{-1} \cdot dia^{-1}$ e determinou o percentual de atendimento em relação a diferentes valores de consumo per capita e diferentes volumes específicos de reservatório, conforme Equações 12 e 13. Dessa forma, a eficiência média da sanitária pode ser estimada e seu valor máximo correspondente a 30% do consumo diário total, adotado conforme dados de Pura (1995).

$$V_{mo} = E_a/h + V_a/365 \quad (12)$$

onde:

V_{mo} : volume médio diário de água pluvial ofertada ($m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$);

E_a/h : eficiência do sistema para a condição de igualdade das eficiências de atendimento e aproveitamento ($E_a=E_h$);

V_a : volume de água pluvial ($m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$).

$$e = V_{mo}/(hab * C_{pc}) \quad (13)$$

onde:

e : eficiência total (sujeito a: $e \leq 30\%$, para bacia sanitária com caixa acoplada);

V_{mo} : volume médio de água pluvial ofertada ($m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$);

hab : número de habitante por domicílio;

C_{pc} : consumo de água *per capita* de 0,12; 0,15; 0,18; 0,20 e 0,25 $m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$.

As Equações de 14 a 19 propostas em Moruzzi (2015), pode-se calcular o volume de água pluvial (V_{AP} em $m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$), conforme a Equação 14.

$$V_{AP} = V_{AT} * \frac{e}{(1 - e)} \quad (14)$$

O coeficiente de retorno da rede coletora de esgoto (f) foi resolvido pela Equação 15.

O cálculo do coeficiente de retorno corrigido ($f_{corrigido}$) é dado pela Equação 16.

$$f = V_e / V_{AT} \quad (15)$$

$$f_{corrigido} = \frac{V_e}{(x * V_{AT})} \quad (\text{para } 0,7 \leq x \leq 1, \text{ pois } 0 \leq e \leq 0,3) \quad (16)$$

onde:

V_e : representa o volume de esgoto sanitário (m^3);

f : o coeficiente de retorno.

x : representa o coeficiente de redução no valor fornecido pelo sistema público de abastecimento (V_{AT}), sendo observada a seguinte condição: para $V_{AC} = D_{BS}$, $x=1$.

Sendo $x+e=1$, onde e representa a eficiência total e o D_{BS} demanda da bacia sanitária.

O volume total que abastece a descarga da bacia foi dado pela Equação 17.

$$D_{BS} = V_{AT} + V_{AP} \quad (17)$$

A partir desses dados, aplicou-se a correção o coeficiente de retorno da rede coletora de esgoto (f), inicialmente arbitrado em 0,8, conforme a NBR 9649/86. Estabeleceu-se a relação entre o coeficiente de retorno corrigido ($f_{\text{corrigido}}$) e da eficiência (e), dado pela Equação 18. A relação entre o quociente da eficiência total (e) e da eficiência de atendimento da bacia sanitária (e_{BS}) foi estabelecida na Equação 19.

$$\frac{f_{\text{corrigido}}}{f} = \left[1 + \frac{e}{(1 - e)} \right] \quad (18)$$

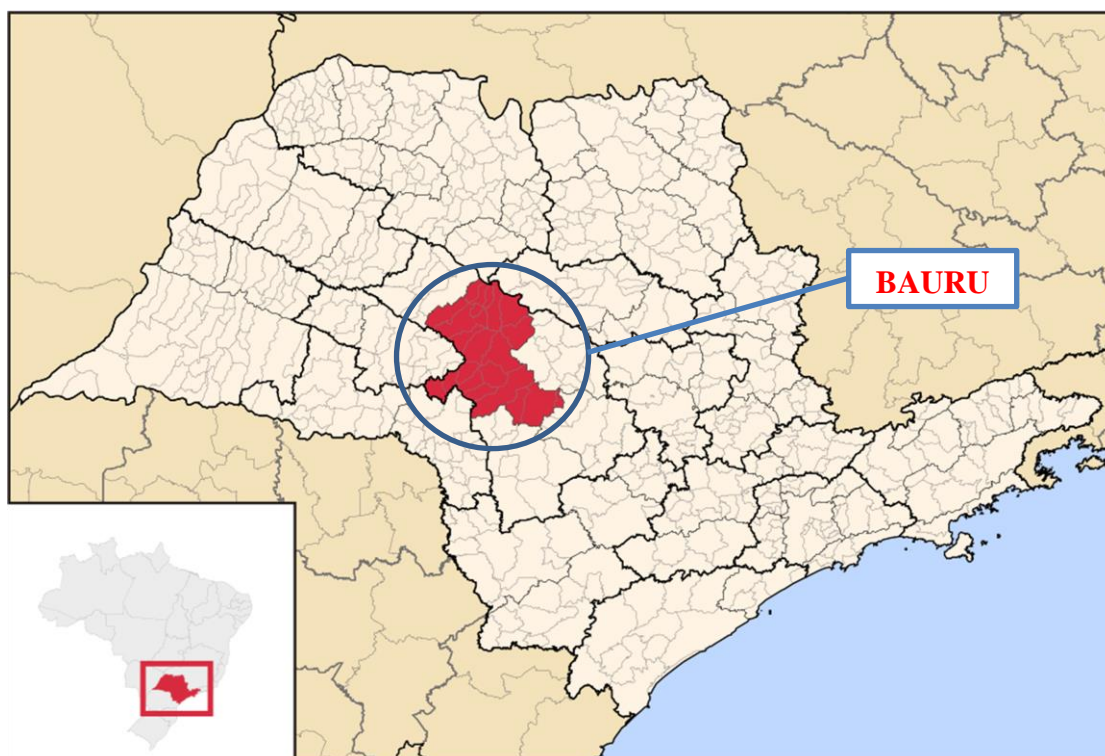
$$\frac{D_{BS}}{V_{AT}} = \frac{e}{e_{BS}} \quad (19)$$

4. METODOLOGIA

4.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS DA CIDADE DE BAURU (SP)

O município de Bauru localiza-se a noroeste da capital do estado de São Paulo, distando desta cerca de 326 km. Como representado na Figura 3. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) Bauru possui uma área territorial de 667,684 km², e em 2014 a sua população foi estimada em 364.562 habitantes, sendo que em 2010 era o 18º mais populoso de São Paulo.

Figura 3: Localização do Município de Bauru (SP).



Fonte: Adaptado Wikimedia, 2015.

Os principais recursos hídricos no município de Bauru são as bacias hidrográficas do Ribeirão Água Parada, rio Batalha, rio Bauru e Ribeirão Campo Novo, que junto com os seus respectivos afluentes formam a rede hidrográfica que banha o município. A captação de água para o abastecimento público do município corresponde a 40% do rio Batalha e o restante em 29 poços distribuídos em toda área urbana (BAURU, 2014).

As águas pluviais da cidade de Bauru são drenadas para duas bacias hidrográficas que dividem o município, a bacia hidrográfica do rio Batalha, que pertencente à bacia hidrográfica do Tietê-Batalha, ocupa 504,7 km² e compreende cerca de 74,3 % da área

total do município de Bauru, enquanto que a bacia hidrográfica do rio Bauru, pertencente à bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, ocupa 174,7 km², cerca de 25,7% da área total do município (BAURU, 2004).

Segundo Figueiredo *et al* (2010), em Bauru a temperatura não é um fator determinante para diferenciar as estações, já que a cidade apresenta temperaturas elevadas no inverno. A temperatura média no verão fica em torno de 25,2 °C e no inverno, 19,8 °C. Quanto aos dias chuvosos no inverno está entre 82 a 91%, representando quase três meses sem chuva, e no verão apenas 49%.

4.1.1 Coleta de informações populacionais e domiciliares

Os elementos espaciais estudados foram os lotes urbanos. Segundo o cadastro técnico fornecido pela Secretaria Municipal de Planejamento de Bauru (SEPLAN, 2014) a cidade contava em agosto de 2014 com 206.693 lotes, sendo que 135.736 o número total de empreendimentos verticais (residencial ou comercial), residenciais e comerciais, e os demais, 70.957, lotes vagos. Devido à grande variabilidade e número de lotes, foi preciso realizar um estudo estatístico para determinação da quantidade de amostras a serem coletadas, visando estimativas e análises satisfatórias dos parâmetros. A caracterização foi realizada levando-se em consideração os lotes ocupados de uso residencial. Quando o lote escolhido fosse de uso comercial ou vazio, esse foi substituído por outro lote.

A Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAN), na seção de Divisão de Cadastro, disponibilizou o Boletim Informativo Cadastral (BIC) dos lotes requeridos, que constam informações tais como: a área do lote, uso do imóvel (residencial e/ou comercial), área construída entre outras informações. Já na seção de Divisão de Aprovação de Projetos (DAP), que também faz parte da Secretaria de Planejamento, disponibilizou a planta baixa do município e os mapas de setores. Os arquivos contêm a disposição dos bairros e das quadras. Os mapas dos setores podem ser observados no Apêndice A.

No arquivo geral da Prefeitura do Município de Bauru estão acondicionados, em caixas de plásticas, os processos de aprovação e/ou regularização das construções separadas por numeração/ ano. Em cada caixa pode-se encontrar amostras aleatórias de mais de um setor do Mapa de Zoneamento. Para uma coleta de amostra mais precisa, selecionou-se várias caixas de forma a obter o número de amostras por setor. Os critérios utilizados para a seleção das amostras aleatória foram:

- A construção apenas de uso residencial;
- A que continha habite-se anexo;
- Separadas por setor do Mapa de Zoneamento da cidade de Bauru – SP, de acordo com o número de amostras detalhada na Tabela 5.
- As plantas aprovadas e/ou regularizadas foram analisadas de forma detalhada, para que fosse descontadas da área total construída as áreas de piscina e de um sobrado a área de telhado/ cobertura fosse da projeção do corpo edificado.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Bauru (SP) é constituído pelos distritos de Bauru e Tibiriçá. Os mapas de setores, fornecidos pela SEPLAN, de números 01 a 05 são do distrito de Bauru e número 6, do Distrito de Tibiriçá.

4.1.2 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial (C), também conhecido como coeficiente Runoff, ou coeficiente de deflúvio é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.

Para efeito de cálculo como o volume de água que pode ser aproveitado não é o mesmo do volume precipitado, utiliza-se esse o coeficiente de escoamento superficial, que, varia com a região, inclinação e material da superfície de captação.

Os coeficientes de Runoff adotados por Hofkes (1981); Frasier (1975) para telhas cerâmicas são de 0,8 a 0,9; enquanto para telhas corrugadas de metal varia de 0,7 a 0,9. Para esse estudo, serão adotados telhas cerâmicas e o valor de 0,80, conforme Moruzzi (2015), que significa uma perda de 20% de toda a água precipitada, da água pluvial pela limpeza inicial da superfície dos telhados e pela evaporação e ainda não contempla as perdas produzidas pela eficiência do sistema de captação.

4.1.3 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos diários de Bauru foram fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet). Adotou-se o ano de 2013 para o estudo, uma vez que a média acumulada no ano de 2013 ficou próxima do resultado da média ponderada dos últimos 06 (seis) anos.

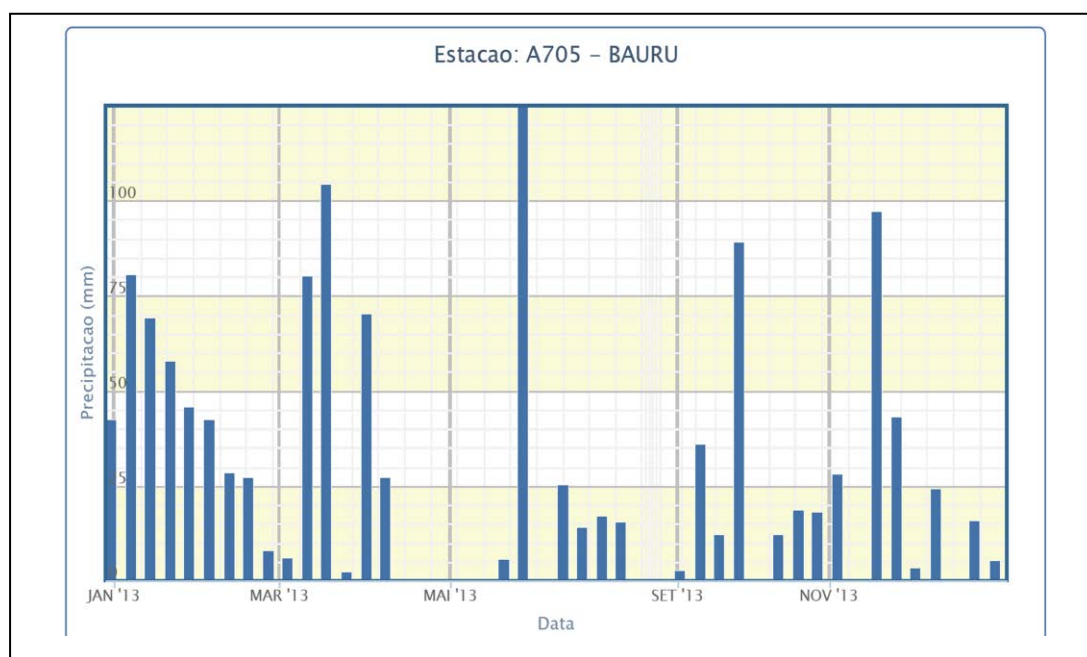
A Figura 4 corresponde à precipitação diária em Bauru em janeiro de 2013 e a Figura 5, representa graficamente a precipitação em Bauru no ano de 2013.

Figura 4: Precipitação diária do mês de Janeiro em Bauru (SP)

Precipitação Diária de Bauru (Janeiro/ 2013)					
DIA	PRECIPTAÇÃO (mm)	DIA	PRECIPTAÇÃO (mm)	DIA	PRECIPTAÇÃO (mm)
1	17,3	12	13,2	22	0
2	0,3	13	64,8	23	0
3	0	14	0,3	24	0
4	26,2	15	7,9	25	64,3
5	0,5	16	51,6	26	5,3
6	3,3	17	7,4	27	0
7	0,3	18	0,3	28	0
8	13,7	19	0	29	0
9	0,8	20	0	30	0
10	0,3	21	0	31	6,6
11	0				

Fonte: IPMet (2014).

Figura 5: Gráfico da precipitação acumulada em Bauru (SP), ano 2013.



Fonte: INMET (2014).

4.1.4 Demanda de água potável

O Departamento de Água e Esgoto (DAE) informou, em fevereiro de 2015, que consumo médio de água tratada no município de Bauru (SP) foi por volta de $0,20 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ em 2014. Considerou-se para esse estudo um consumo de água potável uniforme durante o ano, e calculou-se a demanda de água potável mensal (*DAP*) $\text{m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$.

4.2 CÁLCULO DA ÁREA DE TELHADO

A determinação da área total de telhado por habitante para o município de Bauru (SP), bem como área de telhado para apartamentos e para residências seguiram a adaptação da metodologia de Ghisi, Montibeller e Schmidt (2006) e os valores foram extraídos do estudo realizados por Ghisi (2006).

