

## VOLUMES E EFICIÊNCIAS DE RESERVATÓRIOS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO ESTADO DE SANTA CATARINA – BRASIL

Loivo Bertoldi<sup>1</sup>, Ivone Gohr Pinheiro<sup>2</sup> e Adilson Pinheiro<sup>3</sup>

**Resumo:** O volume e a eficiência de reservatórios para o armazenamento de água de chuva foram estudados a partir do tratamento dos dados pluviométricos que possibilitaram definir 69 regiões representativas no Estado de Santa Catarina. O volume dos reservatórios foi determinado pelo balanço de massa, para a escala de tempo mensal, com valores de demanda de água de chuva compreendidos entre 3,00 e 15,00 m<sup>3</sup>/mês e de área de coleta entre 75 e 300 m<sup>2</sup>. Constatou-se que é possível se dimensionar o reservatório para qualquer área de coleta entre 75 e 300 m<sup>2</sup> com uma eficiência compreendida entre 80 e 95%, a fim de garantir o atendimento de uma demanda máxima de 5,00 m<sup>3</sup>/mês para todo o Estado de Santa Catarina, excetuando-se uma região representativa. Para esse valor de demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês encontra-se o menor volume de reservatório igual a 4,51, 6,36 e 7,76 m<sup>3</sup> respectivamente às eficiências de 80, 90 e 95 %. O maior valor de demanda adotado, 15,00 m<sup>3</sup>/mês, para a maior área de coleta considerada de 300 m<sup>2</sup>, será atendido com o volume mínimo do reservatório de 7,25, 12,48 e 18,44 m<sup>3</sup> respectivamente à eficiência de 80, 90 e 95 %. Para uma área de coleta dada, à medida que a demanda aumenta, o volume de reservatório atinge valores que embora possam ser calculados, sua execução, do ponto de vista econômico torna-se inviável. À medida que a demanda aumenta para uma área de coleta dada não será mais possível se calcular um volume de reservatório que atenda as condições impostas, fato esse que é uma consequência da relação entre a área de coleta e a demanda para as condições pluviométricas da região considerada. Os resultados encontrados permitiram de determinar as condições limites de atendimento do reservatório em função da demanda e da área de coleta assumidos.

**Palavras-chave:** Uso racional da água. Aproveitamento de água da chuva. Dimensionamento de reservatório.

### 1 Introdução

A gestão de recursos hídricos é um grande desafio global. Aproximadamente um terço da população mundial vive em países com estresse hídrico considerado de moderado a alto (UNEP, 2010). A falta de água pode acontecer devido a períodos de estiagem repetidos e precipitação mal distribuída como acontece nos países do SubSahara (NGIGI, 2003) e no semiárido brasileiro (VIEIRA, 2003). Segundo a UNESCO (2012) o crescimento populacional desordenado nos grandes centros urbanos, o aumento do padrão de qualidade de vida da população e os hábitos de consumo atuais são os principais fatores de interferência para o aumento expressivo do consumo de água. A degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas devido ao lançamento de resíduos (MILOVANOVIC,

2007), do crescimento da agricultura e da indústria (KERACHIAN; KARAMOUZ, 2007) e do avanço da urbanização (PAREDES; ANDREU; SOLERA, 2010) colocam em risco a oferta de água de qualidade e quantidade desejáveis para o consumo humano.

O uso da água de chuva constitui-se em uma fonte alternativa para a minimização do problema de escassez de água (GHISI; OLIVEIRA, 2007), configurando-se como uma fonte promissora de água, principalmente em regiões metropolitanas e do semiárido (MORUZZI, CARVALHO; OLIVEIRA, 2012). Ela pode ser utilizada em atividades domésticas, como água para descarga de vasos sanitários, máquina de lavar roupa e jardins (LYE, 2009, KHASTAGIR; JAYASURIYA (2010), atividades industriais (VALLE; PINHEIRO; FERRARI, 2007), para irrigação (LYE, 2009)

<sup>1</sup> E-mail: engcivil.smo@unoesc.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: ivonegp@furb.br

FURB - Universidade Regional de Blumenau - CAMPUS II - Complexo Tecnológico.  
Rua São Paulo, 3250 - Sala I 103. Itoupava Seca - 89030-000 Blumenau - SC

<sup>3</sup> E-mail: pinheiro@furb.br

e mesmo como água potável (HUSTON et al., 2009).

Jones e Hunt (2010) relatam que o aproveitamento de água de chuva tem sido utilizado também em lugares úmidos e regiões bem desenvolvidas, como solução a períodos de estiagem severos, aumento da demanda de água, conscientização pública sobre os impactos ambientais do escoamento superficial das águas de chuva e o interesse pelas construções sustentáveis.

Muitas pesquisas têm se desenvolvido visando a responder sobre o sistema de captação e armazenamento, a qualidade da água de chuva captada e armazenada, seu tratamento, bem como sobre os aspectos financeiros e econômicos dos sistemas. Os aspectos econômicos foram avaliados em um estudo empírico sobre a rentabilidade de reservatórios de água de chuva (TAM, V.W.Y; TAM, L.; ZENG, 2010) e a economia de água potável através do uso de água de chuva na lavagem de carros em um posto de gasolina foi avaliada em Brasília – Brasil acompanhada de uma análise de investimentos (GHISI; TAVARES; ROCHA, 2009).

Como o sistema de captação e armazenamento de água de chuva está condicionado ao regime pluviométrico, frequentemente os dados de chuva têm que ser tratados, pois as séries históricas possuem falhas, assim como para determinadas regiões essas informações podem não existir. Cheng e Liao (2009) estudaram a regionalização da precipitação com o objetivo de contribuir no aproveitamento de água de chuva em Taiwan permitindo incluir as regiões sem dados pluviométricos.

O dimensionamento dos reservatórios de água de chuva é outro aspecto importante a fim de que não ocorra um super ou subdimensionamento. Jones e Hunt (2010) observam que um tamanho de reservatório que esteja sempre vazio, desencoraja o uso da água de chuva e não permite de se verificar os benefícios que podem advir. Por outro lado, embora uma capacidade de reservatório adequada seja vantajosa para suprir a demanda de água em períodos de baixa precipitação, um volume de reservatório com o objetivo de atender a todas as demandas não é economicamente viável quando se tem abastecimento público de água disponível.

A simulação do desempenho de um sistema de aproveitamento de água de chuva foi realizada por Herrmann e Schmida

(1999) que avaliaram a eficiência do sistema. Ábacos foram gerados mostrando a relação entre a eficiência do sistema e o volume armazenado para diferentes demandas e área de coleta, colocando em evidência que o uso de água de chuva pode reduzir significativamente a demanda de água potável.

Um estudo sobre o tamanho ideal do reservatório de água de chuva para usos domésticos foi realizado para a região metropolitana de Melbourne (KHASTAGIR; JAYASURIYA, 2010). Os autores definiram números adimensionais a fim de obter equações e foi obtida uma curva para cada eficiência. O usuário pode escolher uma eficiência desejada, uma área de coleta e uma demanda, obtendo a pluviometria média anual junto ao órgão público responsável.

