

CONSIDERAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.

Maria Mariah Monteiro Wanderley Estanislau Costa de Farias¹; Sylvana Melo dos Santos²; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral³

¹ Núcleo de Tecnologia do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, UFPE, Brasil. mariahfarias@yahoo.com.br

² Núcleo de Tecnologia do CAA, UFPE, Brasil. sylvana.ufpe@gmail.com

³ Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Brasil. jcabral@ufpe.br

Abstract

In the last years it has been observed, in several places, an accelerated population growth. This increasing of population generates several impacts like the increase in the demand for natural resources, mainly water. According to data of ANA, Pernambuco is the Brazilian state that presents to smallest water availability, almost 1270 m³/inhabitant/year. Besides, one part of this area is over a crystalline rock, which limits the possibilities of groundwater extraction. This paper analyses the potential of economy of water from public system when it is used rainwater in the 71 located municipal districts in the Rural Area of Pernambuco. The methodology includes the catching of the following data: precipitation, consumption of water from public system, population and amount of houses in each municipality. The studies that were carried out on each of 71 municipal districts of the Pernambuco indicated that the percentage of economy of the water from public system can be reduced between 25% and more. These values indicates it is possible to reduce the needs of water from public system. The municipal district of Iati presented the smallest potential of economy of water, approximately 25%.

Keywords: Potable water saving, rainwater usage.

Introdução

Nos últimos anos tem-se observado, em várias localidades, um crescimento populacional acelerado. No Brasil, o crescimento populacional entre os anos de 2000 e 2010 foi em torno de 12%, enquanto que na região Nordeste do Brasil, no estado de Pernambuco e na mesorregião do Agreste Pernambucano, esse crescimento foi de aproximadamente 11% para o mesmo período, acompanhando a tendência nacional, segundo as informações do IBGE (2010) que estão apresentadas na Tabela 1. Este aumento populacional gera diversos impactos, dentre os quais o aumento na demanda por recursos naturais, principalmente água doce.

Tabela 1: Crescimento populacional (%) entre os anos de 2000 e 2010. (Fonte: IBGE, 2010)

	População (Censo 2000)	População (Censo 2010)	Crescimento Populacional (%)
Brasil	169.590.693	190.755.799	12%
Nordeste	47.693.253	53.081.950	11%
Pernambuco	7.918.344	8.796.032	11%
Agreste	1.993.868	2.217.212	11%

Devido ao mau uso e/ou à má gestão dos recursos hídricos, a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas estão cada vez mais comprometidas. No caso do Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), a bacia do rio Amazonas é a que apresenta a maior disponibilidade hídrica, concentrando 73% da água doce disponível no país, numa área que concentra apenas 5% da população do país. Os 27% de água restante disponíveis no país são para suprir a demanda de 95% da população. Esta distribuição geográfica irregular compromete a disponibilidade hídrica em alguns estados, criando situações de estresse hídrico (mais graves em determinados períodos do ano, em que ocorrem as estiagens) em alguns estados do Nordeste como Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Rio Grande do Norte, e Distrito Federal. Tal irregularidade se agrava quando se compara a população residente e a respectiva disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas brasileiras, Figura 1, pode-se observar que as bacias hidrográficas Paraná, Atlântico Leste e Atlântico Norte/Nordeste juntas concentram aproximadamente 75% da população brasileira e apenas 13,4% da água doce disponível no país.

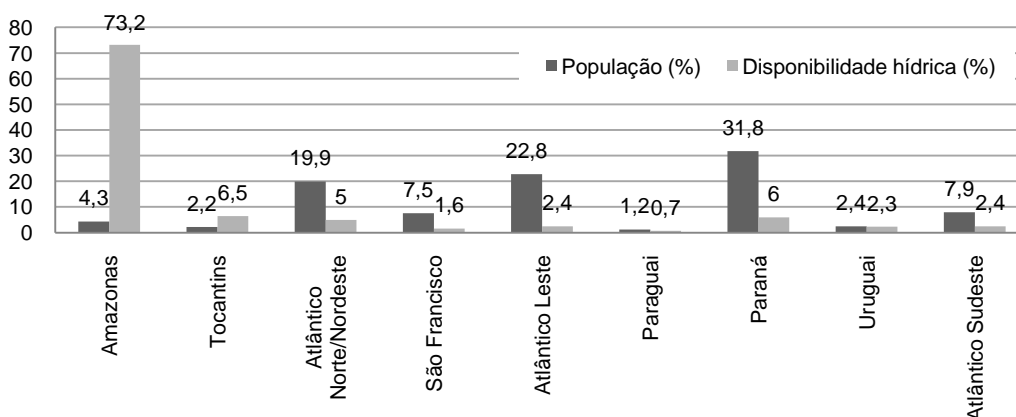


Figura 1: Distribuição da população, em %, e disponibilidade hídrica, em %, por bacia hidrográfica (Fonte: ANA. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/doc/WRMB/index.htm>)

O problema é mais grave na região Nordeste, onde mais de 60% do território está inserido na região do semiárido nordestino, que é caracterizada pelo regime irregular de chuvas que estão concentradas em um curto período do ano, além das altas temperaturas e das altas taxas de evapotranspiração, responsáveis pelo agravamento do estresse hídrico. Em tais localidades, as médias de precipitações pluviométricas variam de 200 a cerca de 700 mm anuais e, segundo Cabral e Santos (2007), não correspondem a valores tão pequenos se comparados aos de outras regiões semiáridas do mundo. Os autores chamam atenção, contudo, que apesar dos elevados valores de temperatura e das perdas por evapotranspiração, o semiárido brasileiro se destaca como o clima de maior densidade populacional do mundo. De acordo com Cirilo et al. (2007a), a problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas mais habitadas é uma questão crucial para a superação dos obstáculos ao desenvolvimento. Os autores afirmam ainda que a estrutura montada pelos governos dessas regiões ainda é, em muitos casos, insuficiente para resolver os problemas decorrentes da escassez de água. De uma forma geral na maior parte do Nordeste brasileiro predomina-se um cenário de pouca disponibilidade de rios e, além disso, devido às condições climáticas dominantes naquela localidade, muitos rios existentes ou tem caráter temporário ou se apresentam com regime muito irregular. Neste contexto de escassez hídrica o semiárido brasileiro destaca-se por apresentar o cenário mais preocupante.