A área média de telhado por lote, referente à habitação, foi calculada através do método estatístico de amostragem, para tal necessitou-se de definição do elemento morfológico, a realização de um estudo piloto e a amostragem definitiva. Para a estimativa da amostragem, a cidade de Bauru foi subdividida em 6 setores, obedecendo à divisão do Mapa de Setores, com os quais os lotes são cadastrados junto a Prefeitura Municipal de Bauru (SP), apresentados no Apêndice A.

Definiu-se o lote como sendo elemento morfológico, por ele estar presente em toda a área de estudo. A variável principal adotada para determinar o tamanho da amostra foi a área de telhado de cada lote, pois está relacionada com as demais variáveis de interesse como área construída.

O estudo piloto foi realizado de forma a determinar a variância da variável principal, o qual foi baseado em uma breve amostragem no cálculo da determinação do tamanho da amostra total. Para esse estudo utilizou-se os 06 mapas dos setores de Bauru, amostrando 06 lotes dos setores 1 e 6; 06 lotes do setor 2; 06 lotes do setor 3; 07 lotes do setor 4; e 05 lotes do setor 5, perfazendo um total de 30 lotes. Esses dados foram coletados através do levantamento das quadras e do Boletim Informativo Cadastral (BIC) de cada lote que fizeram parte dessa amostragem.

O cálculo do tamanho da amostra aleatória foi determinado a partir da metodologia de Fontes e Barbassa (2003), baseado em um estudo estatístico por amostragem estratificada aleatória e proporcional. Então o número de lotes da amostra foi definido pela Equação 1.

A fim de garantir a distribuição e proporcionalidade entre as coletas das amostras, utilizou-se a divisão do município em setores e o número de domicílios particulares permanentes urbanos. Então a amostragem será baseada na proporção entre o número de domicílios particulares urbanos em cada setor e o número total de domicílios particulares urbanos da cidade. O cálculo dessa proporção será definido conforme a Equação 2.

De maneira aleatória foi definida uma quadrícula em cada setor, no mapa de zoneamento da cidade, o qual garantiu a imparcialidade na escolha dos lotes, já que o mapa consta apenas as identificações das quadras e divisão dos setores.

Após a escolha das quadrículas, os lotes foram identificados e o levantamento da área do telhado foi efetuado.

Conforme a metodologia de Ghisi (2006), a área de telhado considerada foi de 15m² por unidade de apartamento. A área de telhado por habitante em apartamentos no município estudado foi determinada através da Equação 3. O número de habitantes por domicílio foi determinado com base nos dados do Censo 2014 do IBGE.

A área total de telhado foi calculada utilizando a adaptação da metodologia por Ghisi (2006). Foi determinado o número de habitantes por domicílio, conforme a Equação 4.

O número de domicílios abastecidos com água potável foi fornecido através de um levantamento realizado pela PMB em agosto de 2014. Os dados utilizados fazem referência ao número de domicílios particulares permanentes urbanos que são abastecidos com água potável pelo DAE.

A média ponderada para cálculo da área de telhado por domicílio (casas e apartamentos), foi determinada através da Equação 5 e a área total de telhado para o município foi calculado conforme a Equação 6 (GHISI *et al*, 2006).

Determinou-se a área de telhado por habitante com base na área total de telhado e no número de habitantes urbanos do município conforme a Equação 7 (GHISI *et al*, 2006).

4.3 METODOLOGIA DE CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE RETORNO

A metodologia utilizada para o ajuste do coeficiente de retorno baseada nas eficiências (*e*) resultantes das frações que as demandas de água pluvial representam em relação às demandas totais, e do coeficiente de retorno da rede coletora de esgoto (*f*) aplicado pelas companhias de saneamento, conforme proposto em Moruzzi (2015). Para a aplicação dessa metodologia foram realizadas as avaliações de aproveitamento de água pluvial para diferentes cenários de áreas de telhado e volumes de reservatórios.

Para a avaliação do aproveitamento de água pluvial utilizou-se os conceitos de eficiência de aproveitamento e atendimento apresentados por Moruzzi *et al* (2012), que se baseiam na maximização do uso do sistema implantado, proporcionando a minimização do tempo de amortização do investimento, o aumento da disponibilidade de água pluvial no reservatório e a redução do volume excedente. As simulações foram realizadas

considerando o balanço de massa diário para o período de um ano e utilizou-se para o cálculo as Equações de 8 a 11. Para a correção do coeficiente de retorno, foram fixadas as hipóteses de acordo com a metodologia de Moruzzi (2015), citadas no item 3.5 desse trabalho.

Para a correção do coeficiente de retorno, se fez necessário o cálculo do potencial de lançamento na rede coletora de esgoto proveniente do aproveitamento de água pluvial. Por essa razão, foi estimado o volume médio de água pluvial ofertado diariamente. Esse volume foi determinado a partir da hipótese adotada anteriormente, igualando as eficiências de atendimento e aproveitamento ($Ea= Eh$) e determinou-se a partir desses dados a eficiência. A partir das Equações 12 e 13 calculou-se o volume médio ofertado e a eficiência. A eficiência média da bacia sanitária pode ser estimada e seu valor máximo correspondente a 30% do consumo diário total, conforme Pura (1995).

Assim, calculou-se o volume de água pluvial (V_{AP} em $m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$) em função da eficiência (e) e do volume de água tratada (V_{AT} em $m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$), conforme a Equação 14.

O coeficiente de retorno da rede coletora de esgoto (f) foi resolvido pela Equação 15 e o cálculo do coeficiente de retorno corrigido ($f_{corrigido}$) é dado pela Equação 16.

O volume total que abastece a descarga da bacia sanitária recebe água tanto do sistema de aproveitamento quanto do sistema público de abastecimento foi calculado pela Equação 17.

A partir desses dados, aplicou-se a correção o coeficiente de retorno da rede coletora de esgoto (f), inicialmente arbitrado em 0,8, conforme a NBR 9649/86. Estabeleceu-se a relação entre o coeficiente de retorno corrigido ($f_{corrigido}$) e da eficiência (e), dado pela Equação 18. A relação entre o quociente da eficiência total (e) e da eficiência de atendimento da bacia sanitária (e_{BS}) é estabelecida na Equação 19.

Avaliaram-se diversas situações de áreas específicas de telhado por habitante ($m^2.hab^{-1}$), volumes específicos de reservatórios ($m^3.hab^{-1}$) e demanda de água total *per capita* (0,12; 0,15; 0,18; 0,20 e 0,25 $m^3.hab^{-1}.dia^{-1}$) com o intuito de analisar o comportamento do coeficiente de retorno corrigido.

O comportamento do coeficiente de retorno será analisado mediante as áreas médias de telhado estimadas, observando sua variação em função dos volumes de reservatórios e das demandas de água total. Também será analisado o comportamento do efeito do

aproveitamento de água pluvial e o seu fator de correção de esgoto proveniente da utilização desse sistema exclusivo para uso da bacia sanitária com caixa acoplada, relações entre o coeficiente de retorno corrigido ($f_{\text{corrigido}}$) e o coeficiente de retorno (f), inicialmente estabelecido de 0,8, o coeficiente de redução no valor fornecido no sistema público (V_{AT}) dado por x , a eficiência na demanda total (e) e a eficiência com base na bacia sanitária (e_{BS}).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CÁLCULO DA ÁREA DE TELHADO

O estudo preliminar possibilitou a estimativa da variância das áreas de telhado para habitações ($\sigma^2 = (72,00)^2$). O número de amostras realizadas para o estudo piloto foi de 30, considerou-se essa variância para os 135.736 domicílios particulares permanentes, com erro máximo de 5% e na confiabilidade de 95% na estimativa da média, obtendo-se um total de 658 amostras (Eq. 1). Baseado nas 658 amostras totais realizou-se a amostragem aleatória proporcional (Eq. 2), o número de amostras por setor pode ser observada na Tabela 5, juntamente com suas respectivas populações, número de domicílios e médias de áreas de telhado. A disposição espacial dos lotes amostrados pode ser observada no Mapa de Zoneamento no Apêndice A.

A partir da amostragem aleatória proporcional, pode-se calcular a média das áreas de telhado para casas, obtendo-se o valor de $139,91 \pm 3,12 \text{ m}^2$.

Tabela 5: Setores de Bauru (SP) com suas respectivas populações¹, número de domicílios², número de amostras e média de área de telhado.

Setores	População residente ¹	Domicílios particulares permanentes ²	Número de amostras	Média de telhado (m ²)
1 e 6	14.617	5.442	26	151,94
2	40.682	15.147	74	213,50
3	70.501	26.249	127	141,19
4	171.811	63.970	310	123,32
5	66.951	24.928	121	133,47
Total	364.562	135.736	658	-

Média Total: 139,91m²

Fonte: 1- IBGE, 2014; 2 - DAE, 2014.

Utilizando a Equação 3, calculou-se a área de telhado por habitante para apartamentos, obtendo-se o valor de $5,58 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$.

Dispondo dos dados do Censo 2014 (IBGE) pode-se estimar o número de habitantes por domicílio (Eq. 4), que para uma população de 364.562 habitantes e 135.736 domicílios, resultou em 2,69 habitantes por domicílio.

Calculadas as áreas de telhado para casas e apartamentos, pode-se obter os parâmetros da Equação 5, para determinação da média ponderada de área de telhado para o município de Bauru (SP).

$$AT = (PC * 139,91 \pm 3,12) + (PA * 5,58 * 2,69) \quad (5)$$

Baseando-se no percentual de casas (93,81%) e apartamentos (6,19%), determinou-se a média de telhado para os domicílios de Bauru (SP), conforme Equação 5, resultando em 132,18m² por domicílio. A média ponderada de área de telhado para os domicílios de Bauru variaram em função da média das áreas de telhado para casas (139,91 ± 3,12), apresentando os valores de 129,25 e 135,11m² por domicílio para os limites mínimo e máximo, respectivamente. Obteve-se uma área total de telhado para o município de, aproximadamente, 17,94 milhões de m² (Equação 6). Sendo a área total de telhado resultante da área de telhado por domicílio, esta também sofreu uma variação, resultando em 17,54 milhões de m² para o limite inferior e 18,33 milhões de m² para superior.

Pela Equação 7, pode-se determinar a área média de telhado por habitante para habitações unifamiliares, resultando em 49,21 m².hab⁻¹. Assim como a área total, a área *per capita* também variou, apresentando 48,12 m².hab⁻¹ e 50,30 m².hab⁻¹ para os limites inferior e superior, respectivamente.

5.2 CÁLCULO DO COEFICIENTE DE RETORNO CORRIGIDO E DO VOLUME ESTIMADO DE ÁGUA PLUVIAL LANÇADO NA REDE PÚBLICA DE ESGOTO

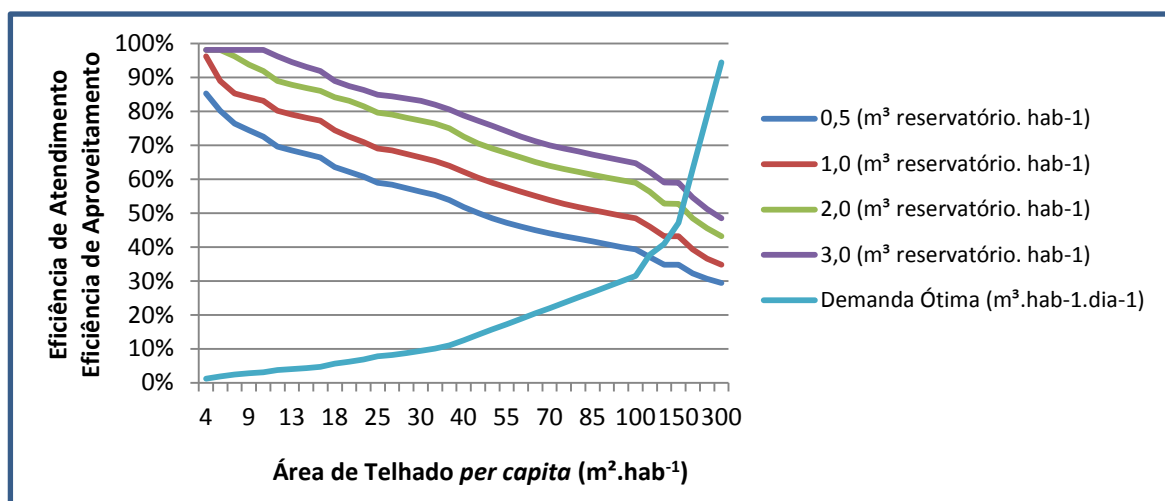
Na Figura 6 são apresentados os volumes diários médios *per capita* corrigidos pela eficiência de atendimento para diferentes áreas de telhado *per capita*.

A Figura 7 expõe os volumes médios disponibilizados diariamente de água pluvial no ano de 2013, para a cidade de Bauru, ajustados pela eficiência de atendimento (*Ea*) para diversas áreas de telhado. Nota-se que o potencial de aproveitamento varia com a área de cobertura, bem como dos volumes específicos do reservatório (MORUZZI, 2015).

Observa-se que a demanda ótima diária de água pluvial eleva-se à medida que há o aumento da área de cobertura, enquanto as eficiências de atendimento (*Ea*) e de aproveitamento (*Eh*) diminuem, já que a mesma é calculada para cada demanda otimizada.

Os resultados apresentados nas Figuras 6 e 7 indicam que o volume *per capita* disponibilizado é mais significativo quando comparado com o volume *per capita* de reservatório quanto maior a área de telhado por habitante, tal como apresentado por Moruzzi (2015).

Figura 6: Eficiências de atendimento e aproveitamento para diferentes áreas de telhado e volumes de reservatórios específicos, e suas relações com o consumo ótimo diário.



Fonte: Extraído de Moruzzi (2015) adaptado para a cidade de Bauru(SP).