Em Santa Catarina, apesar do alto potencial hídrico de  $62.10^9$  m<sup>3</sup>/ano (na Jordânia esse valor é de  $750.10^6$  m<sup>3</sup>/ano (ABDULLA; AL-SHAREEF, 2009)), e do baixo nível de utilização (2,7%) (PERDOMO; FIGUEIREDO; SANGOI, 2003), a escassez de água é uma realidade em várias regiões do Estado em períodos críticos. Eles correspondem à estiagem no oeste do Estado e a época de alta temporada de turistas nas regiões litorâneas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar o volume de reservatórios para aproveitamento de água de chuva, associados aos riscos de não atendimento do sistema no Estado de Santa Catarina, obtendo-se as condições limites de atendimento do volume do reservatório em função dos valores assumidos de demanda e área de coleta.

## 2 Material e métodos

Esse estudo foi realizado no Estado de Santa Catarina, que possui uma área de 95.982 km<sup>2</sup>, correspondente a 1,13% do território brasileiro, e a 16,61% da região Sul do país. O Estado está inserido entre as latitudes 25°57'33"S e 29°21'48S e, longitudes 48°62'33"W e 53°50'00"W (Figura 1).

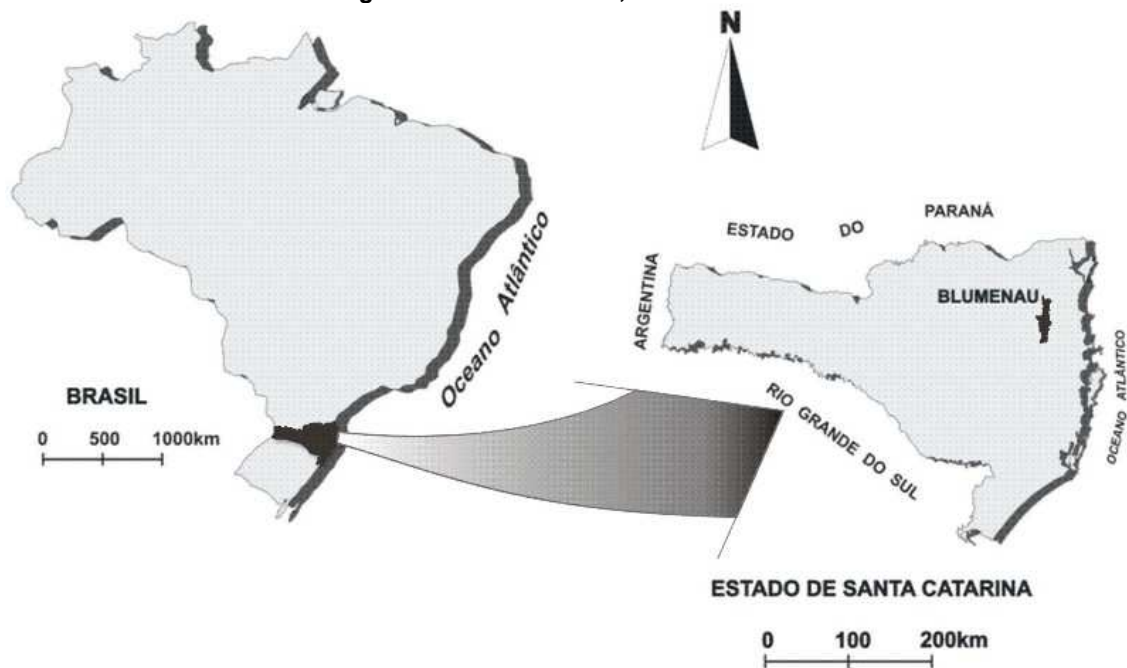
As séries históricas das estações pluviométricas existentes no Estado de Santa Catarina foram obtidas do banco de dados da Agência Nacional de Águas (2009). Foram selecionadas 137 estações cujas séries históricas apresentavam dados consistentes. Na análise para se determinar o maior período de dados comuns a todas as

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.14, n. 4, p. 56-66, jul./dez. 2012

estações, determinou-se o período compreendido entre 1977 e 2000, ou seja, de 24 anos consecutivos, resultando em 96 estações pluviométricas que ainda estavam ativas. De cada município selecionou-se uma estação pluviométrica, aquela com o menor

número de falhas, obtendo-se 78 estações. Por último descartaram-se as estações com falhas consecutivas de 5 ou mais anos nas séries históricas, resultando em 69 estações pluviométricas selecionadas.

Figura 1- Área de estudo, Santa Catarina.



As alturas totais mensais de precipitação foram utilizadas e como algumas séries históricas ainda possuíam falhas, o preenchimento destas foi feito pelo método de ponderação regional, utilizando-se informações de três estações vizinhas com características pluviométricas semelhantes e que possuíam no mínimo dez anos de dados sem falhas. A análise de consistência dos dados foi realizada pelo método de duplas massas, comparando-se a precipitação mensal total acumulada de cada estação cuja série histórica foi preenchida, com a precipitação mensal total acumulada de uma estação vizinha a ela, isenta de falhas.

Cada estação pluviométrica selecionada teve sua região de abrangência delimitada através da construção do polígono de Thiessen. A região de abrangência da estação é aquela para a qual os dados pluviométricos da estação são considerados representativos para se dimensionar os reservatórios e se determinar as suas eficiências.

O dimensionamento do reservatório foi realizado pelo balanço de massa no

reservatório, descrito por  $V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$ , onde  $V_t$  é o volume de água de chuva no reservatório no fim do mês  $t$ ,  $V_{t-1}$  é o volume de água de chuva no reservatório no início do mês  $t$ ,  $Q_t$  é o volume mensal de água de chuva no mês  $t$  e  $D_t$  é a demanda mensal. O volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$  é obtido pela expressão  $Q_t = A.C.P$ , onde  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial, adotado igual a 0,8,  $P$  é a altura de precipitação total mensal, e  $A$  é a área de coleta da água de chuva.

O volume do reservatório é determinado por método iterativo, até que ele atenda a demanda de acordo com a eficiência desejada, expressa por Eficiência =  $(N_d/N) \cdot 100$ , onde  $N_d$  é o número de meses em que o reservatório atendeu a demanda totalmente, ou seja, quando  $V_t \geq D_t$  e  $N$  é o total de meses empregado na simulação ( $N = 288$ ).

Foram estabelecidas áreas de coleta de água de chuva para edificações com 75, 100, 150, 200, 250 e 300 m<sup>2</sup> de cobertura. As demandas estão compreendidas no intervalo de 3,00 a 15,00 m<sup>3</sup>/mês, sendo que seu valor foi variado de 1 em 1 m<sup>3</sup>, devido à

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.14, n. 4, p. 56-66, jul./dez. 2012

sensibilidade da resposta do volume do reservatório em função deste parâmetro. Foram contempladas eficiências iguais a 80, 90 e 95% de atendimento do reservatório às demandas.