O semiárido brasileiro compreende uma área de quase 975.000 km² de extensão e reúne cerca de 1.133 municípios dos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. A população de cerca de 26,4 milhões de habitantes implica na concentração de 15,5% do contingente populacional brasileiro nesta área. A nova delimitação do mapa geográfico e social do semiárido brasileiro, discutida a partir da demanda do Ministério da Integração Nacional (SDR/MI, 2005) tomou por base três critérios técnicos: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e o risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. Esses três critérios foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da antiga SUDENE, inclusive os municípios do norte de Minas e do Espírito Santo. De acordo com Cirilo et al. (2007b), tão importante para a determinação da semiaridez como as alturas das precipitações anuais é a distribuição das chuvas durante o ano e a comparação precipitações/capacidade de evaporação.

No que se refere ao estado de Pernambuco, de acordo com as informações constantes no “Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semiárido Nordestino e do Polígono das Secas” da Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional do Ministério da Integração Nacional, existem 122 municípios dentro da área redelimitada do semiárido nordestino. Segundo dados da ANA, Pernambuco é o estado brasileiro que apresenta a menor disponibilidade hídrica, aproximadamente 1270 m³/habitante/ano. Além disso, boa parte da região está assentada em embasamento cristalino, restringindo as possibilidades de captação e acumulação de águas subterrâneas. Neste contexto, o aproveitamento direto da água de chuva tem sido uma estratégia importante para suprir as populações rurais difusas, principalmente por meio de cisternas rurais. Na tentativa de solucionar parte deste problema, em meados de 2003 propôs-se um modelo de aproveitamento do potencial hídrico da região nas épocas chuvosas, utilizando cisternas, que são uma das formas mais comuns para acumular água destinada ao uso doméstico. Importantes aliados se mostraram unidos nesta causa, entre eles destacam-se a Cáritas Brasileira, a Articulação do Semi-Árido – ASA e ONG’s de todo o país, que juntos e com o apoio do Governo Federal, criaram o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais conhecido como P1MC. Este programa fornece material e capacita moradores de várias regiões para a construção de um milhão de cisternas caseiras que captam e acumulam a água da chuva suficiente para atender às necessidades básicas de uma família de cinco pessoas durante um ano.

O aproveitamento de águas pluviais vem sendo discutido por diversos autores em várias localidades no mundo (Herrmann e Schmida, 2000; Handia et al., 2003; Ghisi, 2006; Ghisi et al., 2006, entre outros), com diferentes enfoques, abordando desde a existência de disponibilidade real para aproveitamento como a aplicabilidade das técnicas convencionais e inovadoras atualmente em uso. Herrmann e Schmida (1999), em estudo realizado na Alemanha, concluíram que sistemas de aproveitamento de águas pluviais podem contribuir de maneira significativa para a redução do consumo de água do sistema público de abastecimento e dos impactos no sistema de drenagem. Handia et al. (2003) investigaram a aplicabilidade de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma área urbana da Zâmbia, na África, e concluíram que a água captada do telhado poderia ser aproveitada para consumo humano. Ghisi (2006) avaliou o potencial de economia de água do sistema público de abastecimento devido ao aproveitamento de águas pluviais para as cinco regiões brasileiras, e verificou que na região Nordeste, o potencial de aproveitamento de águas pluviais é de 61%, o que pode suprir parte da demanda de água do sistema público de abastecimento em situações de escassez hídrica. Já Ghisi et al. (2006), em estudo realizado em 62 municípios do estado de Santa Catarina, verificaram que é possível economizar entre 34% e 92% de água do sistema público de abastecimento, devido ao aproveitamento de águas pluviais, que podem ser utilizadas para uso não-potável e para uso potável, desde que submetidas a um tratamento.

A prática de aproveitamento da água de chuva, antes de sua efetivação e conseqüentes gastos com tecnologias e estruturas, requer a determinação da disponibilidade de água para esse fim, de forma que se assegure a otimização dos custos em investimentos sobre as partes constituintes do sistema, ou seja, aproveitando ao máximo as superfícies de captação existentes, e direcionando possíveis custos adicionais aos ajustes e/ou instalações de condutos das superfícies de captação e reservatórios de armazenamento. A idéia principal deste trabalho é identificar o potencial de economia de água do sistema público de abastecimento com o emprego de águas pluviais para municípios do semiárido pernambucano localizados na região do Agreste.