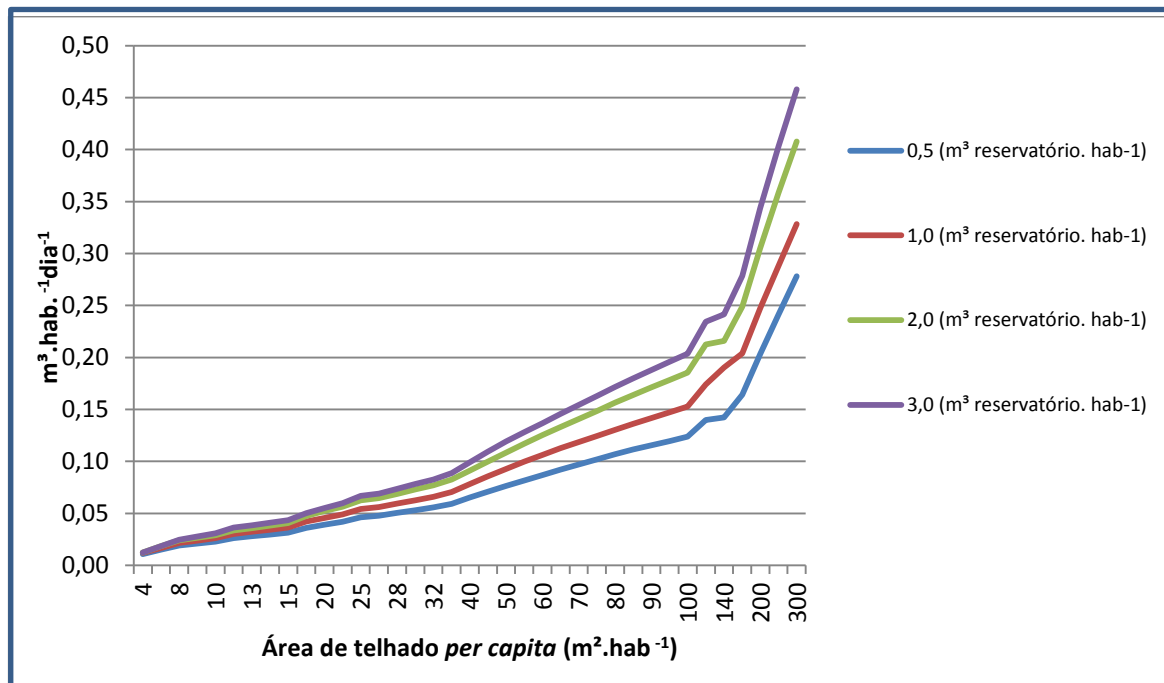
Dessa maneira, conclui-se que o aumento do volume de reservatório não interfere tanto quanto a disponibilidade de água *per capita*, considerando que um reservatório de 0,5 m³ por habitante tem-se 0,0313 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e para um reservatório de 3 m³ por habitante tem-se 0,0423 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ (considerando 15m² de telhado por habitante). Considerando que o reservatório representa a maior parte do investimento necessário, tal como apresentado por Tomaz (2003), pequenos volumes de reservatório podem atender residências de baixa renda desde que tenha o sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis (MORUZZI, 2015).

Comparando os resultados acima descritos para a cidade de Bauru (SP) com os obtidos por Moruzzi (2015) para a cidade específica de Rio Claro (SP) verificou-se que os valores ficaram muito próximos ((de 0,03 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ com 0,5 m³.hab⁻¹; para 0,04 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ com 5 m³.hab⁻¹; para baixos valores de área (área per capita ≤ 15 m².hab⁻¹)). Em uma análise preliminar, os valores aproximados deve-se ao fato de que as duas cidades médias, com porte distintos, a cidade de Bauru é maior, porém padrão climático e social muito parecidos.

Nas Figuras 8 a 11 estão apresentados os coeficientes de retorno corrigidos, as áreas específicas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo *per capita* para volumes específicos de reservatório. A correção do coeficiente de retorno se apresenta com base no valor de 0,8 adotado. Os resultados obtidos da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para diferentes volumes de reservatórios e áreas específicas de telhado para as demandas de 0,12; 0,15; 0,18; 0,20 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ estão apresentados nas

Tabelas de 6 a 13 (Apêndice B). Nota-se nessas figuras que à medida que se aumenta o volume de reservatório, a correção do coeficiente de retorno também aumenta.

Figura 7: Volume médio diário de água pluvial ofertada e sua relação à área de telhado e ao volume específico de reservatório.



Fonte: Extraído de Moruzzi (2015) adaptado para a cidade de Bauru (SP).

Observa-se que com aumento gradual da área de telhado, a correção do coeficiente de retorno aumenta e quanto menor o consumo *per capita*, maior é o fator correção.

Sabe-se que os reservatórios são o fator limitante para o armazenamento, e como mencionado o item mais custoso do sistema de aproveitamento de água pluvial. Comparando os resultados das Figuras de 8 a 11, observa-se que o consumo diário de $0,20 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, para uma área de $14 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, variando os volume dos reservatórios de 0,5; 1,0; 2,0 e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, verifica-se que o fator correção varia, respectivamente, 0,94; 0,97; 0,99 e 1,01. Observa-se que quando o valor da eficiência total tende a 1 (fixado em 0,999 para efeito de cálculo), ocorre uma discrepância matemática e não deverá ser considerado.

Pode-se observar que devido à condição de igualdade das eficiências de aproveitamento e atendimento ($E_a = E_h$), as áreas de telhado, as demandas totais de água e os volumes de reservatório interferem diretamente na correção do coeficiente de retorno. Assim, à medida que se aumenta a área de telhado e do volume de reservatório, gera o aumento do volume médio de água pluvial ofertada diariamente, sendo necessária a aplicação de maiores correções para as maiores áreas de telhado, maiores volumes de reservatórios e menores índices de consumo diário.

Figura 8: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo *per capita* para $0,5 \text{ m}^3$ de reservatório por habitante.

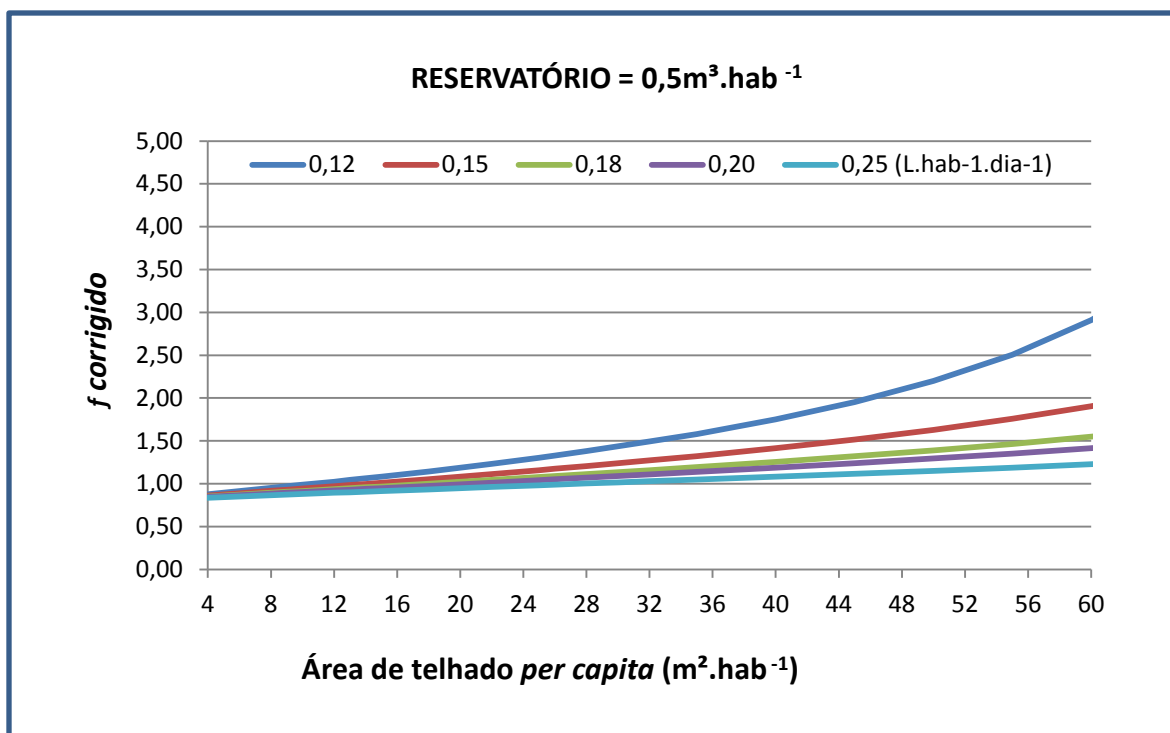


Figura 9: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo *per capita* para 1 m^3 de reservatório por habitante.

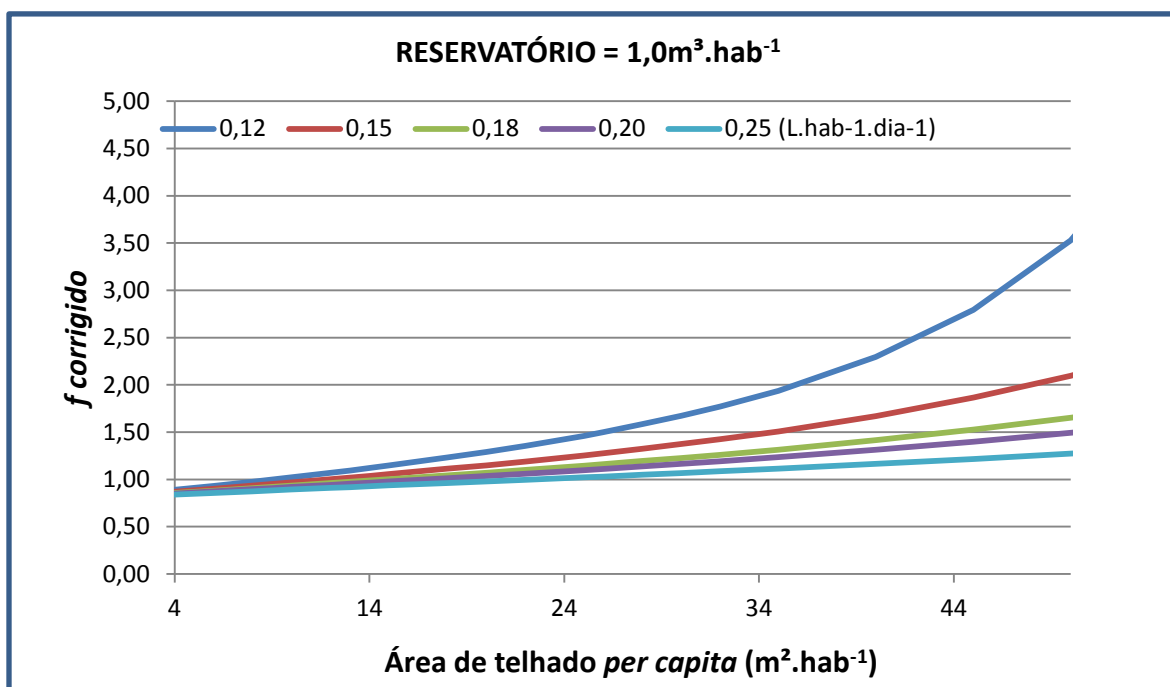


Figura 10: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo *per capita* para 2 m³ de reservatório por habitante.

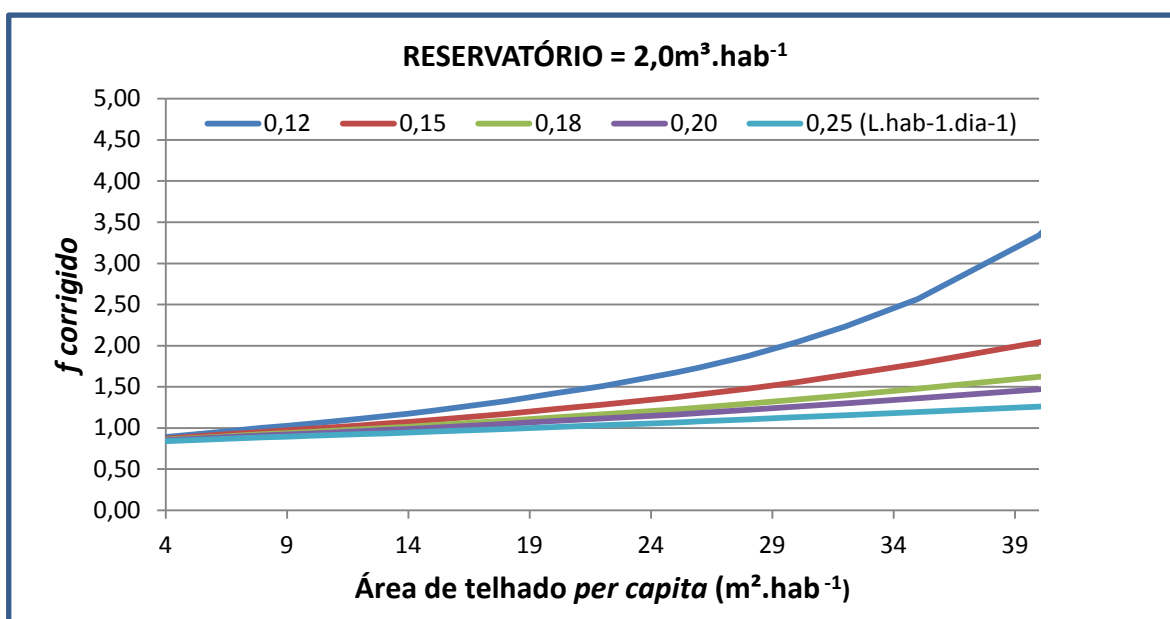
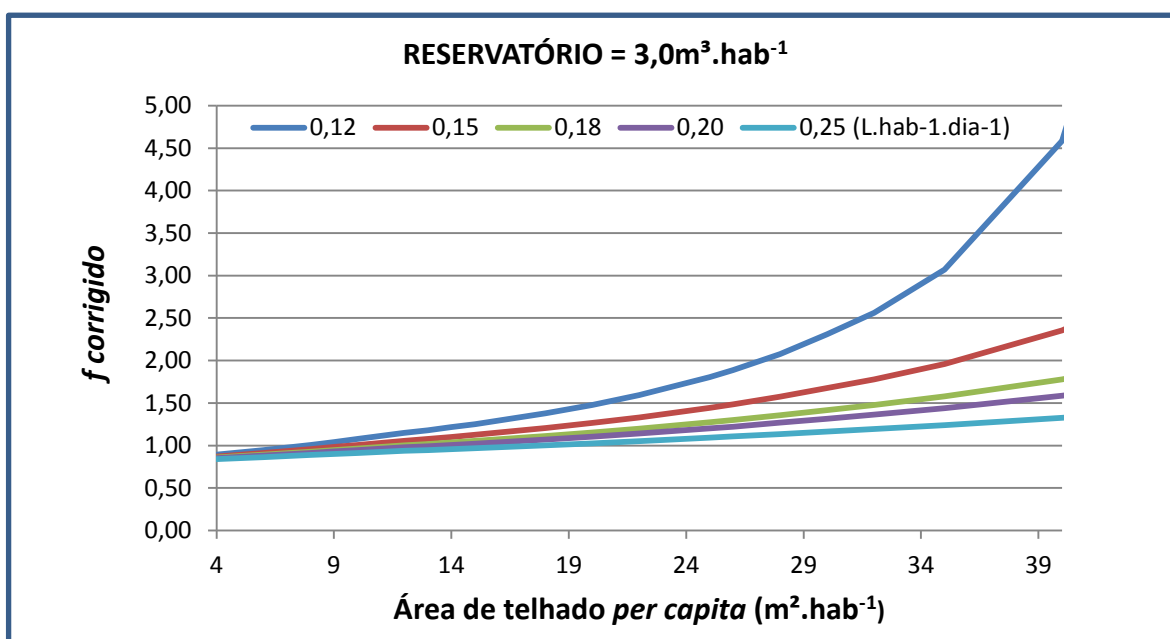


Figura 11: Coeficiente de retorno corrigido, áreas de telhado e suas relações com os diferentes índices de consumo *per capita* para 3 m³ de reservatório por habitante.