Dessa maneira, para cada uma das 69 regiões representativas foram estabelecidas as relações entre a demanda, a área de coleta e a dimensão do reservatório para atendimento às eficiências de 80, 90 e 95%. A fim de apresentação nesse trabalho foram selecionadas as regiões representativas que correspondem às cidades de maior porte e destaque das cinco diferentes regiões geográficas do Estado de Santa Catarina, Chapecó, Lages, Criciúma, Blumenau e Joinville (Figura 2).

### 3 Resultados e discussão

A distribuição espacial das 69 estações pluviométricas selecionadas no Estado de Santa Catarina, cujos dados pluviométricos foram utilizados para o dimensionamento de reservatório de água de chuva está apresentada na Figura 2. Nota-se que na região central do Estado, as regiões representativas das estações são maiores, e menores na região leste, onde existe uma maior densidade de estações pluviométricas

que atenderam os critérios adotados. As alturas pluviométricas anuais médias variam de 1310,0 a 2605,2 mm, favorecendo o uso potencial de água de chuva para todo o território Catarinense. No entanto, na região oeste tem sido registrada a ocorrência de deficiências de fornecimento de água potável para uso doméstico e para as atividades agrícolas e industriais. Em algumas bacias do leste, tem sido registrada com frequência a ocorrência de falhas no fornecimento de água potável à população no verão devido ao aumento da demanda provocada pela atividade turística, a qual é muito intensa nessa época.

A Figura 3 apresenta a distribuição da precipitação mensal média nas estações pluviométricas das cinco regiões representativas, Blumenau, Chapecó, Criciúma, Joinville, e Lages. Nota-se que o período entre os meses de abril e agosto (outono-inverno) é o menos chuvoso com valores médios de precipitação não ultrapassando 150 mm mensais, para quatro das cinco estações consideradas. O período mais chuvoso acontece entre outubro e março (primavera-verão) no qual o valor máximo da precipitação média mensal pode chegar a 250 mm para a região representativa de Blumenau e Joinville.

Figura 2 - Distribuição espacial das estações, com regiões representativas e alturas pluviométricas médias anuais.

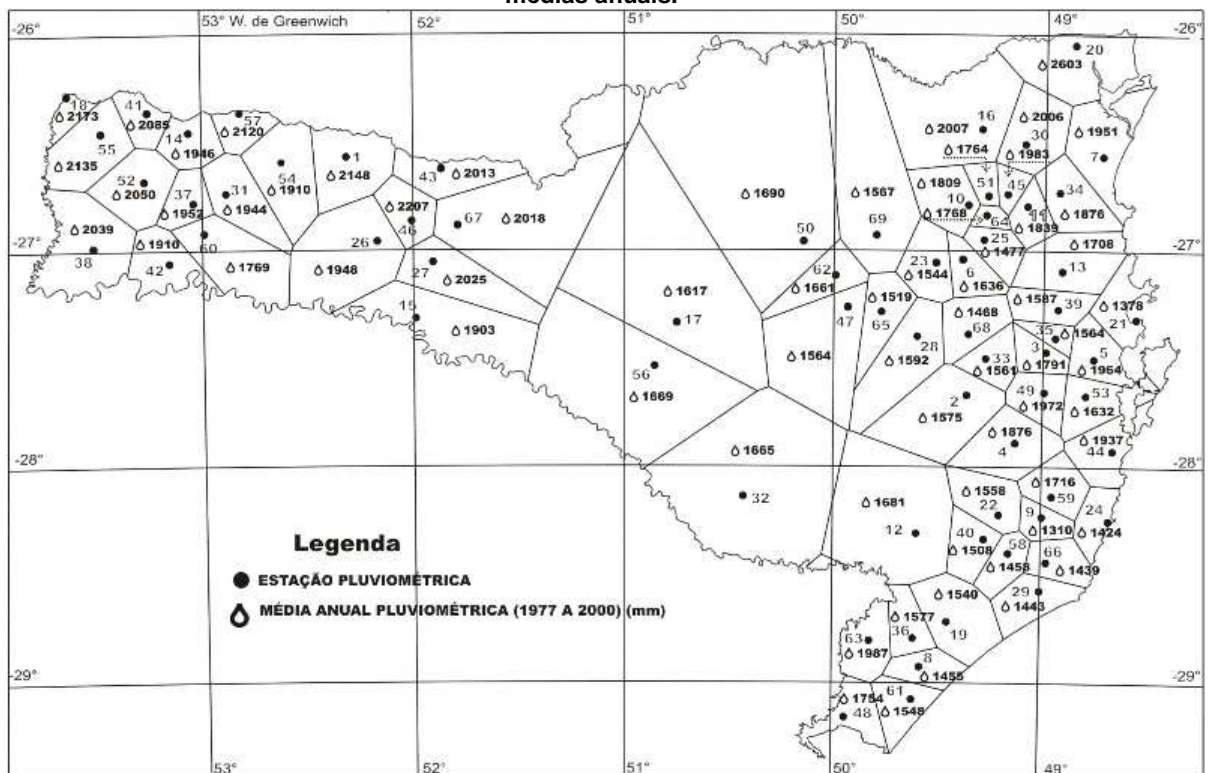
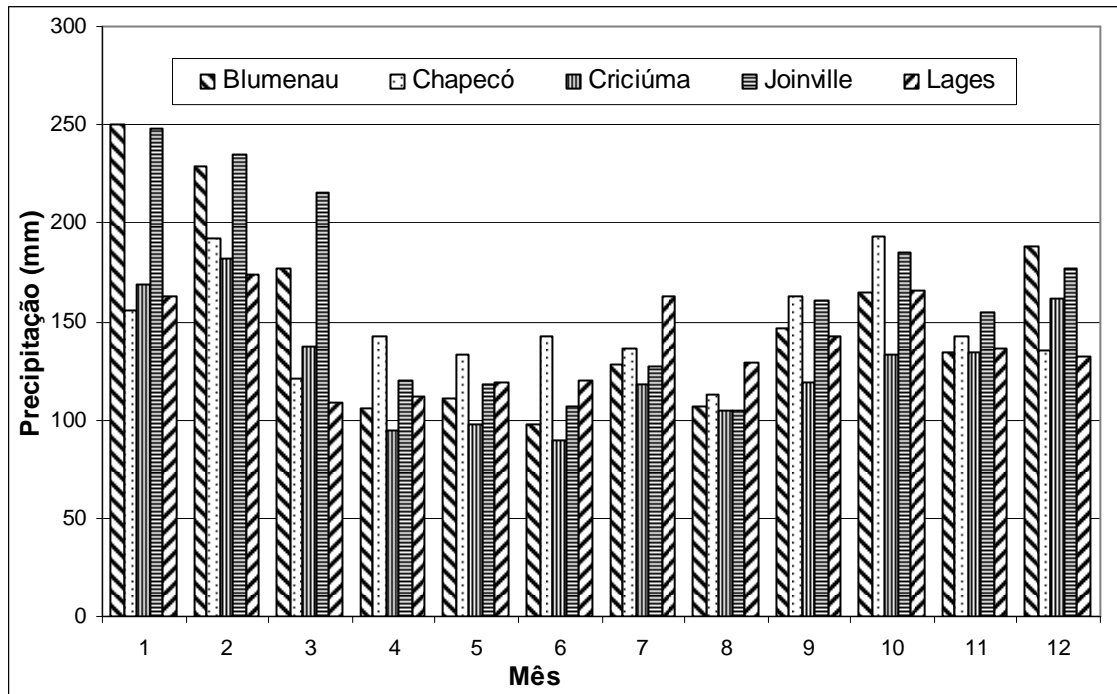