Região do Agreste Pernambucano

De acordo com informações da Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM), existem cinco mesorregiões no estado de Pernambuco: Agreste, Metropolitana, Mata, Sertão Pernambucano e Sertão do São Francisco. Silva et al. (2008), descreve cada uma dessas regiões, considerando a quantidade de municípios, percentual do território do Estado e aspectos relevantes da economia, que estão destacados a seguir:

- A mesorregião do São Francisco é composta por 15 municípios, tem 24,9% do território do Estado e sua economia é bastante privilegiada em pela umidade trazida pelo Rio São Francisco e da irrigação que atrelada ao seu tipo de solo profundo proporcionam intensas atividades agrícolas e grande volume de trocas comerciais, com seu pólo de fruticultura irrigada e exportações de manga para todo o mundo.
- A mesoregião do Sertão Pernambucano é formada por 41 municípios, tem 39 % do território do Estado. Na economia há grande destaque a produção de gesso, de onde sai 95% do gesso consumido em todo o Brasil.
- A mesorregião da Mata Pernambucana é formada por 43 municípios, tem 8.6 % do território do Estado. Na economia há grande destaque para a indústria canavieira, tecelagem, entre outras atividades agrícolas e industriais. Há também alguma presença de cultura de agricultura de subsistência.
- A mesorregião Metropolitana do Recife é formada por 15 municípios, tem 2,8 % do território do estado. Na economia há grande destaque a atividade econômica relacionada ao porto de Suape, o maior do Nordeste e às diversas indústrias, especialmente do ramo petroquímico no município do Cabo. Em geral, a economia baseada comércio, serviços e indústria.
- A mesorregião do Agreste pernambucano é formada por 71 municípios e tem 24,8% do território pernambucano. Trata-se de uma região com grande atividade econômica enquadrada dentro da cadeia têxtil, com peculiaridades no que diz respeito a tipo de mão-de-obra e características dos empreendimentos.

De acordo com Silva et al. (2008), as informações do CONDEPE-FIDEM indicam que o nível de abastecimento de água na região do Agreste Pernambucano ainda é excessivamente precário, sendo classificado como inadequado em 41,1% de toda a região, onde no Estado esse dado é de 17%. O que chama a atenção é o município de Taquaritinga do Norte com 61,8% de área com abastecimento inadequado. A média de domicílios que recebem água proveniente do sistema público de abastecimento na região Agreste é de 45%, Tabela 2.

A região do Agreste pernambucano possui como características principais solos profundos (latossolos e argissolos), com relevo extremamente variável, associados a solos rasos (litossolos), solos relativamente férteis, vegetação variável com predominância de vegetação caducifólia (decídua). É uma área sujeita a secas, cuja precipitação pluviométrica varia entre 300 e 1200 mm/ano, oscilando predominantemente entre 700 e 800 mm/ano.

Tabela 2: Percentual de domicílios abastecidos com água do sistema público de abastecimento. (Fonte: CONDEPE-FIDEM. Disponível em <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx>)

Municípios do Agreste Pernambucano	Percentual de abastecimento (CONDEPE FIDEM)	Municípios do Agreste - Pernambucano	Percentual de abastecimento (CONDEPE FIDEM)
Agrestina	64%	Jurema	57%
Águas Belas	38%	Lagoa Do Ouro	40%
Alagoinha	36%	Lagoa Dos Gatos	39%
Altinho	47%	Lajedo	75%
Angelim	42%	Limoeiro	60%
Barra de Guabiraba	85%	Machados	57%
Belo Jardim	82%	Orobó	22%
Bezerros	59%	Palmeirina	47%
Bom Conselho	48%	Panelas	43%
Bom Jardim	47%	Paranatama	12%
Bonito	64%	Passira	41%
Brejão	30%	Pedra	34%
Brejo da Madre de Deus	35%	Pesqueira	54%
Buíque	22%	Poção	40%
Cachoeirinha	63%	Riacho das Almas	34%
Caetés	19%	Sairé	35%
Calçado	29%	Salgadinho	39%
Camocim de São Félix	54%	Saloá	27%
Canhotinho	45%	Sanharó	75%
Capoeiras	27%	Santa Cruz do Capibaribe	75%
Caruaru	84%	Santa Maria do Cambucá	18%
Casinhas	9%	São Bento do Una	47%
Correntes	53%	São Caetano	49%
Cumaru	29%	São João	44%
Cupira	84%	São Joaquim do Monte	53%
Feira Nova	60%	São Vicente Férrer	35%
Frei Miguelinho	9%	Surubim	71%
Garanhuns	79%	Tacaimbó	46%
Gravatá	76%	Taquaritinga do Norte	11%
Iati	50%	Terezinha	42%
Ibirajuba	34%	Toritama	80%
Itaíba	47%	Tupanatinga	34%
Jataúba	15%	Venturosa	43%
João Alfredo	47%	Vertente do Lério	7%
Jucati	35%	Vertentes	54%
Jupi	20%		

Aproveitamento de águas pluviais

De acordo com Tomaz (2003), nas cidades, as águas captadas em telhados devem ser utilizadas exclusivamente para fins não-potáveis, como o uso em descargas sanitárias, na lavagem de roupas, de carros e de pisos, além da irrigação de jardins. Segundo Vichkers (2002), em estudo realizado nos Estados Unidos, a bacia sanitária e a lavagem de roupas foram as atividades que apresentaram maior consumo de água, 27% e 22% respectivamente (Figura 2). Isto significa que a substituição da água do sistema público de abastecimento por água pluvial para esses usos pode representar uma economia de até 49% de água, dependendo do volume aproveitável de águas pluviais.

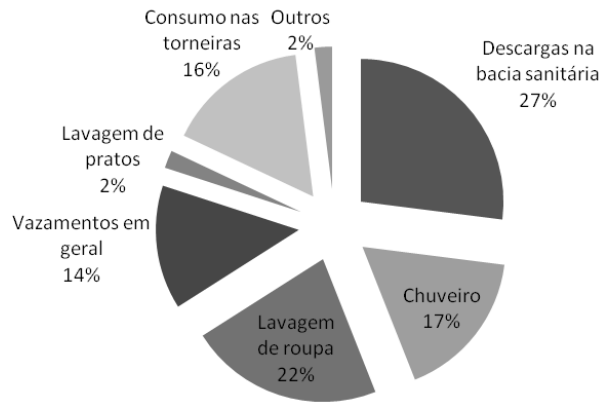


Figura 2: Média de consumo de água de uma casa nos Estados Unidos (Fonte: Vichkers, 2002)

Segundo Ghisi (2006), estudos realizados em três estados da região sul do Brasil mostraram um potencial de economia de água do sistema público de abastecimento de 82% em média quando há água de chuva disponível no setor residencial. A estimativa deste potencial de economia de água devido ao aproveitamento de águas pluviais é realizada tomando-se como base as informações pluviométricas da área estudada. Sendo o enfoque deste trabalho a região Agreste do estado de Pernambuco, apresenta-se na Figura 3 os valores médios mensais de precipitação para um período de 20 anos (de 1986 a 2005) para doze cidades localizadas na Região.

