

**IX-043 – APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE  
ARACAJU: ESTUDO DE CASO EM DOIS CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS  
(VERTICAL E HORIZONTAL)**

**Denise Conceição de Gois Santos Michelan<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC/USP). Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora Adjunta da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

**Luciana Coêlho Mendonça<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre e doutora em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Adjunta da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

**José Daltro Filho<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade da Bahia (UFBA), Mestre em Recursos hídricos e saneamento de Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e doutor em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor Associado da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

**Andréa de Magalhães Vieira, Tássia Bispo Andrade<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Sergipe.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua/Av. Marechal Rondon, S/N - Bairro Jardim Rosa Elze - Cidade São Cristóvão- Estado Sergipe - CEP: 49100-000 - Brasil- Tel: +55 (79) 2105-6704 - e-mail: [denise\\_gois@yahoo.com.br](mailto:denise_gois@yahoo.com.br)

## RESUMO

Apesar de o Brasil ser considerado um país abundante em recursos hídricos, já existe preocupação de que a falta de água para usos potáveis pode ser eminente. Isso faz com que se pense em utilizar água da chuva, como uma das alternativas para fins não potáveis. Assim o objetivo desse estudo é trazer dois estudos de caso que foram desenvolvidos no município de Aracaju, em condomínios residenciais: um vertical e o outro horizontal. O intuito foi verificar se com o aproveitamento dessa água, a mesma poderia ser utilizada, para lavagem de carro e pisos e rega de jardins (condomínio vertical) e lavagem de pisos e rega de jardins (condomínio horizontal). Como resultados, o condomínio vertical tem capacidade de realizar o aproveitamento da água de chuva, porém não tem espaço para implantação do reservatório. O condomínio horizontal, também apresentou capacidade de aproveitamento da água de chuva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Condomínios residenciais, Aproveitamento de água, Água de chuva.

## INTRODUÇÃO

A água considerada recurso natural fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas, é responsável pela origem e manutenção da vida e encontra-se em abundância no planeta, em aproximadamente 70% da superfície terrestre coberta por este recurso. Apesar dessa abundância, apenas uma pequena parte é composta por água doce e parte desta se encontra sob a forma de geleiras. Se o consumo excessivo continuar, as reservas de água doce podem desaparecer.

O Brasil não diferente do que acontece no mundo, é um país com dimensões continentais e dono de um dos patrimônios hídricos mais importantes do planeta. Com isso, elevada é a responsabilidade dos brasileiros pela conservação e uso sustentável, para próprio benefício, equilíbrio planetário e sobrevivência da humanidade (ANA, 2007).

A preocupação com a água e seu consumo, durante muito tempo, só cabia aos que não dispunha de acesso facilitado a alguma fonte natural de água doce. Por conta dessa limitação, teve-se que buscar alternativas de se obter esse recurso e foi assim que surgiu o aproveitamento de água de chuva, até mesmo em época mais remotas.

A exemplo, desde as primeiras civilizações de que se tem conhecimento, há a cultura de coleta da água de chuva. Os mesopotâmicos, os astecas, incas e maias, os cretenses, os romanos, entre outras civilizações, apresentam reservatórios e inscrições em pedras que resistiram à ação do tempo e que são provas do quanto a água sempre foi importante para a humanidade (Tomaz, 2003). A preocupação histórica em captar a água da chuva evidencia uma alternativa para contornar as grandes distâncias dos rios e a atenção para não desperdiçar o que a natureza proporcionava.

Ao comparar as prováveis causas para a captação da água de chuva entre as primeiras civilizações e a atual, pode-se afirmar, guardando as devidas proporções de tempos históricos, que a civilização atual tem uma causa vital para a captação da água pluvial, visto que, por séculos, a água foi desperdiçada com utilizações banais, aos poucos o mundo percebeu que suas reservas estão se esgotando e começou a educar sua população acerca da racionalização do uso deste recurso e a estudar métodos alternativos para consumo, como o aproveitamento de água (seja servida ou pluvial) a fim de retardar a iminente escassez.

Assim, preocupados em contribuir com essas questões, recomenda-se o aproveitamento da água de chuva, para fins domésticos, de contato secundário. Dessa forma, propõem-se dois estudos de caso realizados no município de Aracaju, para aproveitamento de água pluvial em dois condomínios residenciais: vertical e horizontal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Estudo de Caso A:** corresponde à área de condomínio residencial vertical, composto por dois blocos, cada um com 12 pavimentos tipo, quatro apartamentos por pavimento, totalizando 96 unidades (VIEIRA, 2010).

O estudo se baseou no cálculo da demanda mensal de água a ser usada para lavagem de pisos e carros e rega de jardins. De posse das plantas baixas do condomínio, calculou-se a área de recebimento da chuva. O volume de água necessário para a lavagem adotado, foi o considerado para lavagem a cada 2 dias, totalizando 10 dias de lavagem por mês. O cálculo do volume necessário, para rega dos jardins em dias alternados, totalizou 15 dias por mês. Com relação à lavagem de carros considerou-se o total 140 unidades de lavagens por mês, correspondendo a 1 lavagem de carro por mês. Com base em Tomaz (2003), recomenda-se que se considere 2 L/dia/m<sup>2</sup> para jardim ou gramado, 150 L/lavagem/carro para a lavagem de carro e 2 L/m<sup>2</sup> para lavagem de pisos.