Figura 3 – Distribuição mensal média da precipitação nas regiões representativas cinco regiões representativas do Estado de Santa Catarina.



A variação do volume dos reservatórios em função das demandas, para as diferentes áreas de coleta e eficiência de atendimento de 95% das regiões representativas está apresentada na Figura 4. Duas situações extremas podem acontecer. Na primeira a área de coleta é grande e a demanda é pequena, resultando em um pequeno volume de reservatório a fim de atender os parâmetros de entrada. Nessa condição o tamanho mínimo considerado do reservatório foi aquele de  $0,25 \text{ m}^3$ . A segunda caracteriza-se por possuir uma demanda alta e área de coleta pequena, resultando na condição de não ser possível atender a demanda para as condições especificadas.

A máxima demanda de água de chuva que pode ser atendida para qualquer região representativa do Estado de Santa Catarina é de  $5,00 \text{ m}^3/\text{mês}$ , considerando-se as condições mais restritivas, a menor área de coleta de  $75 \text{ m}^2$  e uma eficiência de 95 %, excetuando-se a região representativa de Bom Jardim da Serra, cujo valor é de  $3,00 \text{ m}^3/\text{mês}$ . Já para a área de coleta de  $75 \text{ m}^2$  e uma eficiência de 90 % e, também de 80 %, o maior valor de demanda que pode ser atendido é de  $6,00 \text{ m}^3/\text{mês}$ . Para 63 das 69 áreas representativas é possível calcular o volume do reservatório, até uma demanda

máxima de  $6,00 \text{ m}^3/\text{mês}$  atendida com uma eficiência de 95 %, para uma área de coleta de  $75 \text{ m}^2$ .

O atendimento com o máximo valor de demanda considerado,  $15,00 \text{ m}^3/\text{mês}$ , para uma área de coleta de  $75 \text{ m}^2$  não é possível para nenhum dos três valores de eficiência adotados. Considerando-se todas as 69 regiões representativas, somente será possível calcular o volume do reservatório para essa demanda com uma eficiência de 95 % a partir de uma área de coleta mínima de  $200 \text{ m}^2$  excetuando-se a região representativa de Chapecó, cuja área de coleta mínima é de  $300 \text{ m}^2$ .

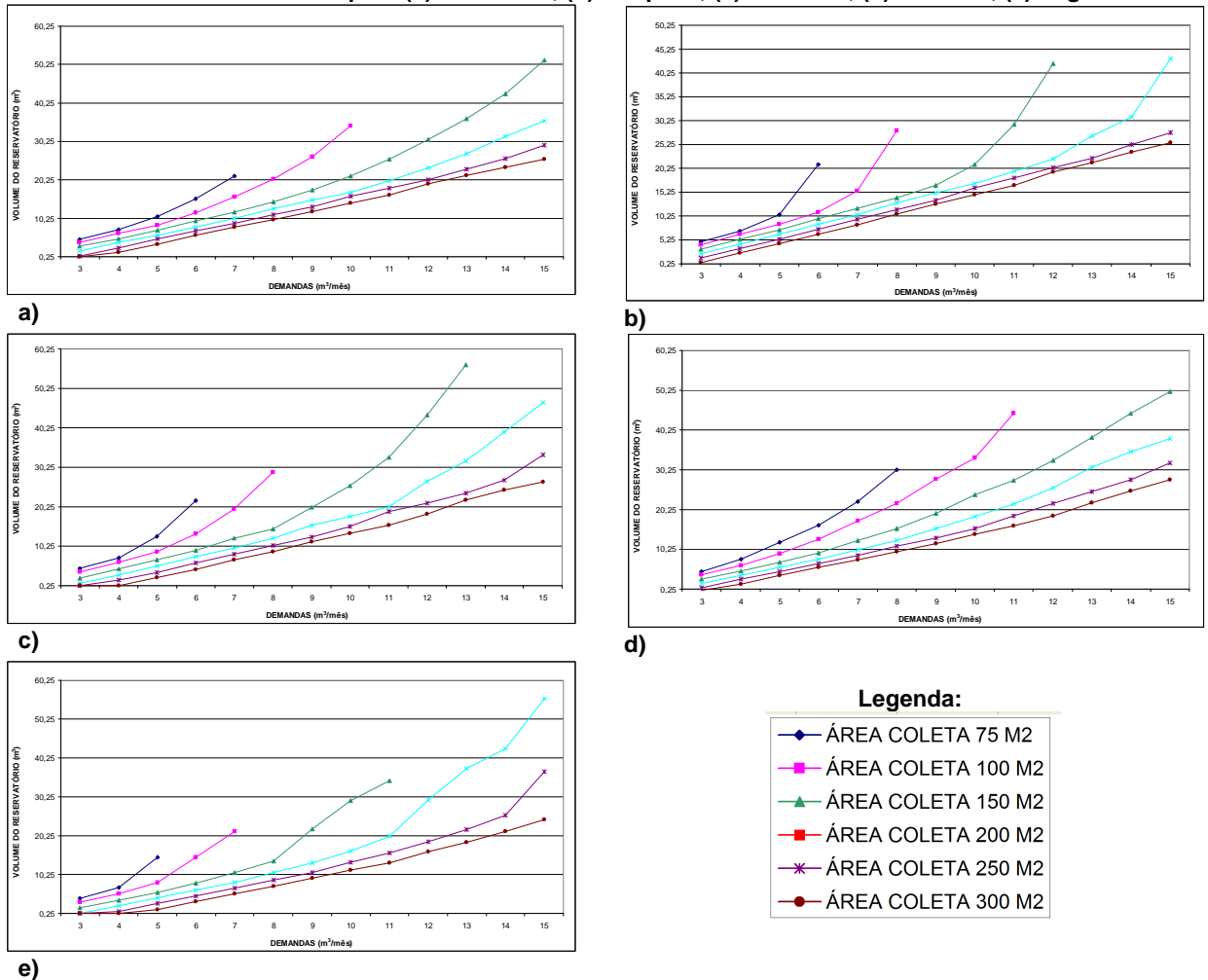
Para as maiores áreas de coleta, como a de  $300 \text{ m}^2$ , a evolução da curva do volume do reservatório em função da demanda é quase linear (Figura 4). A não linearidade aparece mais claramente nas situações onde o limite superior da capacidade de atendimento dos volumes estabelecidos para os reservatórios está para ser, ou foi atingido. A evolução das curvas representa o grau de otimização do uso dos volumes armazenados nos reservatórios para atendimento das demandas estabelecidas. Evolução mais linear indica que não é necessário realizar uso otimizado. No entanto, as variações das inclinações das curvas indicam a