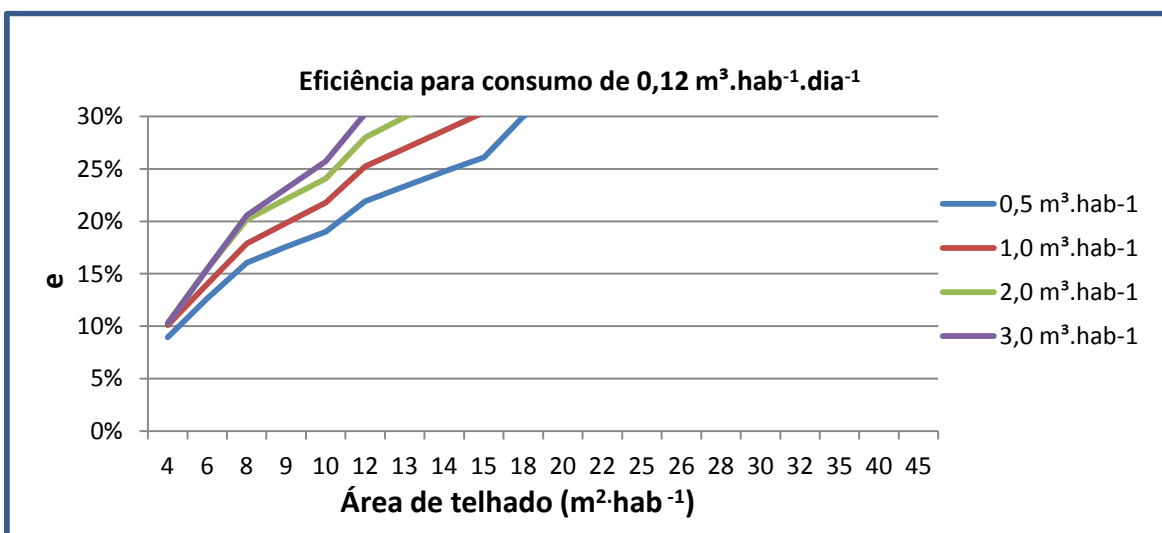
A NBR 15527/07 estabelece que o aproveitamento da água pluvial em áreas urbanas deve, exclusivamente, ser dedicado aos usos não potáveis. Com base nas referências citadas anteriormente, estima-se que, aproximadamente, 45% da demanda diária total de água seja destinada a fins não potáveis, no entanto, para esse estudo o lançamento na rede coletora de esgoto foi considerado apenas a água proveniente da bacia sanitária, uma vez que no Brasil adota-se o sistema separador absoluto, conforme orientação da NBR

9649/86, então a eficiência média da bacia sanitária pode ser estimada e terá o seu valor máximo 30% do consumo diário total, adotado conforme Pura (1995). As Figuras de 12 a 16 são apresentados os resultados das simulações para o atendimento das descargas em bacias sanitárias até o limite de 30% do consumo diário total. Nota-se que no eixo das abscissas foram apresentadas as áreas de telhado e no eixo das ordenadas é apresentada a eficiência (e).

Verifica-se que em todas as faixas de consumo *per capita*, para o volume de reservatório de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresenta eficiência com valores menores que 30% para as áreas específicas de cobertura de 4 a $17 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, portanto, conclui-se que as descargas em bacia sanitária não são atendidas plenamente pelo sistema de aproveitamento de água pluvial. Dessa maneira, pode-se afirmar que o sistema nesses casos é híbrido, ou seja, abastecidos por água proveniente do aproveitamento pluvial e por água proveniente do sistema público de abastecimento.

Nota-se na Figura 12 que o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresenta valores menores a 30% das áreas específicas de cobertura menores de $18 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $15 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $13 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $12 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, indicando que as bacias sanitárias não são plenamente atendidas nessas condições.

Figura 12: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado *per capita* de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de $0,12 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

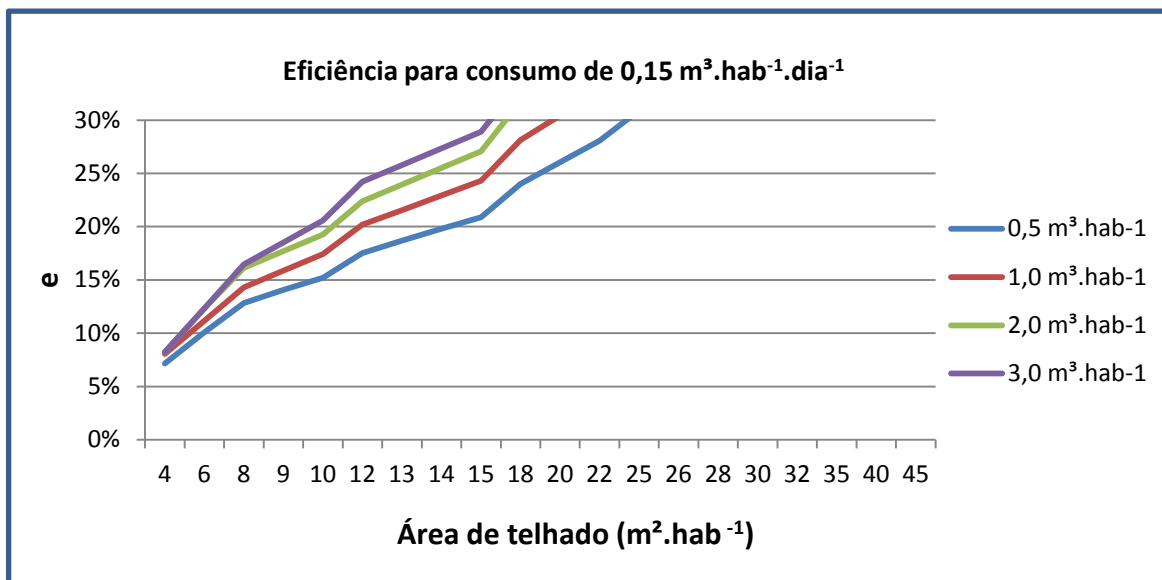


Fonte: Adaptado Moruzzi (2015).

Na Figura 13 verifica-se que, para a demanda de $0,15 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresenta valores menores a 30% das áreas

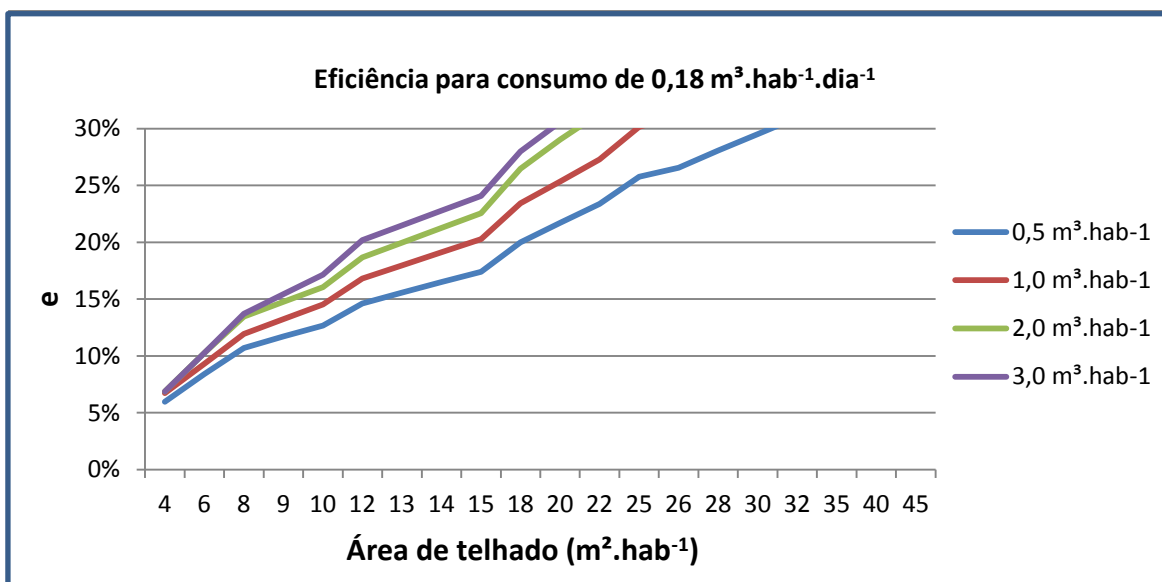
específicas de cobertura menores de $24 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $20 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $17 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $16 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, indicando que as bacias sanitárias não são plenamente atendidas nessas condições.

Figura 13: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado *per capita* de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de $0,15 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.



Fonte: Adaptado Moruzzi (2015).

Figura 14: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado *per capita* de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de $0,18 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

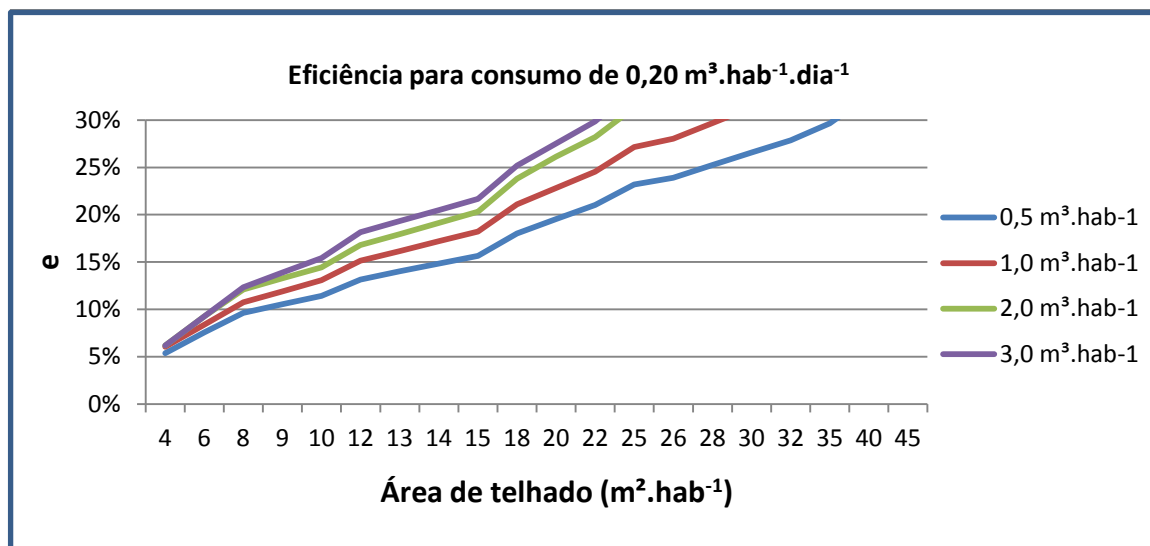


Fonte: Adaptado Moruzzi (2015).

Nota-se na Figura 14 que a descarga foi plenamente atendida a partir das áreas específicas de telhado de $30 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $25 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $21 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $20 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para os

reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, para a demanda de $0,18 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

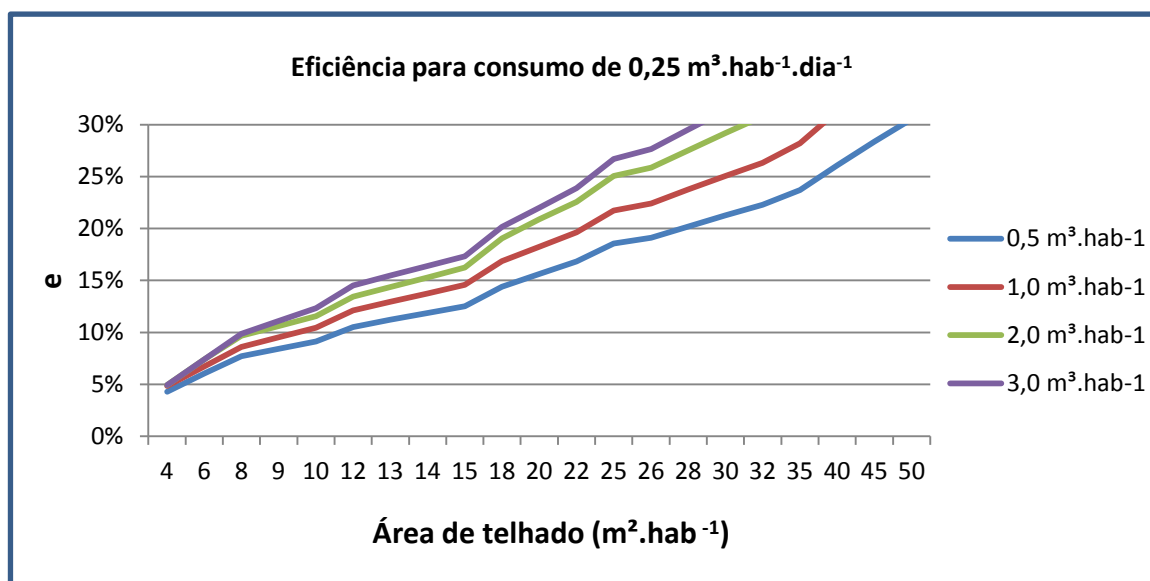
Figura 15: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado *per capita* de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de $0,20 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.



Fonte: Adaptado Moruzzi (2015).

Na Figura 15 verifica-se que a descarga foi plenamente atendida a partir das áreas específicas de telhado de $36 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $28 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $24 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $22 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, para a demanda de $0,20 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

Figura 16: Eficiência média de atendimento, área específica de telhado *per capita* de Bauru (SP), diferentes volumes de reservatório para a demanda de $0,25 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.



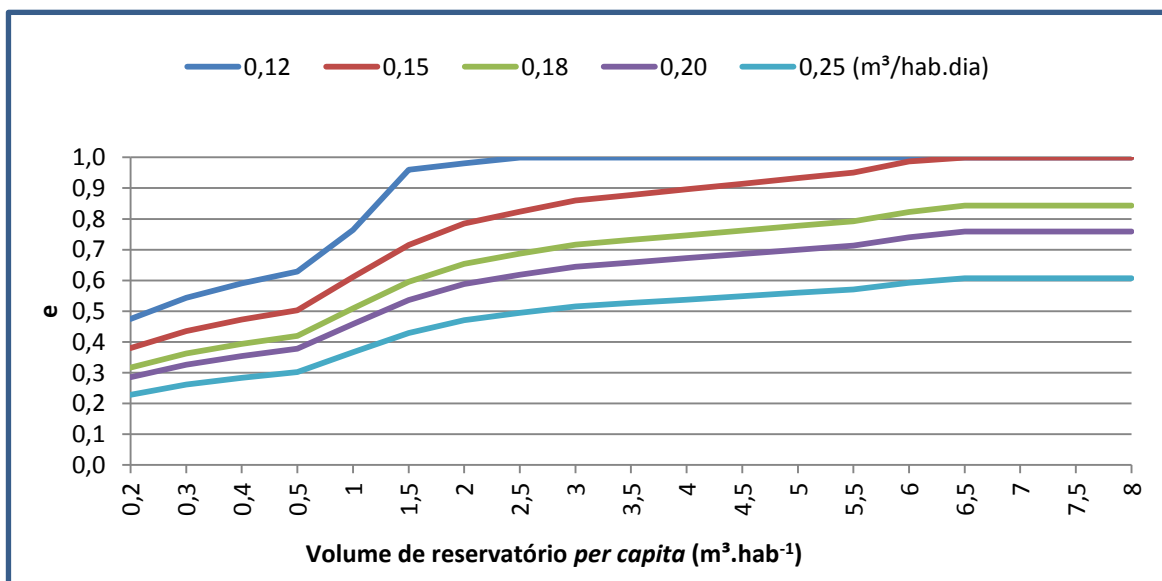
Fonte: Adaptado Moruzzi (2015).