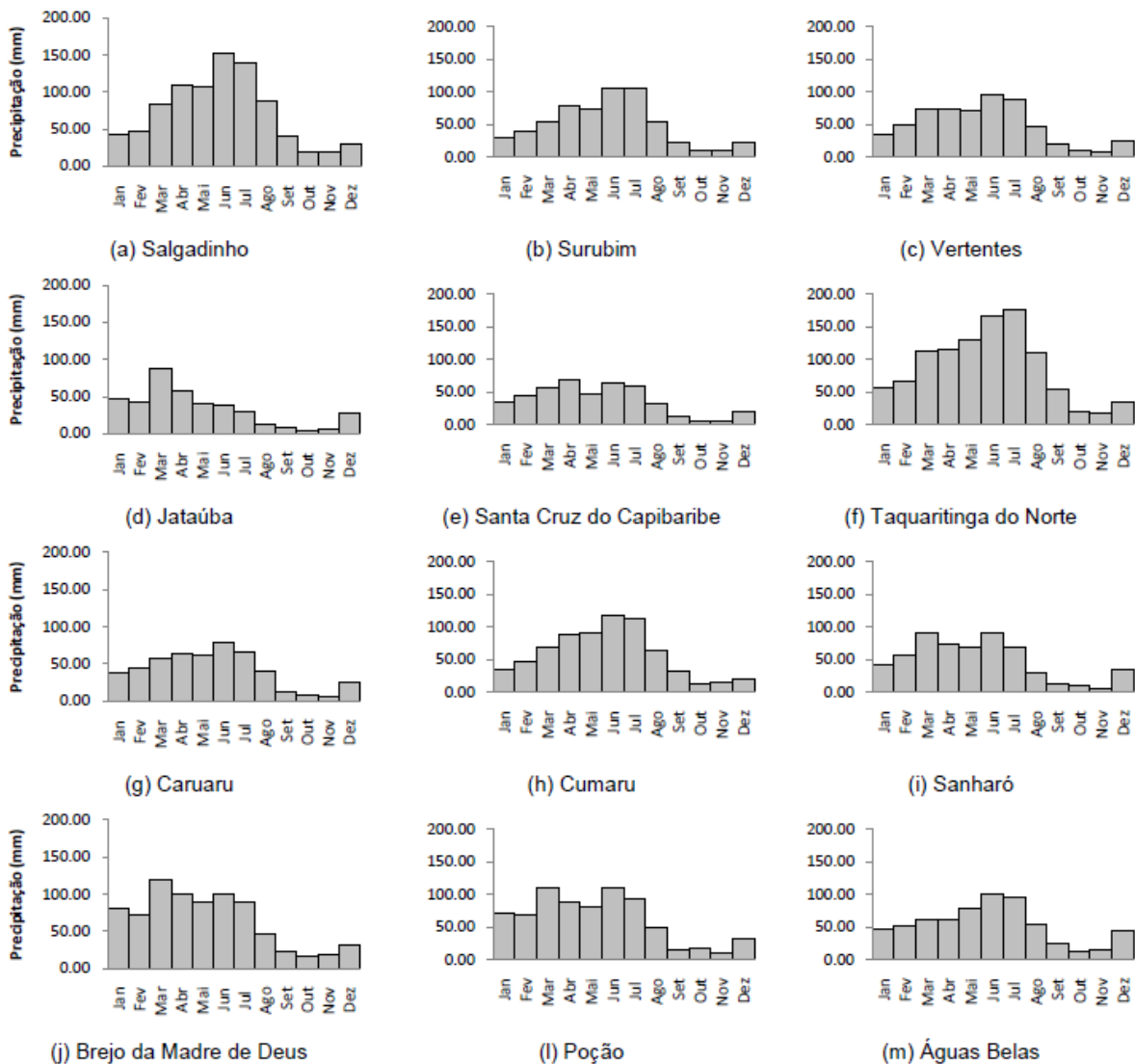


Figura 3: Precipitação média mensal para doze cidades do Agreste pernambucano no período de 1986 a 2005. Fonte: ANA – HidroWeb (2010)

Os dados de chuva mostrados na Figura 3 indicam a ocorrência (em médias históricas), mesmo que em valores baixos, de precipitação em cada mês. Neste contexto, este artigo tem por objetivo avaliar o potencial de economia de água proveniente do sistema público de abastecimento devido ao aproveitamento e utilização de águas pluviais nos 71 municípios localizados na Região Agreste do estado de Pernambuco, no nordeste brasileiro.

Materiais e Métodos

A área de estudo está localizada na região Nordeste do Brasil, estado de Pernambuco, mesorregião do Agreste. A região é formada por 71 municípios que ocupam cerca de 25% da área do estado e abrigam cerca de 25% da população de Pernambuco (CONDEPE FIDEM), conforme mostrado na Figura 4. Para atendimento aos objetivos deste trabalho, utilizou-se como base a metodologia apresentada por Ghisi et al. (2006), tendo sido, portanto, necessário a obtenção dos seguintes dados: precipitação, consumo de água do sistema público de abastecimento, população e quantidade de habitações em cada município considerado.