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.14, n. 4, p. 56-66, jul./dez. 2012

necessidade de adoção de procedimentos de otimização para atendimento das demandas com o volume de água armazenado no reservatório. Assim, em todas as regiões representativas, para áreas de coleta elevadas, as demandas de até 15,00 m<sup>3</sup>/mês

podem ser atendidas sem grande esforço de otimização no uso da água. No entanto, para o atendimento de 6,00 m<sup>3</sup>/mês com a área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, o volume do reservatório precisa ser usado de maneira muito otimizado.

**Figura 4 – Volume do reservatório em função da demanda para eficiência de 95%, para os diferentes valores de área de coleta para (a) Blumenau, (b) Chapecó, (c) Criciúma, (d) Joinville, (e) Lages.**



A Figura 5 apresenta o volume dos reservatórios em função da área de coleta para atendimento da demanda de 7,00 m<sup>3</sup>/mês, para as três eficiências de atendimento, para as cinco regiões representativas do estado de Santa Catarina. A escolha desse valor visa não estar na condição para a qual a demanda não pode ser atendida, nem naquela na qual os valores de volume de reservatório são mínimos. O volume do reservatório calculado em função das áreas de coletas apresenta uma evolução não linear. Nas figuras 5-b e 5-e, observa-se esta situação, ocorrendo uma variação importante na inclinação da

curva do volume do reservatório em função da área de coleta, sendo que na maior parte dos casos essa condição é constatada apenas para a eficiência de 95%. Entretanto, pode-se observar como na Figura 5-c, que ela pode estar presente desde o menor valor de eficiência adotado, 80%.

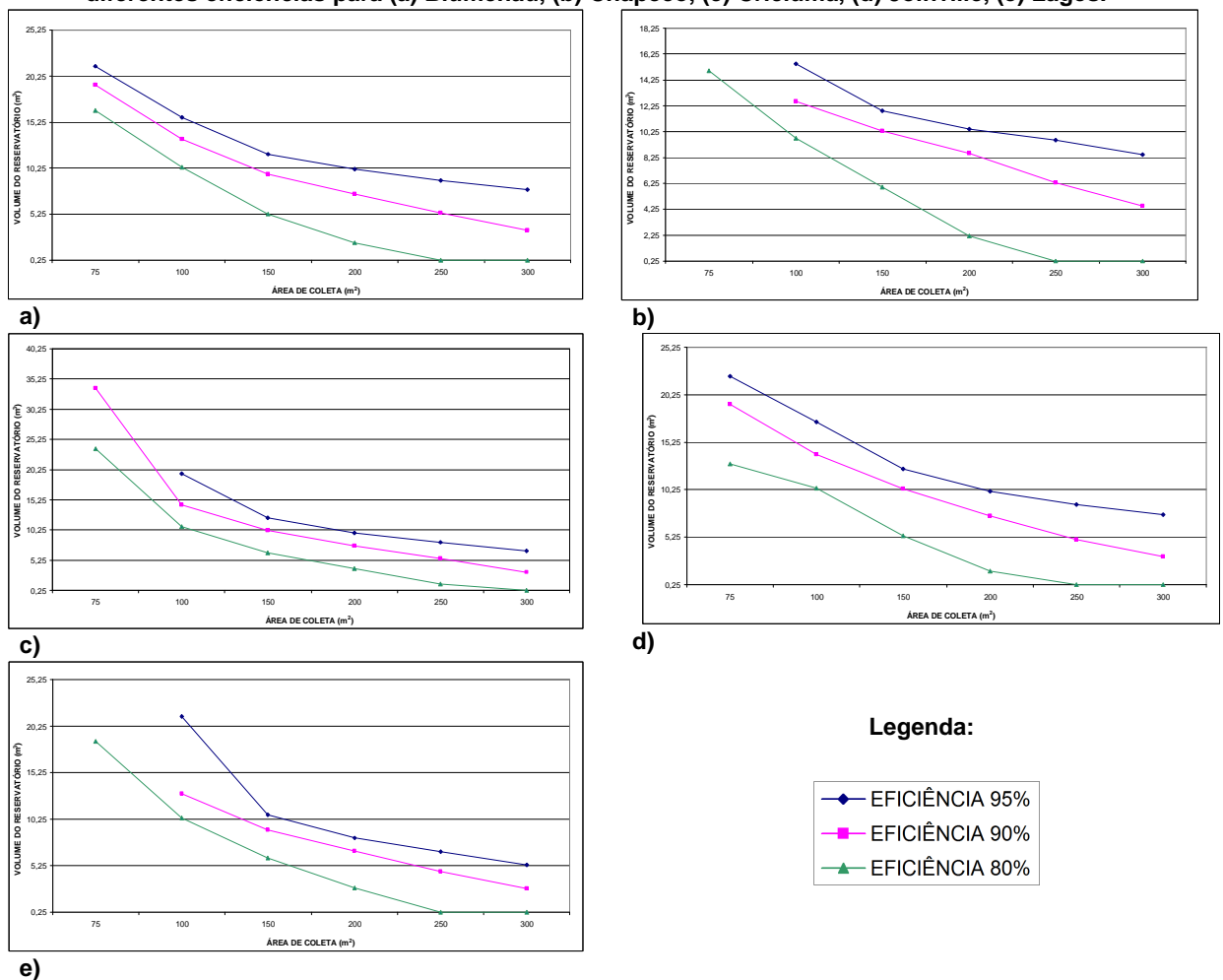
Analisando-se as 69 regiões representativas, verifica-se que as variações não lineares ocorrem em regiões com baixa pluviometria. A região representativa de Santo Amaro da Imperatriz é a que possui a menor altura pluviométrica média anual dentre as 69, com 1.310,01 mm. Para uma eficiência de 95%, área de coleta de 75 m<sup>2</sup>,

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.14, n. 4, p. 56-66, jul./dez. 2012

com valores de demanda entre 5,00 e 6,00 m<sup>3</sup>/mês, o volume do reservatório aumentou de 17,44 para 59,94 m<sup>3</sup>, ou seja, um aumento de 343,69%. A região representativa Witmarsum, com altura pluviométrica média anual de 1378,46 mm, uma eficiência de 95%, área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, com demanda entre 3,00 e 4,00 m<sup>3</sup>/mês, o volume do reservatório aumenta de 9,33 para 45,91 m<sup>3</sup>, ou seja, um aumento de

492,07%. Essa variação no volume do reservatório foi a maior dentre as 69 regiões representativas. Além disto, esta região representativa apresentou o maior volume do reservatório calculado, cujo valor é de 556,57 m<sup>3</sup> para uma demanda de 15,00 m<sup>3</sup>/mês, área de coleta de 200 m<sup>2</sup> e eficiência máxima de 95%. Mesmo sendo possível dimensionar o reservatório para essas condições, sua execução é economicamente inviável.