Observa-se na Figura 16 que o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresenta valores menores a 30% das áreas específicas de cobertura menores de $47 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$, $37 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$; $31 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$; $28 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$ para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$, para a demanda de $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$.

Observa-se na Figura 17 a relação entre as demandas de água total e diversos volumes de reservatórios, para área média *per capita* de telhado para o município de Bauru (SP) determinada em $49,21 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 14 (Apêndice B).

Na Figura 17 nota-se que o volume de reservatório de $0,20 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$ para a demanda de consumo de $0,12$; $0,15$, e $0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, atinge a eficiência superior a 30%, atendendo plenamente a descarga em bacia, para a área média *per capita* de telhado de Bauru. Para o consumo de $0,20 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, o atendimento pleno ocorre para reservatórios a partir de $0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$ e para o consumo de $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, reservatório a partir de $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$

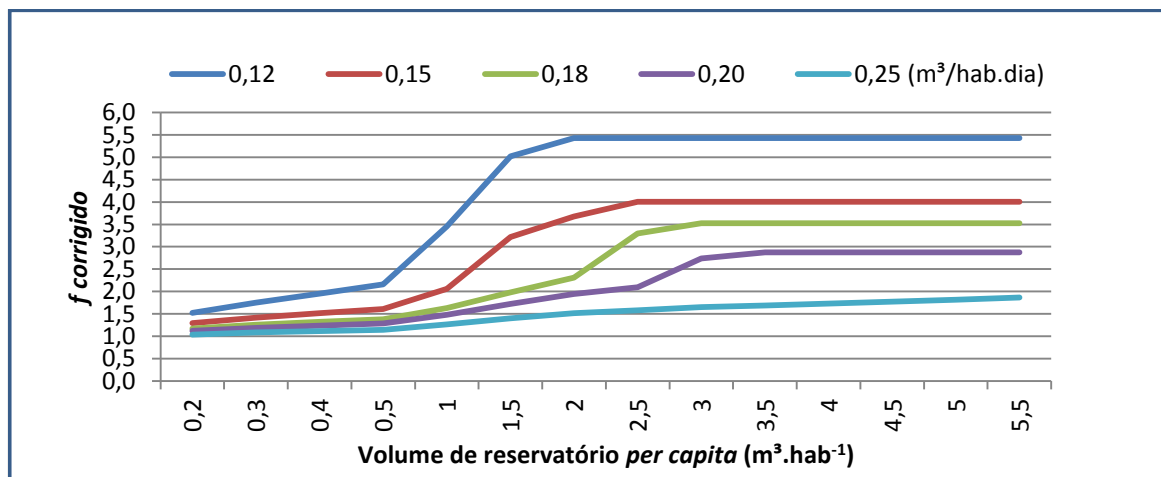
Figura 17: Eficiência média de atendimento, volumes de reservatório e suas relações com as demandas de água total para a área média de telhado *per capita* de Bauru (SP).



O gráfico na Figura 18 apresentada a relação entre os coeficientes de retorno corrigido, os volumes de reservatório e as suas relações com os índices de consumo de água total, para área média *per capita* de telhado para o município Bauru (SP). Nota-se que o coeficiente de retorno corrigido para o consumo de $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ e volume de reservatório de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$ é da ordem de 1,26. O valor arbitrado inicialmente para o coeficiente de retorno (f) foi de 0,8. Nesse caso o volume de esgoto lançado na rede

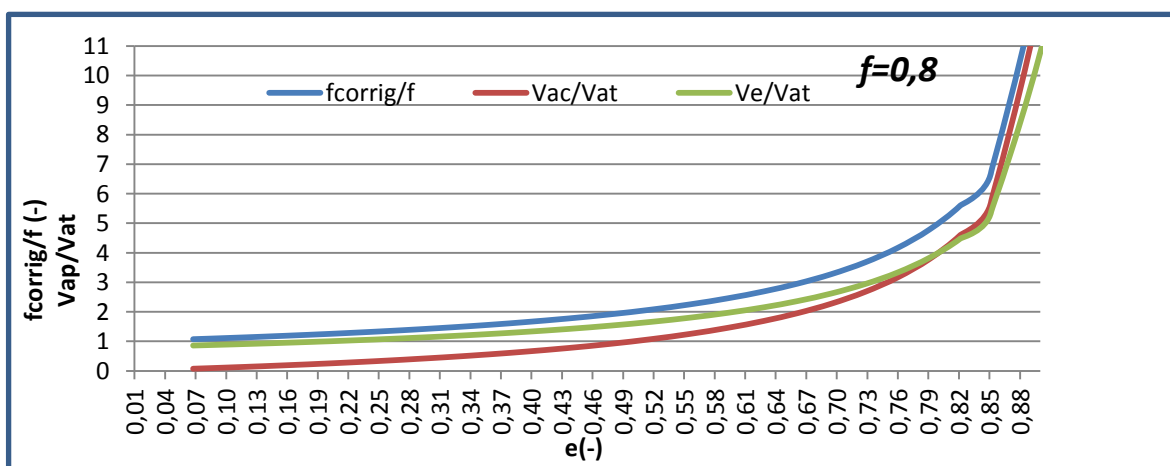
coletora de esgoto passa de 44% do volume total (VAT +Ve) para 55%, acrescentando 11% na contribuição de esgoto em relação ao total.

Figura 18: Coeficiente de retorno corrigido, volumes de reservatório e suas relações com as demandas de água total para a área média de telhado *per capita* de Bauru (SP).



Para estimar a eficiência do sistema de aproveitamento e o lançamento de água pluvial na rede de esgoto sanitário, de acordo com a metodologia proposta, o gráfico da Figura 19 representa os comportamentos das relações entre os volumes de água pluvial e água potável medido no hidrômetro (VAP/VAT), entre os volumes de esgoto e água tratada (V_e/VAT) e entre o coeficiente de retorno corrigido e o coeficiente de retorno adotado ($f_{\text{corrigido}}/f$), para eficiências (e) variando de 0 a 1, conforme Equações 10 e 11. Quando e é igual a 1, ou seja todo abastecimento é feito por meio do aproveitamento de água pluvial, o fator de correção tende ao infinito, como os resultados obtidos por Dornelles *apud* Moruzzi (2015).

Figura 19: Apresenta o comportamento do fator correção dado pela relação V_e/VAT e do quociente do volume água pluvial e do volume de água potável medido no hidrômetro (VAP/VAT) e pela eficiência de atendimento (e) do sistema de aproveitamento.



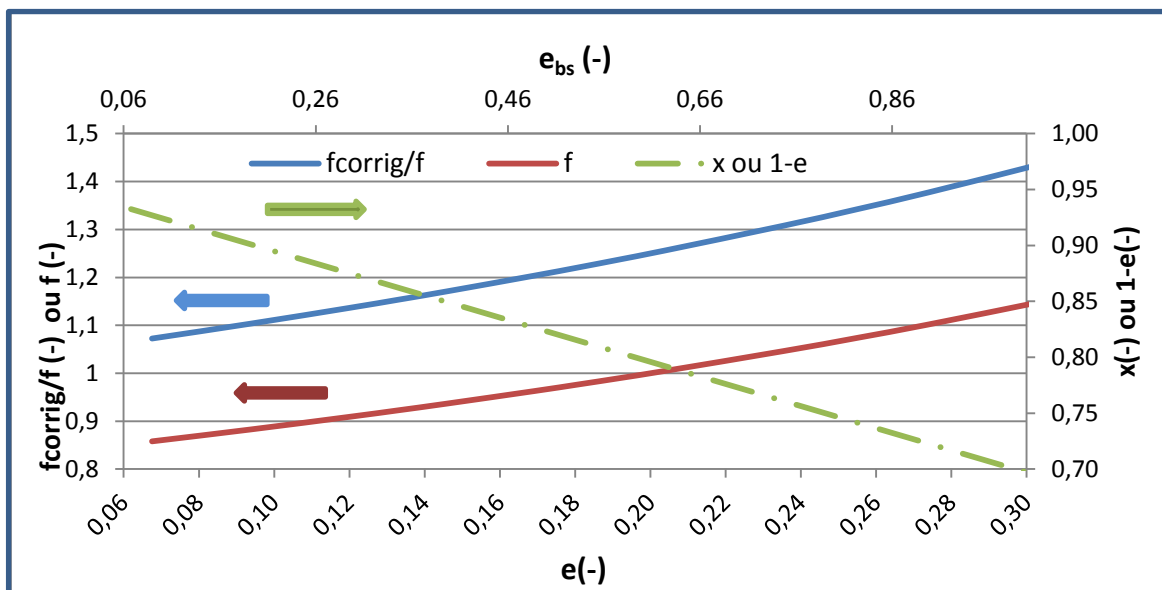
Fonte: Adaptado de Moruzzi (2015).

Ao considerar uma demanda de água total constante, verifica-se que há o aumento do consumo de água proveniente do sistema de aproveitamento pluvial, e conseqüentemente uma diminuição do consumo de água tratada medida no hidrômetro, ocasionando maior geração de efluentes do que o cobrado pelas companhias de saneamento. Sendo assim, faz-se necessária a aplicação de uma correção do coeficiente de retorno.

Nota-se que os valores da eficiência (e) menor ou igual a 30%, o fator de correção situa-se entre 1,07 e 1,43 ($1 \leq f_{\text{corrigido}}/f \leq 1,43$) e o fator de retorno corrigido está entre 0,8 e 1,15 ($0,8 \leq f_{\text{corrigido}} \leq 1,15$). Para o município de Bauru o fator de retorno corrigido situa-se entre 1,03 e 1,15 ($1,03 \leq f_{\text{corrigido}} \leq 1,15$).

A Figura 20 representa simulações visando avaliar o efeito do fator de retorno de esgoto e do aproveitamento de água pluvial apenas para o uso da bacia sanitária com caixa acoplada. O eixo das abcissas foram apresentadas as eficiências média total (e) e a eficiência referente ao atendimento da bacia sanitária com caixa acoplada (e_{bs}), conforme relações apresentadas na Equação 19. No eixo das ordenadas são apresentados os valores do coeficiente de correção ($f_{\text{corrigido}}/f$), o valor corrigido do fator de esgoto ($f_{\text{corrigido}}$) e o coeficiente de redução (x), aplicado ao valor fornecido pelo sistema público de abastecimento (VAT). Nota-se que, quando V_a é igual a zero, o que corresponde a domicílio sem aproveitamento de água pluvial, o coeficiente de correção é igual a um, enquanto o fator de retorno de esgoto (f) mantém seu valor original arbitrado, no caso 0,8.

Figura 20: Relações entre os volumes de esgoto e água tratada; água pluvial e água tratada; e entre o coeficiente de retorno corrigido e o coeficiente de retorno de 0,8 (NBR 9.649/86).



Fonte: Adaptado Moruzzi (2015).

Como exemplo para ilustrar a aplicação dessa proposta nesse trabalho pode citar uma habitação unifamiliar, no município de Bauru, com padrão de consumo de $0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, com área de cobertura de $18 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$ e reservatório do sistema de aproveitamento de água pluvial de $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$. Nessas condições a eficiência de aproveitamento ($E_a = E_h$) é da ordem de 74% (Figura 6), corresponde ao volume médio de água ofertada de $0,0422 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ (Figura 7). A eficiência do sistema é de 23,43%, conforme gráfico da Figura 6, que corresponde ao coeficiente de correção de 1,04. Inicialmente o coeficiente de retorno (f) foi arbitrado em 0,8. Dessa forma, o volume de esgoto lançado na rede coletora passa de 44% do volume total (VAT + Ve) para 51%, ou seja, há o acréscimo de 7% na contribuição de esgoto em relação ao esgoto total.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado apresentado nesse trabalho é restrito ao município de Bauru. Para a aplicação da metodologia várias hipóteses foram fixadas e devem ser analisadas e avaliadas caso a caso. Os resultados não devem ser utilizados de forma generalizada, uma vez que dependem da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, que dependendo da finalidade do uso desse sistema de aproveitamento podem não interferir na rede coletora de esgoto de forma direta.

Comparando os estudos de Moruzzi (2015) para a cidade específica de Rio Claro (SP), com esse estudo específico para cidade de Bauru (SP), nota-se que os resultados ficaram muito próximos quanto ao fator correção de esgoto. Numa análise preliminar essa proximidade dos resultados deve-se ao fato de que as duas em pauta são cidades médias, com porte distintos, Bauru é uma cidade muito maior, porém com padrão climático e social muito semelhantes ao da cidade de Rio Claro (SP). Como sugestão para futuras pesquisas, fazer uma investigação mais profunda a respeito desses valores e construir para cada Município, ou para um grupo representativo de Municípios, uma relação que exprime esse comportamento, a partir do qual se tenha essas alterações de propostas de variação de coeficiente. De início necessita identificar as variáveis significativas, mediante essa identificação, criar regiões homogêneas. Após a identificação das regiões homogêneas propor para uma escala maior o comportamento desse coeficiente.

Como proposta para outras pesquisas, acrescentar mais restrições ao modelo proposto e pode ser realizado para outras tipologias de edificações (comércio, indústrias, etc.).

7. CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados e aplicando-se a metodologia proposta, concluiu-se que o município de Bauru (SP) apresenta uma área de telhado de $139,91 \pm 3,12 \text{ m}^2$ para residências, de $5,58 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para apartamentos e uma área média ponderada de $132,18 \text{ m}^2$ por domicílio. Apresentando uma área média de $49,21 \text{ m}^2$ de telhado por habitante, totalizando 17,94 milhões de m^2 em toda a área urbano do município.

Observou-se que para o consumo diário de $0,20 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, para uma área de $14 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, variando os volume dos reservatórios de 0,5; 1,0; 2,0 e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, verificou-se que o fator correção variou, respectivamente, 0,94; 0,97; 0,99 e 1,01.

Notou-se que quando o valor da eficiência total tende a 1 (fixado em 0,999 para efeito de cálculo), ocorre uma discrepância matemática que conduz o fator de correção ao infinito e não deverá ser considerado.

Com base nos cálculos concluiu-se que o aumento do volume de reservatório não interfere tanto quanto a disponibilidade de água *per capita*, já que um reservatório de $0,5 \text{ m}^3$ por habitante tem-se $0,0313 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e para um reservatório de 3 m^3 por habitante tem-se $0,0423 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (considerado 15 m^2 de telhado por habitante).

Verificou-se que em todas as faixas de consumo *per capita*, para o volume de reservatório de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresenta eficiência com valores menores que 30% para as áreas específicas de cobertura de 4 a $17 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, portanto, concluiu-se que as descargas em bacia sanitária não são atendidas plenamente pelo sistema de aproveitamento de água pluvial. Dessa maneira afirmou-se que nem todo o uso de água destinado à descarga em bacia sanitária seja transferido para o sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário.