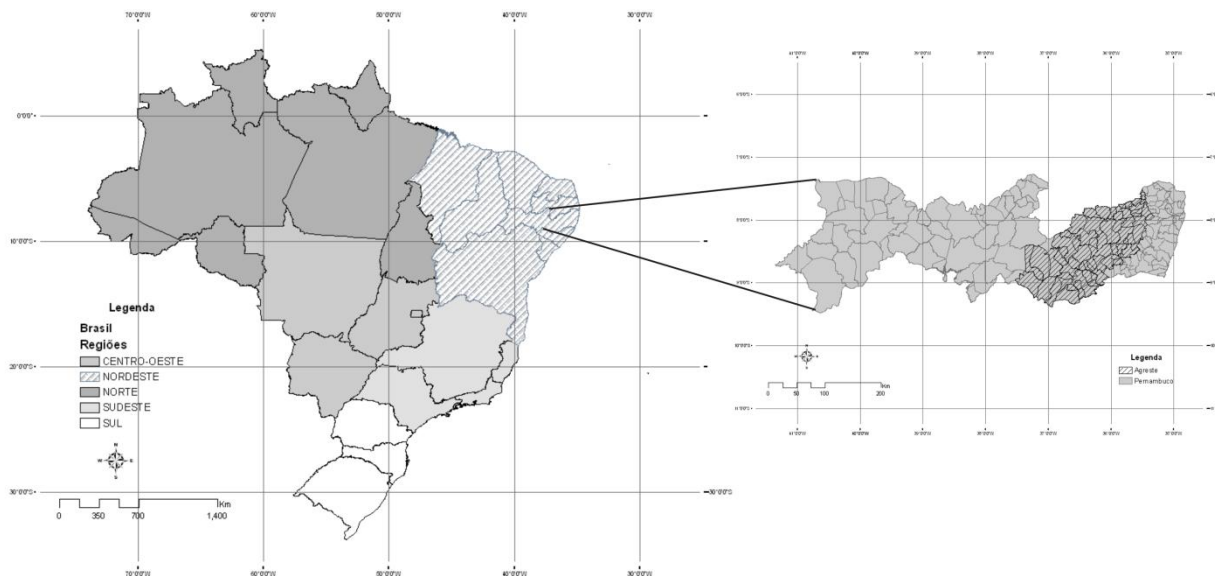


Figura 4: Localização da região Agreste no estado de Pernambuco e no Brasil

Dados de precipitação

Os dados de 20 anos de precipitação mensal de treze estações pluviométricas – de 1986 a 2005 – foram obtidos do site da ANA (*HidroWeb*) para todas as estações, em seguida realizou-se o preenchimento de falhas pelo método da ponderação regional para duas estações: Brejo da Madre de Deus (código 836092 na ANA) e Águas Belas (código 937031 na ANA). Com estas informações armazenadas em um banco de dados, foi então possível calcular as médias mensais de precipitação para cada uma das estações pluviométricas. Devido à existência de estações pluviométricas em apenas 13 dos 71 municípios estudados, foram gerados polígonos de *Thiessen* a partir dos pontos existentes, delimitando assim a área de influência para as estações pluviométricas com dados disponíveis, sendo determinadas, desta forma, as informações referentes aos demais 58 municípios.

Volume aproveitável de águas pluviais

O cálculo do volume aproveitável de águas pluviais levou em consideração as seguintes variáveis: número de habitantes abastecidos com água do sistema público de abastecimento, tamanho e natureza da superfície de captação e o volume total precipitado. As variáveis estão discutidas a seguir.

- Número de domicílios abastecidos com água do sistema público de abastecimento (*ND*)

O número de domicílios abastecidos com água do sistema público de abastecimento em cada cidade foi obtido junto ao CONDEPE-FIDEM (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco), no Perfil Municipal disponível na Base de Dados do Estado (Disponível em <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx>).

- Número de habitantes por domicílios (*PD*)

O número de habitantes por domicílio foi obtido a partir da Equação 1, considerando-se o número de pessoas residentes e a quantidade de domicílios em cada cidade, que foram obtidos no CONDEPE-FIDEM (Disponível em <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx>).

$$PD = \frac{PC}{NDC} \quad (1)$$

Onde: PD é o número de habitantes por domicílio em cada cidade; PC é a população total em cada cidade e; NDC é o número de domicílios em cada cidade.

- População abastecida com água do sistema público de abastecimento (NP)

Para estimativa da população abastecida com água do sistema público de abastecimento considerou-se o número de domicílios abastecidos com água do sistema público de abastecimento (CONDEPE-FIDEM) e a quantidade de habitantes por domicílio (Equação 2).

$$NP = ND \times PD \quad (2)$$

Onde: NP é a população abastecida com água do sistema público de abastecimento; ND corresponde ao número de domicílios abastecidos com água do sistema público de abastecimento e; PD é o número de habitantes por domicílio.

- Área total de telhados de domicílios com abastecimento de água (TRA)

Ao investigar o potencial de economia de água potável usando água de chuva no setor residencial do Brasil, Ghisi (2006) apresentou os percentuais encontrados de casas e apartamentos para cada região geográfica do Brasil. No caso específico do Nordeste, onde se realizou este estudo, os percentuais apresentados por Ghisi (2006) foram: 94,7% para casas e 5,3% para apartamentos.

Considerando a inexistência de informações oficiais sobre a área média dos telhados (casas e/ou apartamentos) típicos da região de estudo, optou-se por seguir a mesma suposição apresentada por Ghisi et al. (2006). Os autores identificaram a inexistência dos mesmos dados e adotaram uma área de 85 m² para os telhados das casas e 15 m² para os telhados dos apartamentos.