Figura 5 – Volume do reservatório em função da área de coleta para uma demanda de 7,00 m<sup>3</sup>/mês e diferentes eficiências para (a) Blumenau, (b) Chapecó, (c) Criciúma, (d) Joinville, (e) Lages.



Fixando-se a área de coleta em 75 m<sup>2</sup>, a demanda em 5,00 m<sup>3</sup>/mês e a eficiência de atendimento em 95%, o volume do reservatório no Estado de Santa Catarina assume valores compreendidos entre 7 e 145 m<sup>3</sup> (Figura 8). Nas mesmas condições, mas para a eficiência de atendimento de 80%, a capacidade de armazenamento dos reservatórios varia entre 4 e 60 m<sup>3</sup> (Figura 6).

O menor volume de reservatório para se atender a demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês para a área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, foi de 4,51,

6,36 e 7,76 m<sup>3</sup> respectivamente à eficiência de 80, 90 e 95 %, para Brusque (Figuras 6, 7, 8). Para a mesma demanda e uma área de coleta de 300 m<sup>2</sup>, um volume de reservatório de 0,25 m<sup>3</sup> atende aos três valores de eficiência adotados. Para se atender o maior valor de demanda adotado, 15,00 m<sup>3</sup> / mês, o volume mínimo do reservatório, para a maior área de coleta considerada, 300 m<sup>2</sup>, é de 7,25, 12,48 e 18,44 m<sup>3</sup> respectivamente à eficiência de 80, 90 e 95 %, também para Brusque.

Figura 6 – Capacidade dos reservatórios para a demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês, em área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, com eficiência de atendimento de 80%.

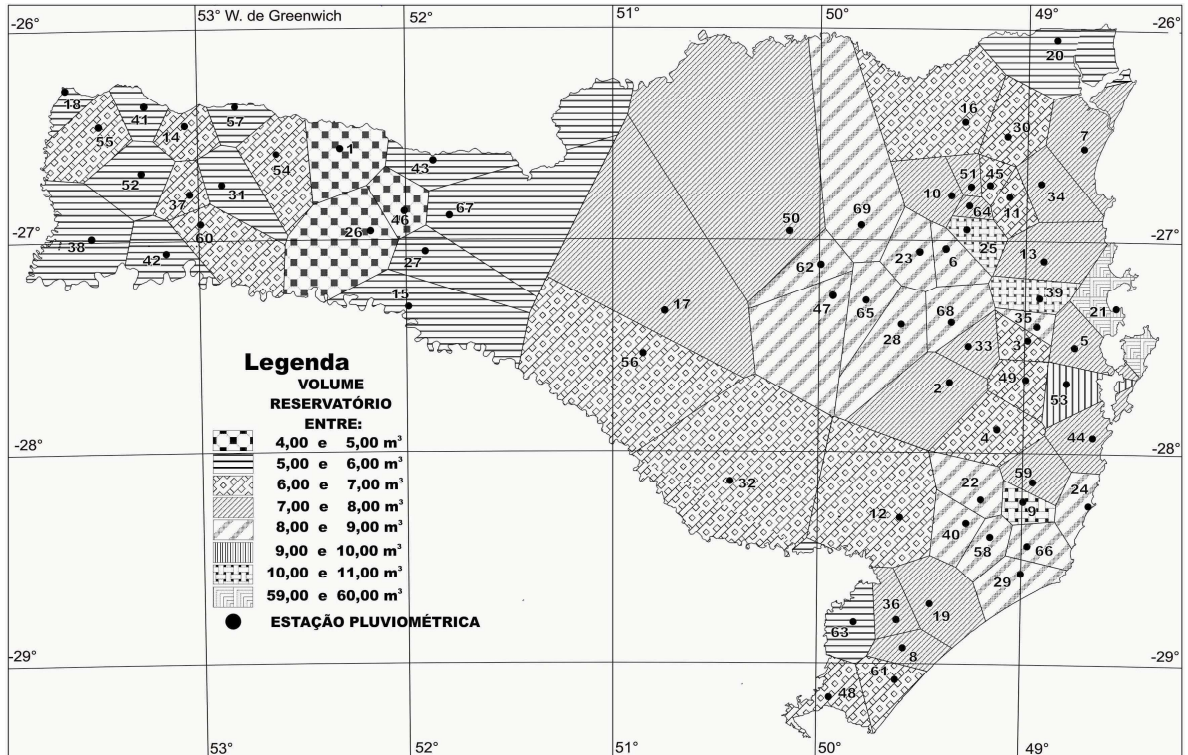


Figura 7 – Capacidade dos reservatórios para a demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês, em área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, com eficiência de atendimento de 90%.