Verificou-se que o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresentou valores menores a 30% das áreas específicas de cobertura menores de $18 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $15 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $13 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $12 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, para o consumo de $0,12 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, indicando que as bacias sanitárias não são plenamente atendidas nessas condições.

Os resultados indicaram que para a demanda de $0,15 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, o lançamento de água pluvial na rede coletora de esgoto apresenta valores menores a 30% das áreas específicas de cobertura menores de $24 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $20 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $17 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $16 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$

para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, indicando que as bacias sanitárias não são plenamente atendidas nessas condições.

Notou-se que a descarga foi plenamente atendida a partir das áreas específicas de telhado de $31 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, $25 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $21 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$; $20 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ para os reservatórios respectivamente de $0,5 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $1,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$; $2,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e $3,0 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$, para a demanda de $0,18 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

Concluiu-se que o volume de reservatório de $0,20 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ para a demanda de consumo de $0,12$; $0,15$, e $0,18 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, atingiu a eficiência superior a 30%, atendendo plenamente a descarga em bacia, para a área média *per capita* de telhado de Bauru ($49,21 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$). Para o consumo de $0,20 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, o atendimento pleno ocorreu em reservatórios com volume a partir de $0,30 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$ e para o consumo de $0,25 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, reservatório a partir de $0,50 \text{ m}^3.\text{hab}^{-1}$.

Notou-se que os valores da eficiência (e) menor ou igual a 30%, o fator de correção situa-se entre 1,07 e 1,43 ($1 \leq f_{\text{corrigido}}/f \leq 1,43$) e o fator de retorno corrigido está entre 0,8 e 1,15 ($0,8 \leq f_{\text{corrigido}} \leq 1,15$). Para o município de Bauru o fator de retorno corrigido situa-se entre 1,03 e 1,15 ($1,03 \leq f_{\text{corrigido}} \leq 1,15$).

A aplicação da metodologia, a partir dos dados coletados, permitiu estimar o acréscimo na contribuição de esgoto em relação ao esgoto total, considerando a medição pelo hidrômetro.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, jun.2005.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.53-66, abr./jun. 2008.

ANDRADE NETO, C. O. GESTA - Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**. Disponível em <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/download/7106/4878>>. Acesso em: 13 Jan. 2015.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES)**. Vitória: ET/UFES, 2005. 124p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

BAURU. **Plano Diretor Plano Diretor de Drenagem e Manejo das águas pluviais do Município de Bauru**, 2014. Disponível em <<http://www.bauru.sp.gov.br>>. Acesso em 07/01/2015.

CARVALHO, G. S.; OLIVEIRA, S. C.; MORUZZI, R. B. Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 10., 2007, São Carlos. **Anais**. São Carlos: UFSCar, ANTAC, 2007.

FEWKES, A.. **The use of rainwater for WC flushing: the field-testing of a collection system**. *Building and Environment*, v. 34, n.9, p.765-772, 1999.

FIGUEIREDO, J.C.; PAZ, R.S. Nova classificação climática e o aspecto climatológico da cidade de Bauru (SP). In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16., 2010, Belém. **Clima e mudanças climáticas**: anais. Disponível em <<http://www.cbmet2010.com/anais/1.htm>>. Acesso: em Janeiro de 2014.

FONTES, A.R.M.; BARBASSA, A.P. **Diagnóstico e prognóstico da ocupação e impermeabilização urbanas**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, p. 137-147, 2003.

FRASIER, G.W. **Proceedings of water harvesting symposium**. Berkeley: USDA (United states agricultural research service), 1975.

GHISI, E. Potential for potable water saving by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, West Lafayette, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

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.; 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, p.204-210, 2006.

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.

GONÇALVES, R.F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN; E. Rainwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation. London, ITDG Publishing, 1999.

HOFKES, E. H. **Rainwater harvesting for drinking water supply and sanitation**. Londres: International reference center for communing water supply, 1981.

HOROCHOSKI, L.; WIECHETECK, G.K.; VAZ, M.S.M.G. Avaliação do coeficiente de retorno de esgoto da Bacia Hidrográfica do Arroio Gertrudes - Ponta Grossa (PR). **Revista de Engenharia e Tecnologia**. ISSN 2176-7270. V. 3, N°. 1, Abr/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso: em Novembro de 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS. Disponível em site em <<http://www.ipmet.unesp.br>>. Acesso: em Novembro de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em site em <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso: em Novembro de 2014.

LEME, E.J.A. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos: Editora da Universidade de São Carlos, 2010 (1ª Reimpressão).

LIMA, J. A. de. *et al.* **Potencial de economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia**. Eng Sanit Ambient, v.16, n.3, Jul/Set 2011, 291-298.

MACINTYRE, A.J. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias**. Ed. Guanabara, 1990.

MAIA, A.G.; SANTOS, A.L. dos; FILHO, P.C. de O. **Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná**. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v.7, n.1, Jan/Abr 2011, p. 51-63.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole, 2007 (1ª Reimpressão).

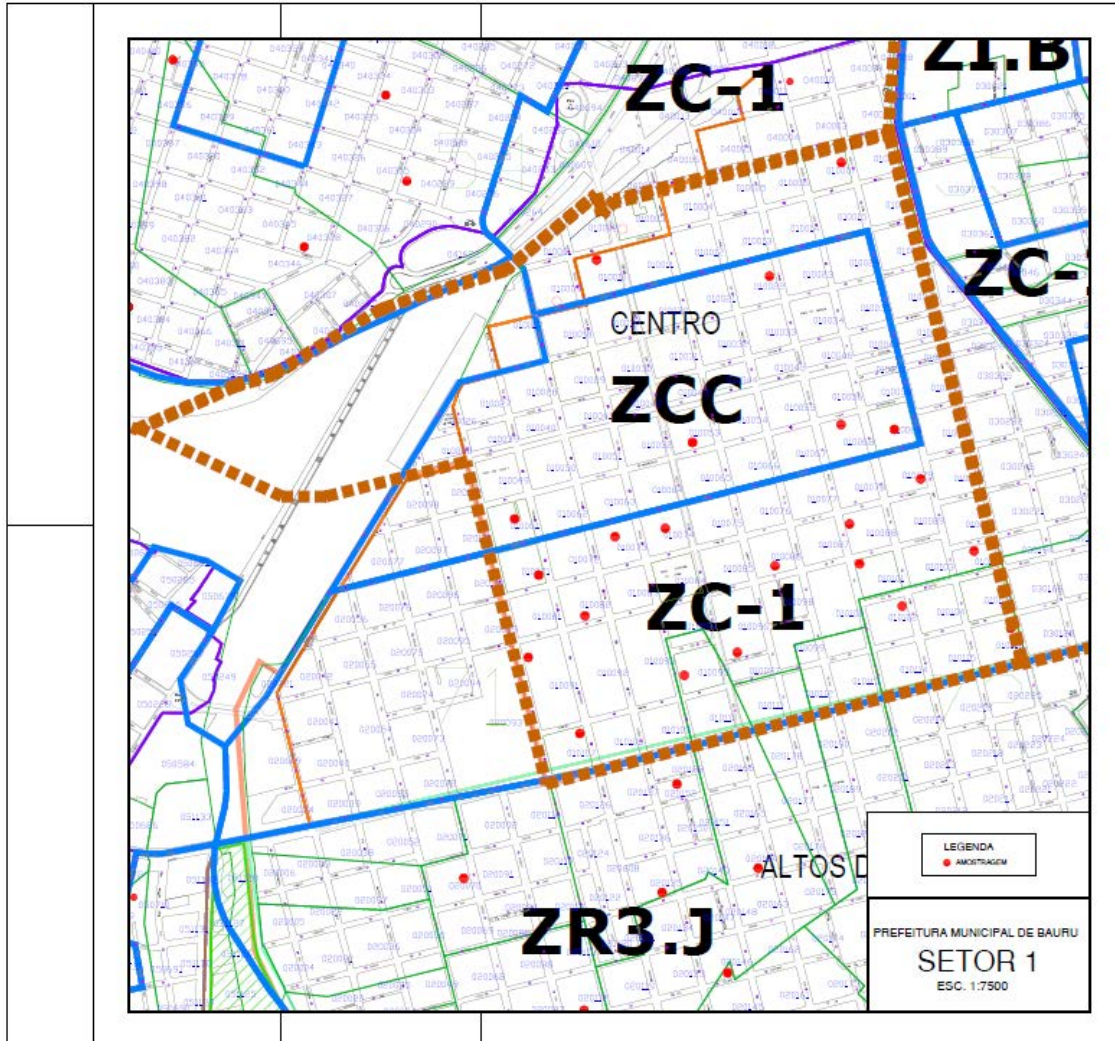
MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC**. 2007. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para o uso não potável em edificações**. 2004. Dissertação em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade da São Paulo, 2004.

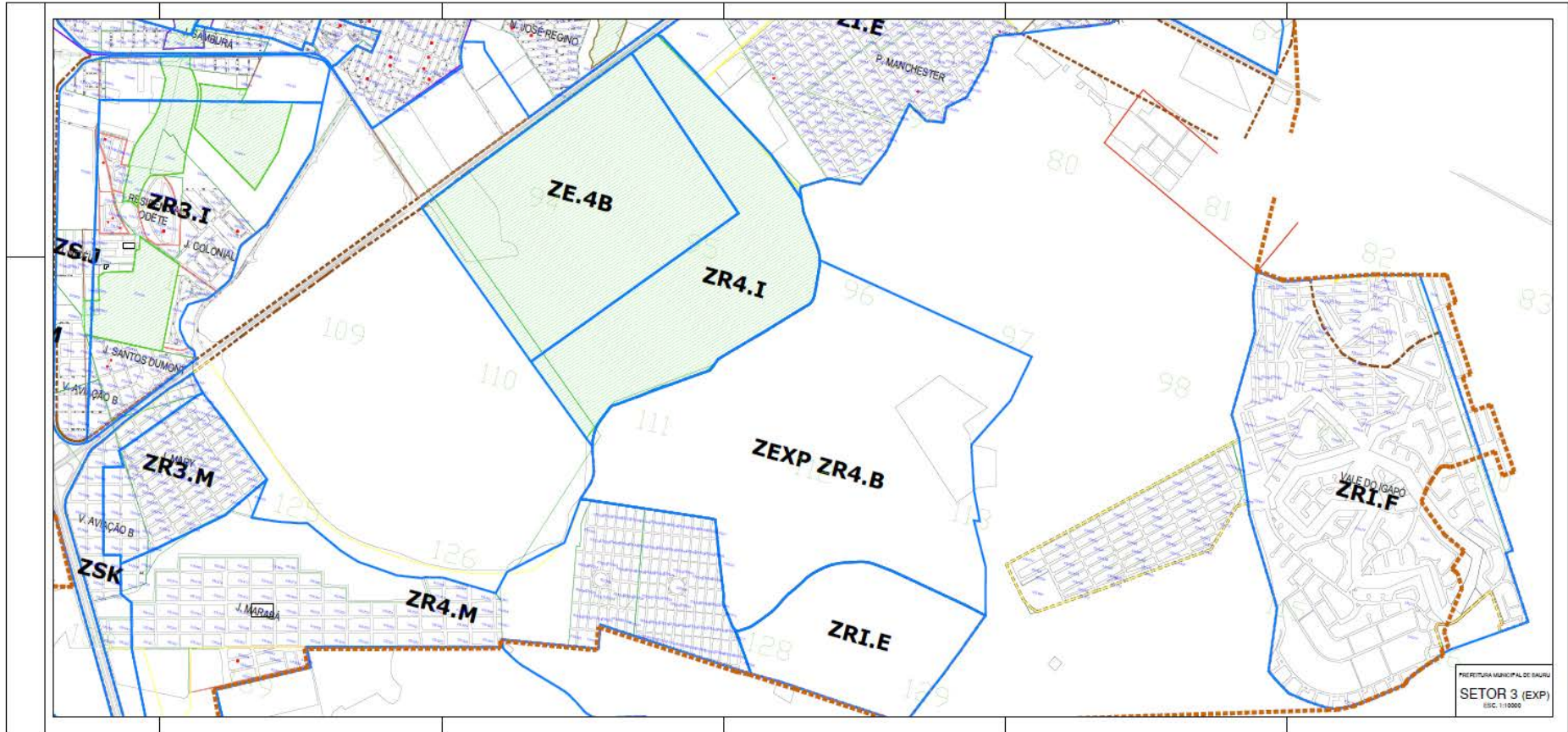
- MORUZZI, R. B. *et al.* **Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial no setor residencial de cidades médias do Estado de São Paulo.** 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Recife, PE.
- MORUZZI, R. B.; CARVALHO, G. S. E OLIVEIRA, S. C. **Aplicação do conceito de balanço de vazões no dimensionamento de reservatório de armazenamento de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e proposta de aprimoramento.** Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., Ponta Grossa, 14 (3): 217-227, dez. 2008.
- MORUZZI, R.B. **Estimativa do lançamento de água pluvial no sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário por meio de práticas de aproveitamento em residências unifamiliares.** Eng. Sanit. Ambient., v. 20, n. 2, Rio de Janeiro, abril./jun. 2015.
- MORUZZI, R.B.; OLIVEIRA, S.C.; GARCIA, M.L. A proposal for reservoir volume calculation in rainwater harvesting systems. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 6, n. 6 , p.707-714, jun.2012.
- PLANO. Plano Diretor de Macro Drenagem das Bacias dos Córregos Água da Ressaca, Água da Forquilha, e seu aditivo para contemplar o Córrego Água do Sobrado e o Córrego da Grama no Município de Bauru (SP), 2004. Diário Oficial de Bauru, v. 8, n. 805, 2003.
- PURA (1995) - Uso racional da água - USP, 1995.
- SAUTCHUCK, Carla *et al.* **Conservação e Reúso da Água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. Disponível em: <www.sindusconsp.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE BAURU. Cadastro Técnico Municipal: dados cadastrais. Bauru, 2014.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.** 2012. Disponível em <http://www.mprs.mp.br/areas/ressanear/arquivos/diagnostico_2012_snis.pdf>. Acesso em Janeiro de 2015.
- SOUZA et al. Avaliação do coeficiente de retorno esgoto/água numa rede de esgoto sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.
- TASSI, R.; DORNELLES, F.; GOLDENFUM, J.A. **Metodologia para Ajuste do Fator de Esgoto/Água para Aproveitamento de Água de Chuva.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.1 - Jan/Mar 2012, 111-121. Disponível em <<http://www.abrh.org.br>>. Acessado em 12 Jan 2015.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva.** ed. 2º. São Paulo: Navegar, 2003.
- TRIOLA, M.F. **Elementary statistics.** 4 ed. New York: The Benjamin Cummings Publishing Company Inc., 1989.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** 3a ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- TSUTIYA, M.T.; SOBRINHO, P.A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário.** 1ª Edição, 1999, DEHS - EPUSP.
- WIKIMEDIA. **Wikimedia Commons.** Disponível em <http://www.commons.wikimedia.org/wiki/File:SaoPaulo_Micro_Bauru.svg>. Acessado em 10 Jan 2015.