A média ponderada da área do telhado por domicílio foi determinada utilizando-se a Equação 3.

$$RA = (H \times AC) + (F \times PD \times PA) \quad (3)$$

Onde: RA é a média ponderada de área de telhado por domicílio em cada cidade (m²); H é o percentual de casas em cada cidade (adimensional); F é o percentual de apartamentos em cada cidade (adimensional), e; PD é o número de habitantes por domicílio em cada cidade.

Sendo que: AC é a área do telhado das casas (85 m²); e PA é a área por pessoa por apartamento. No trabalho apresentado por Ghisi et al. (2006), adotou-se o valor de 3,75 m² para a área ocupada por pessoa por apartamento. Por outro lado, os dados obtidos no âmbito desta pesquisa indicaram que a quantidade média de habitantes por domicílio, na área estudada, foi de 2,86. Assim sendo, considerou-se a relação apresentada na Equação 4, e chegou-se ao valor de PA igual a 5,2.

$$PA = \text{Área por pessoa por apartamento (m}^2/\text{hab)} = \frac{\text{Área do telhado por apartamento (m}^2/\text{dom)}}{\text{Quantidade de pessoas por apartamento (hab}/\text{dom)}} \quad (4)$$

Deste modo, pode-se re-escrever a Equação 3 da seguinte forma:

$$RA = (H \times 85) + (F \times PD \times 5,2) \quad (5)$$

Ghisi (2006) ressaltou a inexistência de informações oficiais sobre os percentuais de casas (H) e de apartamentos (F) em cada cidade. Fato este também observado na realização deste trabalho para a área de estudo. Considerando-se esta situação, optou-se por seguir a recomendação do autor, e assumir que os percentuais de pessoas morando em casas e apartamentos correspondem aos percentuais de casas e apartamentos, respectivamente.

A área total de telhados de domicílios com abastecimento de água de cada cidade, que podem ser utilizadas como superfície de captação corresponde, portanto, à média ponderada da área de telhado por domicílio multiplicado pela quantidade de domicílios com população abastecida com água do sistema público de abastecimento (Equação 6).

$$TRA = RA \times ND \quad (6)$$

Onde *TRA* representa a área total de telhados de domicílios com abastecimento de água de cada cidade (m²); *RA* a média ponderada de área de telhado por domicílio em cada cidade (m²); e *ND* é o número de domicílios abastecidos com água do sistema público de abastecimento.

Volume aproveitável de águas pluviais

Do mesmo modo que Ghisi et al. (2006), o volume mensal de águas pluviais que poderia ser aproveitado em cada cidade foi determinado considerando-se os dados de precipitação mensal, a área total de telhados e o coeficiente de escoamento (*R_c*). O coeficiente de escoamento corresponde à relação entre o volume escoado e o volume precipitado, podendo variar com a duração e com a intensidade da chuva. De uma forma geral, considera-se que esta perda de água ocorre devido à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza, entre outras. Além disso, o clima do local e a natureza da superfície também interferem no escoamento superficial.

Frasier (1975) e Hofkes (1981) *apud* May (2008) sugerem que para telhas cerâmicas sejam adotados valores entre 0,8 e 0,9 para o coeficiente de escoamento. Isto representa uma perda entre 10% e 20% da precipitação. Neste trabalho optou-se por utilizar um coeficiente de escoamento igual a 0,8, visto que na região estudada as construções utilizam, em sua maioria, telhados com telhas cerâmicas. Sendo assim, o volume mensal de águas pluviais que podem ser aproveitadas em cada cidade foi estimado a partir da Equação 7.

$$VR = \frac{(R \times TRA \times R_c)}{1000} \quad (7)$$

Onde: *VR* é o volume mensal de águas pluviais que poderiam ser aproveitadas em cada cidade (m³/mês); *R* é a precipitação média mensal em cada cidade (mm/mês); *TRA* é a área total de telhados (m²); *R_c* é o coeficiente de escoamento (adimensional); e 1000 é o fator de conversão de litros para m³.

Demanda de água do sistema público de abastecimento (PWD)

A demanda mensal de água do sistema público de abastecimento, para cada município, foi obtida a partir do *site* do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNSA, 2010), que disponibiliza dados do consumo médio *per capita* em L/hab.dia para cada município.

Potencial de economia de água do sistema público de abastecimento (PPWS)

O potencial mensal de economia de água do sistema público de abastecimento foi determinado para cada uma das 71 cidades do Agreste pernambucano, utilizando a equação 8.

$$PPWS = 100 \times \left(\frac{VR}{PWD} \right) \quad (8)$$

Onde: *PPWS* é potencial mensal de economia de água do sistema público de abastecimento em cada cidade (%); *VR* é o volume mensal de águas pluviais que podem ser aproveitadas em cada cidade (m³/mês) e; *PWD* é a demanda mensal de água do sistema público de abastecimento (m³/mês).

Resultados

Número de habitantes por domicílios

O número de habitantes por domicílio variou entre 2,25 e 3,8 nas 71 cidades estudadas, com uma média de 2,86 habitantes por domicílio, valor abaixo da média encontrada no Censo 2010 realizado pelo IBGE para a região Nordeste, que foi de 3,5 moradores por domicílio (IBGE, 2010).

Área de telhados

Devido à falta de dados precisos sobre a área dos telhados das casas e dos apartamentos em cada cidade, foram adotados os valores sugeridos por Ghisi (2006). A partir da aplicação da Equação 5, obteve-se uma área média de telhados por habitação de 81,28 m² para as 71 cidades analisadas. A área dos telhados variou entre 81,11 m² e 81,54 m² por habitação. A área total de telhados foi encontrada utilizando a Equação 6, considerando a área dos telhados por habitação em cada cidade e o número de domicílios. Os valores totais obtidos para cada cidade variaram entre 16 mil m², para o município de Vertente do Lério, e 7,7 milhões de m² para o município de Caruaru. Logo, o município de Caruaru apresentou a maior área de superfície de captação entre todos os municípios do Agreste pernambucano.