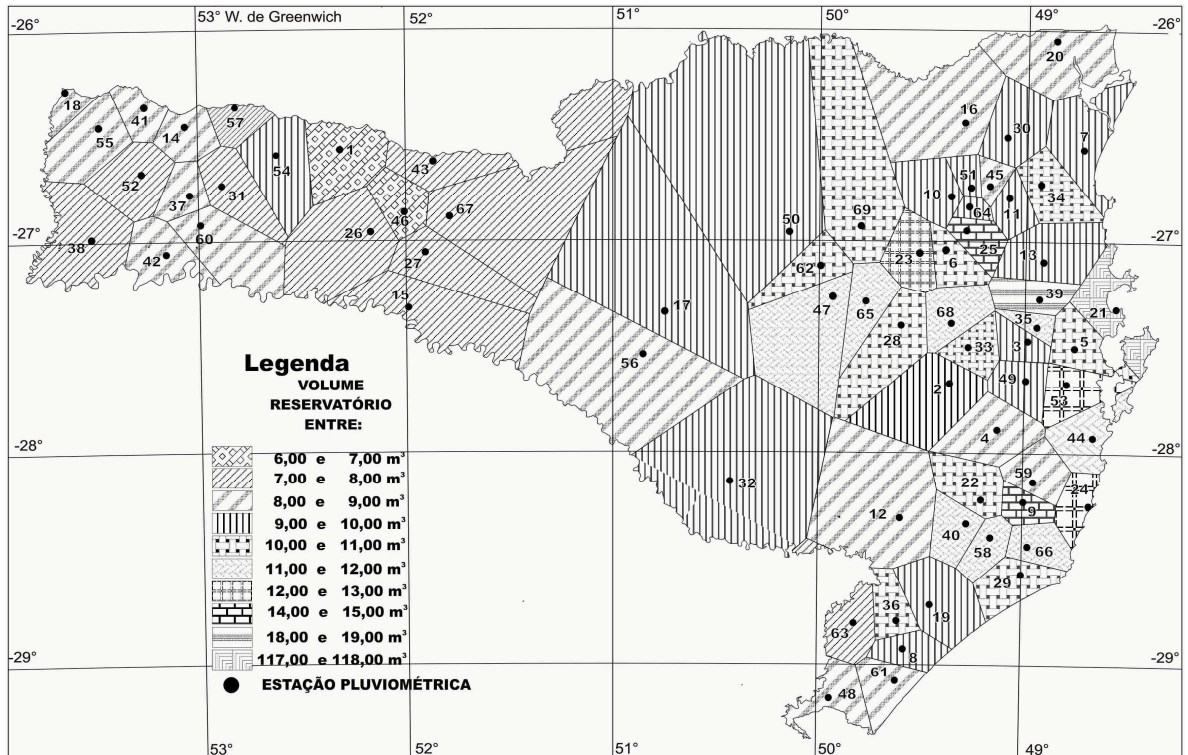
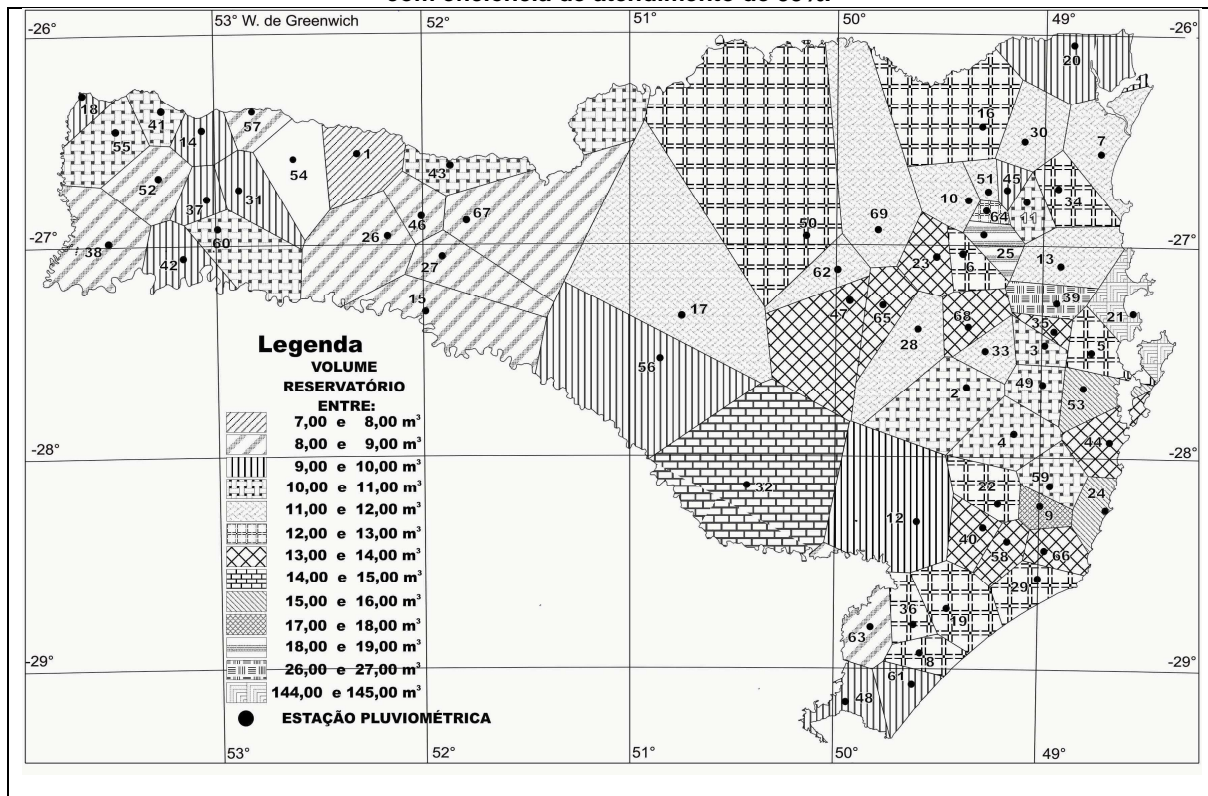




Figura 8– Capacidade dos reservatórios para a demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês, em área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, com eficiência de atendimento de 95%.



Uma área de coleta de 100 m<sup>2</sup>, para atender a demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês, com uma eficiência de 90%, resulta em um volume do reservatório compreendido entre 4,16 (Brusque) e 10,45 m<sup>3</sup> (Saudades), com exceção de Witmarsum que expressa um comportamento diferenciado de 28,21 m<sup>3</sup>. Considerando a demanda de 5,00 m<sup>3</sup>/mês (0,167 m<sup>3</sup>/dia), pode-se comparar esse resultados com aqueles de Herrmann e Schmida (1999) que obtiveram um volume de reservatório para a mesma eficiência e área de coleta, com uma demanda de 0,160 m<sup>3</sup>/dia, de 4,5 m<sup>3</sup> para o sítio de Bochum. Já Khastagir e Jayasuriya (2010) determinaram que o volume do reservatório para atender a demanda para uso em descarga de vasos sanitários e irrigação de jardim com uma área de coleta de 100 m<sup>2</sup> e eficiência de 90% variou entre 0,8 e 5,8 m<sup>3</sup>, sendo que para uma área de coleta de 150 m<sup>2</sup>, variou entre 0,8 e 3,4 m<sup>3</sup> e para 200 m<sup>2</sup>, variou entre 0,6 e 2,5 m<sup>3</sup>. Helmreich e Horn (2009) apresentam cisternas/reservatórios enterrados com até 30 m<sup>3</sup> de volume, enquanto Jones e Hunt (2010) no seu trabalho consideraram o volume de reservatório assumindo valores de até 9 m<sup>3</sup>.

Os resultados de experimentos mostram que um dimensionamento universal de reservatório ideal não existe (TAM, V.W.Y; TAM, L.; ZENG, 2010), pois o tamanho do reservatório depende das condições impostas (HELMREICH; HORN, 2009). A área de coleta é um parâmetro independente, mas o regime pluviométrico e a demanda dependem da região geográfica considerada e do tipo de utilização prevista para a demanda de água de chuva. Mesmo especificando-se uma demanda para um mesmo uso, as condições climáticas, a tecnologia dos equipamentos consumidores da água e o aspecto social da população são variáveis intervenientes na determinação da demanda de água de chuva. Ou seja, a utilização de dados mais bem ou menos detalhados resulta em tamanhos de reservatórios muito diferentes.