APÊNDICE A - Mapa de zoneamento da cidade de Bauru (localização das amostragens).

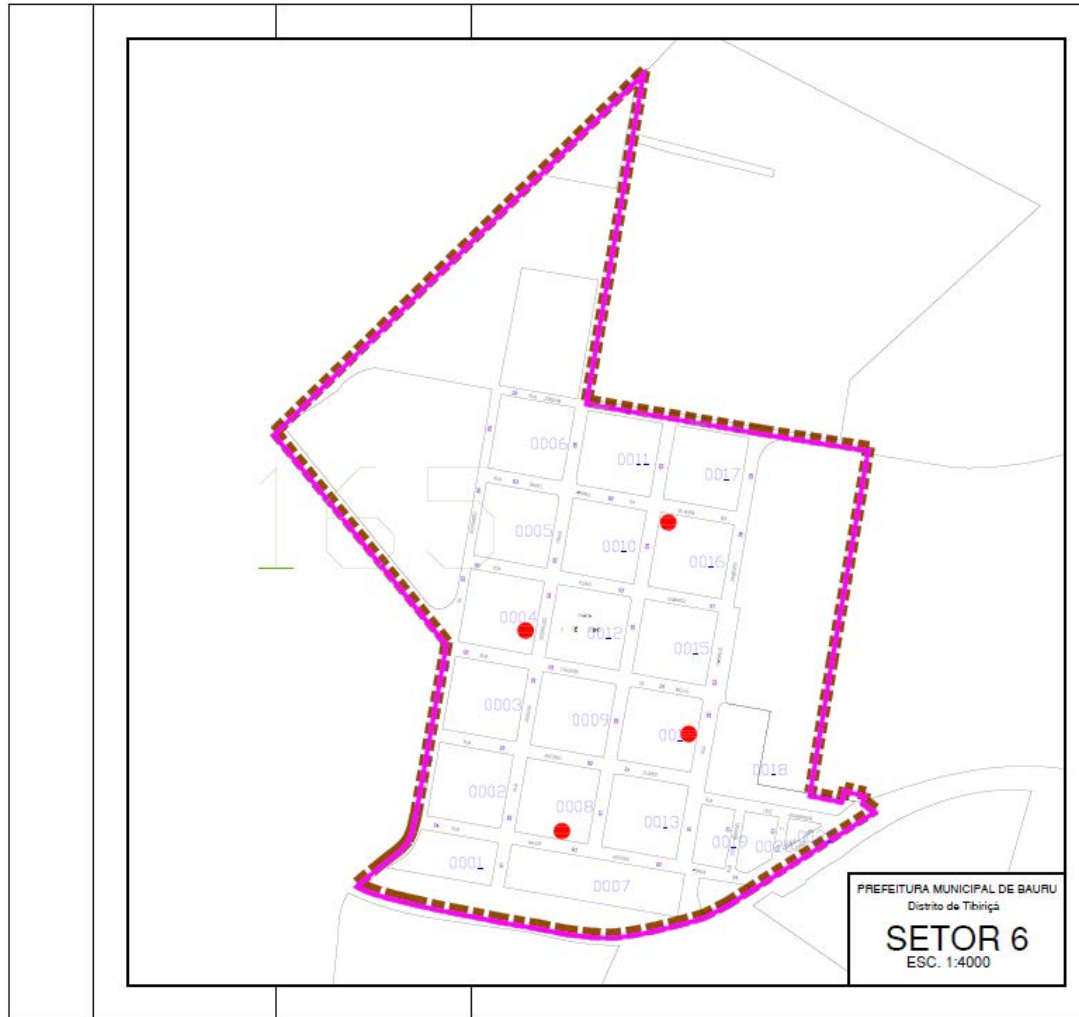
Mapa 1: Setor 1



Mapa 4: Setor 3 Expansão



Mapa 8: Setor 6



APÊNDICE B - Resultados dos coeficientes de retorno para os volumes de 0,5; 1; 2 e 3m³ de reservatório por habitante e para a área média *per capita* de telhado de Bauru (SP).

Tabela 6: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 0,5 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 4 a 40 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 0,5 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatório (0,5m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (<i>f</i> = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
4	4,59	0,013	0,85	0,0107	0,0895	0,0716	0,0596	0,0537	0,0429	0,88	0,86	0,85	0,85	0,84
6	6,89	0,019	0,80	0,0151	0,1261	0,1009	0,0841	0,0757	0,0605	0,92	0,89	0,87	0,87	0,85
8	9,19	0,025	0,76	0,0192	0,1603	0,1283	0,1069	0,0962	0,0770	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87
9	10,34	0,028	0,74	0,0211	0,1757	0,1406	0,1171	0,1054	0,0843	0,97	0,93	0,91	0,89	0,87
10	11,49	0,031	0,73	0,0228	0,1901	0,1521	0,1268	0,1141	0,0913	0,99	0,94	0,92	0,90	0,88
12	13,78	0,038	0,70	0,0263	0,2190	0,1752	0,1460	0,1314	0,1051	1,02	0,97	0,94	0,92	0,89
13	14,93	0,041	0,68	0,0280	0,2335	0,1868	0,1557	0,1401	0,1121	1,04	0,98	0,95	0,93	0,90
14	16,08	0,044	0,67	0,0297	0,2475	0,1980	0,1650	0,1485	0,1188	1,06	1,00	0,96	0,94	0,91
15	17,23	0,047	0,66	0,0313	0,2611	0,2088	0,1740	0,1566	0,1253	1,08	1,01	0,97	0,95	0,91
18	20,68	0,057	0,64	0,0360	0,3000	0,2400	0,2000	0,1800	0,1440	1,14	1,05	1,00	0,98	0,93
20	22,97	0,063	0,62	0,0391	0,3258	0,2606	0,2172	0,1955	0,1564	1,19	1,08	1,02	0,99	0,95
22	25,27	0,069	0,61	0,0421	0,3507	0,2806	0,2338	0,2104	0,1683	1,23	1,11	1,04	1,01	0,96
25	28,72	0,079	0,59	0,0464	0,3866	0,3093	0,2577	0,2320	0,1856	1,30	1,16	1,08	1,04	0,98
26	29,87	0,082	0,58	0,0478	0,3984	0,3187	0,2656	0,2390	0,1912	1,33	1,17	1,09	1,05	0,99
28	32,16	0,088	0,57	0,0505	0,4209	0,3367	0,2806	0,2525	0,2020	1,38	1,21	1,11	1,07	1,00
30	34,46	0,094	0,56	0,0531	0,4428	0,3542	0,2952	0,2657	0,2125	1,44	1,24	1,14	1,09	1,02
32	36,76	0,101	0,55	0,0557	0,4644	0,3716	0,3096	0,2787	0,2229	1,49	1,27	1,16	1,11	1,03
35	40,21	0,110	0,54	0,0593	0,4941	0,3953	0,3294	0,2964	0,2372	1,58	1,32	1,19	1,14	1,05
40	45,95	0,126	0,52	0,0652	0,5434	0,4348	0,3623	0,3261	0,2609	1,75	1,42	1,25	1,19	1,08

Tabela 7: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 0,5 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 0,5 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatório (0,5m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
45	51,69	0,142	0,50	0,0709	0,5908	0,4726	0,3939	0,3545	0,2836	1,95	1,52	1,32	1,24	1,12
50	57,44	0,157	0,49	0,0763	0,6361	0,5089	0,4241	0,3817	0,3053	2,20	1,63	1,39	1,29	1,15
55	63,18	0,173	0,47	0,0817	0,6809	0,5447	0,4540	0,4086	0,3268	2,51	1,76	1,47	1,35	1,19
60	68,92	0,189	0,46	0,0870	0,7249	0,5799	0,4833	0,4349	0,3479	2,91	1,90	1,55	1,42	1,23
65	74,67	0,205	0,45	0,0921	0,7674	0,6139	0,5116	0,4604	0,3683	3,44	2,07	1,64	1,48	1,27
70	80,41	0,220	0,44	0,0971	0,8089	0,6472	0,5393	0,4854	0,3883	4,19	2,27	1,74	1,55	1,31
75	86,15	0,236	0,43	0,1020	0,8496	0,6797	0,5664	0,5098	0,4078	5,32	2,50	1,85	1,63	1,35
80	91,90	0,252	0,42	0,1068	0,8903	0,7122	0,5935	0,5342	0,4273	7,29	2,78	1,97	1,72	1,40
85	97,64	0,268	0,42	0,1115	0,9290	0,7432	0,6193	0,5574	0,4459	11,27	3,12	2,10	1,81	1,44
90	103,38	0,283	0,41	0,1156	0,9635	0,7708	0,6423	0,5781	0,4625	21,90	3,49	2,24	1,90	1,49
95	109,13	0,299	0,40	0,1197	0,9973	0,7979	0,6649	0,5984	0,4787	301,33	3,96	2,39	1,99	1,53
100	114,87	0,315	0,39	0,1237	0,9990	0,8250	0,6875	0,6187	0,4950	800,00	4,57	2,56	2,10	1,58
120	137,85	0,378	0,37	0,1400	0,9990	0,9333	0,7778	0,7000	0,5600	800,00	12,00	3,60	2,67	1,82
130	149,33	0,409	0,35	0,1424	0,9990	0,9495	0,7913	0,7121	0,5697	800,00	15,85	3,83	2,78	1,86
150	172,31	0,472	0,35	0,1642	0,9990	0,9990	0,9123	0,8211	0,6569	800,00	800,00	9,13	4,47	2,33
200	229,74	0,629	0,32	0,2034	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,8134	800,00	800,00	800,00	800,00	4,29
250	287,18	0,787	0,31	0,2412	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9648	800,00	800,00	800,00	800,00	22,70
300	344,62	0,944	0,29	0,2783	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00

Tabela 8: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 1,0 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 0 a 40 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 1,0 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatório (1,0m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
4	4,59	0,013	0,96	0,0121	0,1009	0,0807	0,0673	0,0605	0,0484	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
6	6,89	0,019	0,89	0,0168	0,1399	0,1119	0,0933	0,0839	0,0672	0,93	0,90	0,88	0,87	0,86
8	9,19	0,025	0,85	0,0215	0,1789	0,1431	0,1193	0,1074	0,0859	0,97	0,93	0,91	0,90	0,88
9	10,34	0,028	0,84	0,0238	0,1984	0,1588	0,1323	0,1191	0,0953	1,00	0,95	0,92	0,91	0,88
10	11,49	0,031	0,83	0,0261	0,2178	0,1743	0,1452	0,1307	0,1046	1,02	0,97	0,94	0,92	0,89
12	13,78	0,038	0,80	0,0303	0,2522	0,2018	0,1682	0,1513	0,1211	1,07	1,00	0,96	0,94	0,91
13	14,93	0,041	0,79	0,0323	0,2695	0,2156	0,1796	0,1617	0,1293	1,10	1,02	0,98	0,95	0,92
14	16,08	0,044	0,78	0,0344	0,2867	0,2293	0,1911	0,1720	0,1376	1,12	1,04	0,99	0,97	0,93
15	17,23	0,047	0,77	0,0365	0,3039	0,2431	0,2026	0,1823	0,1459	1,15	1,06	1,00	0,98	0,94
18	20,68	0,057	0,74	0,0422	0,3514	0,2811	0,2343	0,2108	0,1687	1,23	1,11	1,04	1,01	0,96
20	22,97	0,063	0,73	0,0456	0,3803	0,3042	0,2535	0,2282	0,1825	1,29	1,15	1,07	1,04	0,98
22	25,27	0,069	0,71	0,0491	0,4092	0,3273	0,2728	0,2455	0,1964	1,35	1,19	1,10	1,06	1,00
25	28,72	0,079	0,69	0,0543	0,4525	0,3620	0,3017	0,2715	0,2172	1,46	1,25	1,15	1,10	1,02
26	29,87	0,082	0,68	0,0560	0,4670	0,3736	0,3113	0,2802	0,2242	1,50	1,28	1,16	1,11	1,03
28	32,16	0,088	0,67	0,0594	0,4949	0,3959	0,3299	0,2970	0,2376	1,58	1,32	1,19	1,14	1,05
30	34,46	0,094	0,66	0,0627	0,5221	0,4177	0,3481	0,3133	0,2506	1,67	1,37	1,23	1,16	1,07
32	36,76	0,101	0,65	0,0658	0,5486	0,4389	0,3657	0,3292	0,2633	1,77	1,43	1,26	1,19	1,09
35	40,21	0,110	0,64	0,0705	0,5872	0,4698	0,3915	0,3523	0,2819	1,94	1,51	1,31	1,24	1,11
40	45,95	0,126	0,62	0,0782	0,6515	0,5212	0,4343	0,3909	0,3127	2,30	1,67	1,41	1,31	1,16

Tabela 9: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 1,0 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 1,0 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatório (1,0m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
45	51,69	0,142	0,60	0,0856	0,7137	0,5710	0,4758	0,4282	0,3426	2,79	1,86	1,53	1,40	1,22
50	57,44	0,157	0,59	0,0928	0,7732	0,6186	0,5155	0,4639	0,3711	3,53	2,10	1,65	1,49	1,27
55	63,18	0,173	0,58	0,0997	0,8308	0,6646	0,5539	0,4985	0,3988	4,73	2,39	1,79	1,60	1,33
60	68,92	0,189	0,56	0,1063	0,8855	0,7084	0,5904	0,5313	0,4251	6,99	2,74	1,95	1,71	1,39
65	74,67	0,205	0,55	0,1127	0,9388	0,7510	0,6258	0,5633	0,4506	13,06	3,21	2,14	1,83	1,46
70	80,41	0,220	0,54	0,1186	0,9881	0,7905	0,6588	0,5929	0,4743	67,42	3,82	2,34	1,97	1,52
75	86,15	0,236	0,53	0,1245	0,9990	0,8300	0,6917	0,6225	0,4980	800,00	4,71	2,59	2,12	1,59
80	91,90	0,252	0,52	0,1304	0,9990	0,8695	0,7246	0,6521	0,5217	800,00	6,13	2,90	2,30	1,67
85	97,64	0,268	0,51	0,1362	0,9990	0,9080	0,7567	0,6810	0,5448	800,00	8,70	3,29	2,51	1,76
90	103,38	0,283	0,50	0,1418	0,9990	0,9452	0,7877	0,7089	0,5671	800,00	14,61	3,77	2,75	1,85
95	109,13	0,299	0,49	0,1472	0,9990	0,9815	0,8179	0,7361	0,5889	800,00	43,29	4,39	3,03	1,95
100	114,87	0,315	0,49	0,1527	0,9990	0,9990	0,8482	0,7633	0,6107	800,00	800,00	5,27	3,38	2,05
120	137,85	0,378	0,46	0,1740	0,9990	0,9990	0,9665	0,8699	0,6959	800,00	800,00	23,88	6,15	2,63
140	160,82	0,441	0,43	0,1905	0,9990	0,9990	0,9990	0,9523	0,7618	800,00	800,00	800,00	16,77	3,36
150	172,31	0,472	0,43	0,2039	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,8156	800,00	800,00	800,00	800,00	4,34
200	229,74	0,629	0,39	0,2475	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9900	800,00	800,00	800,00	800,00	79,71
250	287,18	0,787	0,37	0,2881	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
300	344,62	0,944	0,35	0,3284	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00