Demanda de água do sistema público de abastecimento

A demanda média de água do sistema público de abastecimento nas 71 cidades analisadas foi de 80,7 L/hab.dia. Os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, 19,8 L/hab.dia em Vertente do Lério e 145,9 L/hab.dia no município de Iati. Ghisi (2006) encontrou o valor de 97 L/hab.dia para demanda de água potável na região Nordeste, o que representa cerca de 20% a mais do que a demanda média encontrada neste artigo. Tal diferença se justifica, visto que a demanda média atual foi calculada para a região do

agreste pernambucano com mais dificuldade de obtenção de água, enquanto que a demanda encontrada por Ghisi (2006) foi calculada para toda a região Sudeste.

Volume aproveitável de águas pluviais

O volume mensal e anual de águas pluviais que pode ser aproveitado em cada uma das 71 cidades estudadas foi calculado conforme o procedimento descrito na metodologia. Na Tabela 3 são apresentados os resultados de potencial de economia anual obtidos para 13 dos 71 municípios analisados, sendo estes os municípios que possuem estações pluviométricas.

Por ser o município com maior população e maior número de domicílios da região, Caruaru é também o município com maior área de superfície de captação e volume aproveitável de águas pluviais. O aproveitamento de águas pluviais no município de Caruaru pode significar, em um ano, uma economia de 31%, podendo esta economia chegar a 58% durante o período chuvoso.

Tabela 3: Resultados para 13 municípios do Agreste Pernambucano

Cidade	Área média do telhado / habitação (m ²)	Número de domicílios abastecidos com água potável	Área total de telhados (m ²)	Volume precipitado (m ³ /ano)	Consumo de água do sistema público de abastecimento (m ³ /ano)	Percentual do volume captado das chuvas em relação ao volume ofertado pela Compesa (%)
Águas Belas	81,26	5.415	440.042,53	227.400	423.085	53,7
Brejo da Madre de Deus	81,22	5.968	484.715,47	304.493,8	446.042,5	68,2
Caruaru	81,25	95.688	7.774.926	3.142.345	10.110.444	31
Cumaru	81,23	1.894	153.851,71	86.098,5	214.712,4	40,1
Jataúba	81,16	982	79.698,15	26.000,72	46.198,65	56,2
Limoeiro	81,33	10.956	891.062,34	771.111,1	769.645,2	100
Poção	81,20	1737	141.044,33	84.152,69	58.638,04	143,5
Salgadinho	81,54	953	77.708,55	54.774,27	106.340,7	51,5
Sanharó	81,38	5.154	419.432,26	195.547,7	513.146,2	38,1
Santa Cruz do Capibaribe	81,32	22.008	1.789.688,70	646.084,8	2.002.923	32,2
Surubim	81,29	14.497	1.178.402,60	571.327,3	1.103.139	51,8
Taquaritinga do Norte	81,20	1.033	83.875,36	71.317,54	74.941,35	95,1
Vertentes	81,24	3636	295.396,91	141.537,7	358.076	39,5

Potencial de economia de água do sistema público de abastecimento

O município de Iati foi o que apresentou o menor potencial de economia de água do sistema público de abastecimento, aproximadamente 25%. Três municípios se destacaram pelo fato do novo aporte de água com as chuvas chegar a 100% ou mais da quantidade de água ofertada pelo sistema público de abastecimento, ou seja, pode trazer uma economia ou pode reduzir o racionamento de água. Na prática, o mais provável é que este aporte de água com a captação das chuvas reduza o racionamento visto que o consumo per capita estava muito baixo. Embora durante o período de estiagem o potencial de economia de água da COMPESA diminua, este fato pode ser suprido pelo armazenamento das águas pluviais nos demais meses do ano. Apresenta-se, na Figura 5 o resultado para duas cidades com potencial mínimo, Iati, e máximo, Vertente do Lério, de economia de água do sistema público de abastecimento.

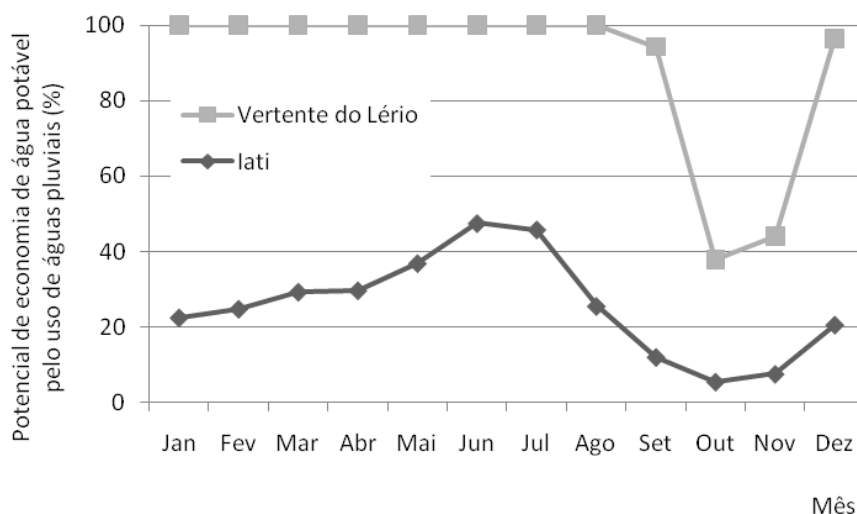


Figura 5: Potencial mensal de economia de água do sistema público de abastecimento pelo uso de águas pluviais – cidades com comportamentos extremos – máximo e mínimo.