#### 4 Conclusões

É possível se dimensionar o reservatório para armazenamento de água de chuva para qualquer área de coleta entre 75 e 300 m<sup>2</sup> e eficiência entre 80 e 95 %, a fim de garantir o atendimento de uma

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.14, n. 4, p. 56-66, jul./dez. 2012**

demanda máxima de 5,00 m<sup>3</sup>/mês para todo o Estado de Santa Catarina, Brasil, excetuando-se 1 dentre as 69 regiões representativas consideradas. Para o máximo valor de demanda – 5,00 m<sup>3</sup>/mês - que pode ser atendida em todas as regiões representativas do Estado de Santa Catarina, excetuando-se uma, e a área de coleta de 75 m<sup>2</sup>, encontra-se o menor volume de reservatório assumindo os valores de 4,51, 6,36 e 7,76 m<sup>3</sup> respectivamente às eficiências de 80, 90 e 95 %.

À medida que a demanda aumenta, para uma área de coleta dada, atingem-se valores de volume de reservatório que embora possam ser calculados, sua execução, do ponto de vista econômico, torna-se inviável. Continuando-se a aumentar a demanda para uma área de coleta dada atingir-se-á a condição em que não será mais possível se calcular um volume de reservatório que atenda as condições impostas, fato esse que é uma

consequência da relação entre a área de coleta e demanda para as condições pluviométricas da região considerada. Assim, o dimensionamento de reservatório para armazenamento de água de chuva deve levar em consideração a pluviometria local, não sendo aconselhável a extrapolação de resultados de um local para outro.

Nos casos de pequenas áreas de coleta a condição em que não será mais possível se calcular um volume de reservatório que atenda as condições impostas será atingida para pequenos valores de demanda, não se podendo desejar, então, usar a água de chuva para todos os usos possíveis. Assim, cabe uma reflexão quanto ao uso regular da água de chuva captada e seu possível armazenamento para períodos críticos, como o caso de estiagem no oeste catarinense e o caso das regiões litorâneas na época de alta temporada de turistas.

---

**5 Volumes and efficiencies of tanks for rainwater harvesting systems in the State of Santa Catarina**

**Abstract:** *The volume and efficiency of rainwater tanks were studied in the state of Santa Catarina. The volume of the tanks was determined according to the water balance simulation, with demand being 3.00 to 15.00 m<sup>3</sup>/month and the catchment area 75 to 300 m<sup>2</sup>. It is possible to size the rainwater tank for any catchment area between 75 and 300 m<sup>2</sup> and efficiency between 80 and 95% if the maximum demand does not overstep 5.00 m<sup>3</sup>/month for all State of Santa Catarina, except for one representative sub-region. For this range of catchment areas, in order to obtain efficiencies of 80, 90 and 95%, the smallest rainwater tanks that satisfy the demand of 5.00 m<sup>3</sup>/month are 4.51, 6.36 and 7.76 m<sup>3</sup>, respectively, and for the highest demand of 15.00 m<sup>3</sup>/month and the largest catchment area of 300 m<sup>2</sup> the respective sizes are 7.25, 12.48 and 18.44 m<sup>3</sup>. For a given catchment area when the demand increases, the volume of the rainwater tank assume values that although can be calculated, its execution from the technical and/or economic point of view becomes unviable. As demand increases for a given catchment area it will not be possible calculate a volume of reservoir that meets the conditions imposed, which is a consequence of the relationship between the catchment area and the demand due to the rainfall conditions in the considered region. Results allowed determining the service conditions limits of the rainwater tank based on the demand and catchment area assumed.*

Keywords: Water rational use. Rainwater harvesting. Tank dimensioning.

---

**6 Referências**

ABDULLA, F.A.; AL-SHAREEF, A.W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. **Desalination**, saída 243, p. 195-207, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). Hidroweb: sistemas de informações hidrográficas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 2009.

CHENG, C.L.; LIAO, M.C. Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan. **Resources, Conservation and Recycling**, saída 53, p. 421- 428, 2009.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S.M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil, **Building and Environment**, v.42, n.4 p. 1731–1742, 2007.

GHISI, E.; TAVARES, D.F.; ROCHA, V.L. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília:

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.14, n. 4, p. 56-66, jul./dez. 2012**

Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, saída 54, p. 79-85, 2009.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting. **Desalination**, saída 248, p. 118-124, 2009.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, saída 1, p.307-316, 1999.

HUSTON, R. et al. Characterisation of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks. **Water Research**, saída 43, p. 1630-1640, 2009.

JONES, M.P.; HUNT, W.F. Performance of rainwater harvesting systems in the south eastern United States. **Resources, Conservation and Recycling**, saída 54, p. 623-629, 2010.

KERACHIAN, R.; KARAMOUZ, M. A stochastic conflict resolution model for water quality management in reservoir–river systems. **Advances in Water Resources**, saída 30, p. 866-885, 2007.

KHASTAGIR, A.; JAYASURIYA, N. Optimal sizing of rainwater tanks for domestic water conservation. **Journal of Hydrology**, saída 381, p. 181-188, 2010.

LYE, D.J. Rooftop runoff as a source of contamination: A review. **Science of the Total Environment**, saída 407, p. 5429-5434, 2009.

MILOVANOVIC, M. Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. **Desalination**, saída 231, p. 159-173, 2007.

MORUZZI, R.B.; CARVALHO, G.S.; OLIVEIRA, S.C. Procedimentos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e aprimoramento metodológico. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.19, p.89-99, 2012.

NGIGI, S.N. What is the limit of up-scaling rainwater harvesting in a river basin? **Physics and Chemistry of the Earth**, saída 28, p. 943-956, 2003.

PAREDES, J.; ANDREU, J.; SOLERA, A. A decision support system for water quality issues in the Manzanares River (Madrid, Spain). **Science of the Total Environment**, saída 408, p. 2576-2589, 2010.

PERDOMO, C.C.; FIGUEIREDO, E.A.P. de ; SANGOI, V. Critérios para a captação e aproveitamento da água da chuva na avicultura de corte. Comunicado Técnico, Embrapa CNPSA, n.331. 2003. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/cot331.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot331.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2009.

TAM, V.W.Y.; TAM, L.; ZENG, S.X. Cost effectiveness and tradeoff on the use of rainwater tank: An empirical study in Australian residential decision-making. **Resources, Conservation and Recycling**, saída 54, p. 178-186, 2010.

UNEP – United Nations Environment Programme – Disponível em: <http://www.unep.org/themes/Freshwater/About/index.asp>. Acesso em: 4 abr. 2010.

UNESCO. **World water assessment programme.** Disponível em: <[www.unesco.org.br](http://www.unesco.org.br)>. Acesso em 20 de agosto de 2012.

VALLE, J.A.B.; PINHEIRO, A.; FERRARI, A.; Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial. **Revista de Estudos Ambientais**, v.9, n.2, p.62-72, 2007.

VIEIRA, V.P.P.B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 7-17, 2003.

## 7 Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado do primeiro autor.