Tabela 10: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 2,0 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas de específicas telhado de 0 a 40 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 2,0 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatorio (2,0m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
4	4,59	0,013	0,98	0,0123	0,1029	0,0823	0,0686	0,0617	0,0494	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
6	6,89	0,019	0,98	0,0185	0,1543	0,1234	0,1029	0,0926	0,0741	0,95	0,91	0,89	0,88	0,86
8	9,19	0,025	0,96	0,0242	0,2018	0,1614	0,1345	0,1211	0,0968	1,00	0,95	0,92	0,91	0,89
9	10,34	0,028	0,94	0,0266	0,2213	0,1770	0,1475	0,1328	0,1062	1,03	0,97	0,94	0,92	0,90
10	11,49	0,031	0,92	0,0289	0,2408	0,1926	0,1605	0,1445	0,1156	1,05	0,99	0,95	0,94	0,90
12	13,78	0,038	0,89	0,0336	0,2798	0,2238	0,1865	0,1679	0,1343	1,11	1,03	0,98	0,96	0,92
13	14,93	0,041	0,88	0,0359	0,2993	0,2395	0,1995	0,1796	0,1437	1,14	1,05	1,00	0,98	0,93
14	16,08	0,044	0,87	0,0383	0,3188	0,2551	0,2126	0,1913	0,1530	1,17	1,07	1,02	0,99	0,94
15	17,23	0,047	0,86	0,0406	0,3383	0,2707	0,2256	0,2030	0,1624	1,21	1,10	1,03	1,00	0,96
18	20,68	0,057	0,84	0,0476	0,3969	0,3175	0,2646	0,2381	0,1905	1,33	1,17	1,09	1,05	0,99
20	22,97	0,063	0,83	0,0523	0,4356	0,3485	0,2904	0,2614	0,2091	1,42	1,23	1,13	1,08	1,01
22	25,27	0,069	0,81	0,0564	0,4701	0,3760	0,3134	0,2820	0,2256	1,51	1,28	1,17	1,11	1,03
25	28,72	0,079	0,80	0,0626	0,5217	0,4174	0,3478	0,3130	0,2504	1,67	1,37	1,23	1,16	1,07
26	29,87	0,082	0,79	0,0647	0,5389	0,4311	0,3593	0,3233	0,2587	1,74	1,41	1,25	1,18	1,08
28	32,16	0,088	0,78	0,0688	0,5733	0,4587	0,3822	0,3440	0,2752	1,88	1,48	1,29	1,22	1,10
30	34,46	0,094	0,77	0,0729	0,6078	0,4862	0,4052	0,3647	0,2917	2,04	1,56	1,34	1,26	1,13
32	36,76	0,101	0,76	0,0770	0,6413	0,5131	0,4276	0,3848	0,3078	2,23	1,64	1,40	1,30	1,16
35	40,21	0,110	0,75	0,0826	0,6883	0,5507	0,4589	0,4130	0,3304	2,57	1,78	1,48	1,36	1,19
40	45,95	0,126	0,73	0,0913	0,7606	0,6085	0,5071	0,4563	0,3651	3,34	2,04	1,62	1,47	1,26

Tabela 11: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 2,0 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 2,0 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatorio (2,0m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
45	51,69	0,142	0,71	0,0999	0,8328	0,6663	0,5552	0,4997	0,3998	4,79	2,40	1,80	1,60	1,33
50	57,44	0,157	0,69	0,1086	0,9051	0,7241	0,6034	0,5430	0,4344	8,43	2,90	2,02	1,75	1,41
55	63,18	0,173	0,68	0,1171	0,9762	0,7810	0,6508	0,5857	0,4686	33,68	3,65	2,29	1,93	1,51
60	68,92	0,189	0,66	0,1253	0,9990	0,8354	0,6962	0,6265	0,5012	800,00	4,86	2,63	2,14	1,60
65	74,67	0,205	0,65	0,1332	0,9990	0,8881	0,7401	0,6660	0,5328	800,00	7,15	3,08	2,40	1,71
70	80,41	0,220	0,64	0,1409	0,9990	0,9395	0,7829	0,7046	0,5637	800,00	13,23	3,69	2,71	1,83
75	86,15	0,236	0,63	0,1486	0,9990	0,9910	0,8258	0,7432	0,5946	800,00	88,61	4,59	3,12	1,97
80	91,90	0,252	0,62	0,1564	0,9990	0,9990	0,8687	0,7818	0,6255	800,00	800,00	6,09	3,67	2,14
85	97,64	0,268	0,61	0,1639	0,9990	0,9990	0,9106	0,8195	0,6556	800,00	800,00	8,95	4,43	2,32
90	103,38	0,283	0,60	0,1713	0,9990	0,9990	0,9516	0,8564	0,6852	800,00	800,00	16,53	5,57	2,54
95	109,13	0,299	0,60	0,1785	0,9990	0,9990	0,9916	0,8924	0,7139	800,00	800,00	94,87	7,44	2,80
100	114,87	0,315	0,59	0,1856	0,9990	0,9990	0,9990	0,9278	0,7423	800,00	800,00	800,00	11,09	3,10
120	137,85	0,378	0,56	0,2125	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,8501	800,00	800,00	800,00	800,00	5,34
130	149,33	0,409	0,53	0,2160	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,8639	800,00	800,00	800,00	800,00	5,88
150	172,31	0,472	0,53	0,2490	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9960	800,00	800,00	800,00	800,00	200,75
200	229,74	0,629	0,49	0,3053	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
250	287,18	0,787	0,46	0,3582	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
300	344,62	0,944	0,43	0,4078	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00

Tabela 12: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 3,0 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 0 a 40 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 3,0 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatório (3,0m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
4	4,59	0,013	0,98	0,0123	0,1029	0,0823	0,0686	0,0617	0,0494	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
6	6,89	0,019	0,98	0,0185	0,1543	0,1234	0,1029	0,0926	0,0741	0,95	0,91	0,89	0,88	0,86
8	9,19	0,025	0,98	0,0247	0,2057	0,1646	0,1371	0,1234	0,0987	1,01	0,96	0,93	0,91	0,89
9	10,34	0,028	0,98	0,0278	0,2314	0,1851	0,1543	0,1389	0,1111	1,04	0,98	0,95	0,93	0,90
10	11,49	0,031	0,98	0,0309	0,2571	0,2057	0,1714	0,1543	0,1234	1,08	1,01	0,97	0,95	0,91
12	13,78	0,038	0,96	0,0363	0,3026	0,2421	0,2018	0,1816	0,1453	1,15	1,06	1,00	0,98	0,94
13	14,93	0,041	0,94	0,0387	0,3222	0,2577	0,2148	0,1933	0,1546	1,18	1,08	1,02	0,99	0,95
14	16,08	0,044	0,93	0,0410	0,3417	0,2733	0,2278	0,2050	0,1640	1,22	1,10	1,04	1,01	0,96
15	17,23	0,047	0,92	0,0433	0,3612	0,2889	0,2408	0,2167	0,1734	1,25	1,13	1,05	1,02	0,97
18	20,68	0,057	0,89	0,0504	0,4197	0,3358	0,2798	0,2518	0,2015	1,38	1,20	1,11	1,07	1,00
20	22,97	0,063	0,87	0,0550	0,4587	0,3670	0,3058	0,2752	0,2202	1,48	1,26	1,15	1,10	1,03
22	25,27	0,069	0,86	0,0597	0,4978	0,3982	0,3318	0,2987	0,2389	1,59	1,33	1,20	1,14	1,05
25	28,72	0,079	0,85	0,0668	0,5563	0,4450	0,3709	0,3338	0,2670	1,80	1,44	1,27	1,20	1,09
26	29,87	0,082	0,84	0,0691	0,5758	0,4606	0,3839	0,3455	0,2764	1,89	1,48	1,30	1,22	1,11
28	32,16	0,088	0,84	0,0738	0,6148	0,4919	0,4099	0,3689	0,2951	2,08	1,57	1,36	1,27	1,13
30	34,46	0,094	0,83	0,0784	0,6534	0,5228	0,4356	0,3921	0,3137	2,31	1,68	1,42	1,32	1,17
32	36,76	0,101	0,82	0,0825	0,6879	0,5503	0,4586	0,4127	0,3302	2,56	1,78	1,48	1,36	1,19
35	40,21	0,110	0,81	0,0887	0,7395	0,5916	0,4930	0,4437	0,3550	3,07	1,96	1,58	1,44	1,24
40	45,95	0,126	0,79	0,0991	0,8256	0,6605	0,5504	0,4954	0,3963	4,59	2,36	1,78	1,59	1,33

Tabela 13: Resultados da eficiência e coeficiente de retorno corrigido para reservatório de 3,0 m³ por habitante, para as demandas de 0,12, 0,15, 0,18 e 0,25 m³.hab⁻¹.dia⁻¹ e áreas específicas de telhado de 45 a 300 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de Retorno Corrigido para 3,0 m ³ de reservatório por habitante														
Área de Telhado (m ² /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Reservatorio (3,0m ³)	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para as demandas totais (m ³ /hab.dia)					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8) para as demandas totais (m ³ /hab.dia)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
45	51,69	0,142	0,77	0,1094	0,9117	0,7293	0,6078	0,5470	0,4376	9,06	2,96	2,04	1,77	1,42
50	57,44	0,157	0,76	0,1192	0,9935	0,7948	0,6624	0,5961	0,4769	123,90	3,90	2,37	1,98	1,53
55	63,18	0,173	0,74	0,1282	0,9990	0,8549	0,7124	0,6412	0,5129	800,00	5,51	2,78	2,23	1,64
60	68,92	0,189	0,73	0,1369	0,9990	0,9127	0,7606	0,6845	0,5476	800,00	9,16	3,34	2,54	1,77
65	74,67	0,205	0,71	0,1456	0,9990	0,9705	0,8087	0,7279	0,5823	800,00	27,11	4,18	2,94	1,92
70	80,41	0,220	0,70	0,1542	0,9990	0,9990	0,8569	0,7712	0,6170	800,00	800,00	5,59	3,50	2,09
75	86,15	0,236	0,69	0,1629	0,9990	0,9990	0,9051	0,8146	0,6516	800,00	800,00	8,43	4,31	2,30
80	91,90	0,252	0,68	0,1716	0,9990	0,9990	0,9532	0,8579	0,6863	800,00	800,00	17,10	5,63	2,55
85	97,64	0,268	0,67	0,1798	0,9990	0,9990	0,9989	0,8990	0,7192	800,00	800,00	733,92	7,92	2,85
90	103,38	0,283	0,66	0,1880	0,9990	0,9990	0,9990	0,9398	0,7519	800,00	800,00	800,00	13,29	3,22
95	109,13	0,299	0,66	0,1960	0,9990	0,9990	0,9990	0,9798	0,7838	800,00	800,00	800,00	39,56	3,70
100	114,87	0,315	0,65	0,2037	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,8147	800,00	800,00	800,00	800,00	4,32
120	137,85	0,378	0,62	0,2345	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9382	800,00	800,00	800,00	800,00	12,94
130	149,33	0,409	0,59	0,2414	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9656	800,00	800,00	800,00	800,00	23,24
150	172,31	0,472	0,59	0,2784	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
200	229,74	0,629	0,55	0,3439	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
250	287,18	0,787	0,51	0,4029	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
300	344,62	0,944	0,49	0,4580	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00

Tabela 14: Resultados da eficiência e do coeficiente de retorno corrigido para área média *per capita* de telhado para Bauru (SP) de 49,21 m².hab⁻¹.

Eficiência e Coeficiente de retorno corrigido para área média <i>per capita</i> de telhado para Bauru – SP (49,21 m ² /hab).														
Volume de Reservatório (m ³ /hab)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	Consumo Ótimo (m ³ /hab.dia)	Eficiência Ea=Eh	Demanda Atendida (Ea=Eh)	Eficiência para diferentes demandas totais					Coef. de Retorno Corrigido (f = 0,8)				
					0,12	0,15	0,18	0,2	0,25	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
0,2	56,53	0,1549	0,3679	0,0570	0,4749	0,3799	0,3166	0,2849	0,2279	1,5234	1,2901	1,1706	1,1188	1,0362
0,3	56,53	0,1549	0,4213	0,0653	0,5438	0,4350	0,3625	0,3263	0,2610	1,7536	1,4160	1,2550	1,1874	1,0826
0,4	56,53	0,1549	0,4574	0,0708	0,5903	0,4722	0,3935	0,3542	0,2833	1,9526	1,5158	1,3191	1,2387	1,1163
0,5	56,53	0,1549	0,4873	0,0755	0,6290	0,5032	0,4193	0,3774	0,3019	2,1561	1,6102	1,3777	1,2849	1,1460
1	56,53	0,1549	0,5919	0,0917	0,7639	0,6111	0,5092	0,4583	0,3667	3,4532	2,0571	1,6302	1,4769	1,2631
2	56,53	0,1549	0,6924	0,1072	0,9600	0,7149	0,5958	0,5362	0,4290	5,0193	3,2189	1,9791	1,7248	1,4009
3	56,53	0,1549	0,7602	0,1177	0,9811	0,7849	0,6541	0,5887	0,4709	5,4317	3,6782	2,3125	1,9448	1,5121
4	56,53	0,1549	0,7979	0,1236	0,9990	0,8238	0,6865	0,6179	0,4943	5,4317	4,0051	3,2983	2,0936	1,5820
5	56,53	0,1549	0,8324	0,1289	0,9990	0,8595	0,7162	0,6446	0,5157	5,4317	4,0051	3,5258	2,7364	1,6518
6	56,53	0,1549	0,8501	0,1317	0,9990	0,8777	0,7315	0,6583	0,5266	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	1,6901
7	56,53	0,1549	0,8678	0,1344	0,9990	0,8960	0,7467	0,6720	0,5376	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	1,7301
8	56,53	0,1549	0,8855	0,1371	0,9990	0,9143	0,7619	0,6857	0,5486	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	1,7721
9	56,53	0,1549	0,9032	0,1399	0,9990	0,9325	0,7771	0,6994	0,5595	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	1,8162
10	56,53	0,1549	0,9209	0,1426	0,9990	0,9508	0,7923	0,7131	0,5705	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	1,8625
12	56,53	0,1549	0,9563	0,1481	0,9990	0,9873	0,8228	0,7405	0,5924	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	1,9627
14	56,53	0,1549	0,9805	0,1518	0,9990	0,9990	0,8436	0,7592	0,6074	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	2,0377
16	56,53	0,1549	0,9805	0,1518	0,9990	0,9990	0,8436	0,7592	0,6074	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	2,0377
18	56,53	0,1549	0,9805	0,1518	0,9990	0,9990	0,8436	0,7592	0,6074	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	2,0377
20	56,53	0,1549	0,9805	0,1518	0,9990	0,9990	0,8436	0,7592	0,6074	5,4317	4,0051	3,5258	2,8770	2,0377