Na Figura 6 estão representados os valores mínimos, médios e máximos de economia de água do sistema público de abastecimento em cada mês para as 71 cidades. É possível observar que, em média, os meses de maio a agosto são os que apresentam maior potencial de economia, pois são os meses que correspondem ao período chuvoso na região.

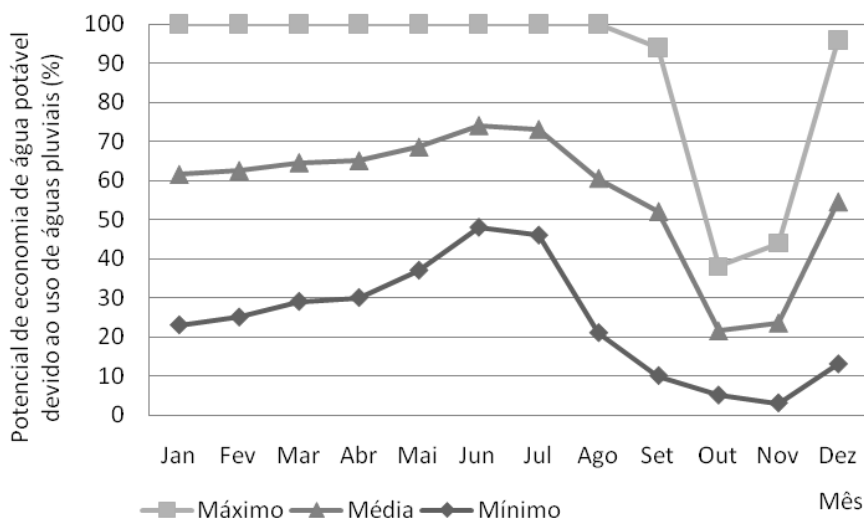


Figura 6: Potencial mensal de economia de água do sistema público de abastecimento pelo uso de águas pluviais nas 71 cidades – máximo, média e mínimo.

Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho sobre o potencial de economia da água fornecida pelo sistema de abastecimento público estadual para os municípios do Agreste Pernambucano sinalizam importantes perspectivas de economia dos recursos hídricos e, conseqüentemente, de toda a estrutura destinada à sua captação, tratamento e distribuição, com o uso da água de chuva em áreas residenciais.

Os estudos realizados sobre os 71 municípios do Agreste Pernambucano indicaram que os percentuais de economia da água fornecida pelo sistema de abastecimento público estadual podem chegar a 25% ou mais, ou podem trazer um aporte importante de água nos locais onde existe racionamento, constituindo valores significativos, sinalizando a possibilidade de redução de pressão sobre a Companhia Estadual de Abastecimento Público de Água.

Nada se pode concluir sobre a qualidade da água da chuva e/ou as técnicas mais apropriadas para armazenamento e estruturas de captação e desvio das primeiras águas de chuva, visto que apenas os aspectos quantitativos foram abordados neste trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro ao projeto “Telhados Verdes Aplicado ao Semiárido Pernambucano”, Processo Nº 478583/2009-5 aprovado no âmbito do Edital MCT/CNPq 14/2009. A primeira autora agradece à FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, pela bolsa de pós-graduação no nível de Mestrado Acadêmico.

Referências

ANA – Agência Nacional de Águas. *Hidroweb*. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 22 abr 2011.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Water Resources Management in Brazil*. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/doc/WRMB/index.htm>

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M. *Capítulo 3 – Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro*. Em: O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas. Editora Universitária da UFPE, Recife, p. 65-104, 2007.

CIRILLO, J. A.; FERREIRA, J. P. C. L.; CAMPELLO NETTO, M. S. C. *Capítulo 1 – Aspectos Gerais das Regiões Semi-Áridas, Áridas e Processos de Desertificação*. Em: O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas. Editora Universitária da UFPE, Recife, p. 19-31, 2007a.

CIRILLO, J. A.; CAMPELLO NETTO, M. S. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ASFORA, M. C. *Capítulo 2 – Caracterização do Semiárido Brasileiro*. Em: O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas. Editora Universitária da UFPE, Recife, p. 33-63, 2007b.

CONDEPE FIDEM. *Perfil Municipal*. Disponível em <http://www.condepefidem.pe.gov.br>. Acesso em 28 mar 2011.

FRASIER, G. W. *Proceedings of water harvesting symposium*. Berkeley: USDA (United States Agricultural Research Service), 1975.

GHISI, E. *Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil*. In: Building and Environment, 2006; 41: 1544–1550.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. *Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil*. In: Building and Environment, 2006; 41: 204–210.

HANDIA, L.; TEMBO, J. M.; MWIINDWA, C. *Potential of rainwater harvesting in urban Zambia*. In: Physics and Chemistry of the Earth, 2003; 28(20–27):893–6.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. *Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects*. In: Urban Water, 1999; 1(4):307–16.

HOFKES, E. H. *Rainwater harvesting for drinking water supply and sanitation*. Londres: International Reference Center for Communing Water Supply, 1981.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00> Acesso em 28 abr 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 8 fev. 2010.

MAY, S. *Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: O Autor, 2008. 222 p.

SDR/MI *Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semiárido Nordestino e do Polígono das Secas*. Brasília – DF, 2005.

SILVA, J. C.; SILVA, N. A. S.; SICSÚ, A. B. *Análise do Pólo Têxtil Pernambucano sob a Ótica Mesoregional*. Em: Encontro Capixaba de Engenharia de Produção, 2008, 14p.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2008*. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>> Acesso em 2 mai 2011.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. São Paulo: Ed. Navegar, 2003, 180p.

VICKERS, A. *Handbook of Water Use and Conservation*. Massachusetts. WaterPlow Press, 2002, 464p.