O cálculo da demanda se baseou nos parâmetros citados por Tomaz (2003) e obteve-se a expressão 1:

$\text{Demanda}_{\text{Local}} (\text{m}^3) = (A.V.t)/1000$ , onde A é a área ou quantidade a ser lavada, t é a frequência de lavagem por mês e V é o volume das variáveis apresentado por Tomaz (2003). O dimensionamento do reservatório seguiu recomendações do Método de Rippl, para ser usado na expressão 2:  $\text{Volume}_{\text{chuva mensal}} (\text{m}^3) = (\text{ppt}.A.C)/1000$ , onde, ppt é a chuva precipitada média mensal (mm), A é a área de captação (m<sup>2</sup>) e C é o coeficiente de Runoff igual a 0,80 (TOMAZ, 2003).

**Estudo de caso B:** corresponde à área de condomínio residencial horizontal, composto de 43 casas; todas as casas têm pavimento térreo e superior e acesso às plantas baixa. No projeto do condomínio já existia sistema de aproveitamento de água de chuva, com captação através dos telhados, pisos e rua. A água proveniente dos telhados foram armazenada em cisterna enterrada de capacidade de 2.000L e bombeada para reservatório elevado de 1.000L em cada casa, para ser aproveitada nas descargas dos vasos sanitários. A água proveniente das ruas e pisos, após capturadas foram conduzidas a um reservatório enterrado, com capacidade de 70.000L, com objetivo de ser utilizada na irrigação de jardins da área comum (ANDRADE, 2013).

Com relação ao cálculo do volume de chuva mensal, também se utilizou a expressão 1, considerando áreas com telhado, dunas, jardins e ruas, os coeficientes de 0,80, 0,01, 0,3 e 0,8, respectivamente (TOMAZ, 2003).

O volume de chuva captado (expressão 2) teve a parcela da área multiplicada pelos coeficientes de Runoff correspondente aos pisos e vias pavimentadas, dunas, jardins, em separado.

O cálculo das demandas também se baseou nas recomendações de Tomaz (2003), porém nesse estudo, considerou-se que a irrigação dos jardins ocorreria diariamente, resultando em 30 regas por mês,

correspondendo a 2 L/dia/m<sup>2</sup>. Assim, o cálculo foi obtido pela expressão 3:  $\text{Demanda}_{\text{pisos}} (\text{m}^3) = (A_{\text{ir}} \cdot t \cdot P_c) / 1000$ , onde  $A_{\text{ir}}$  é a área a ser irrigada (m<sup>2</sup>),  $t$  dias em que ocorrerá a irrigação Por mês e  $P_c$  o consumo de 2 L/dia/m<sup>2</sup>.

Como esse estudo de caso é em condomínio residencial horizontal, cada residência tinha um reservatório elevado na edificação. Este reservatório foi calculado, considerando-se 5 pessoas e uma diarista com trabalhos em 3 dias. Partiu-se da condição de que cada morador daria 4 descargas/dia e a diarista 3 descargas/dia, para descarga de vaso sanitário de 6 litros. Considerou-se que cada descarga tem vazamento de 8%, por causa do não fechamento total do tampão de liberação de água (TOMAZ, 2003). Assim, obteve-se pela expressão 4, a demanda solicitada nas descargas:

$\text{Demanda}_{\text{descargas}} (\text{m}^3) = (q \cdot n_{\text{desc}} \cdot v_{\text{desc}} \cdot i \cdot t) / 1000$ , onde  $q$  é a quantidade de pessoas na residência,  $n_{\text{desc}}$  é o número de vezes em que cada pessoa realiza a descarga por dia,  $v_{\text{desc}}$  é o volume de água liberada em cada descarga (L),  $i$  é a taxa correspondente a possíveis vazamentos e  $t$  a quantidade de dias por mês.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de caso A, correspondente ao condomínio vertical, após análise das plantas baixas, Vieira (2013) obteve a área de pisos igual a 1273,04 m<sup>2</sup> e áreas verde de 294,81 m<sup>2</sup> (Tabela 1). Nesta tabela também pode ser observado o cálculo da demanda mensal em função dos consumos, correspondendo a 55,31 m<sup>3</sup>.

Considerou-se a inclinação de cada telhado, de 15%, coeficiente de escoamento superficial de Runoff (C) de 0,80 adotado de Tomaz (2003), pode-se calcular a precipitação mensal e posteriormente o saldo acumulado, que está relacionado com o volume máximo do reservatório a ser adotado para a demanda mensal considerada. O dimensionamento do reservatório baseou-se no Método de Rippl. Com o auxílio dos dados de precipitação média de 2009 e 2010 obtidos no Centro Meteorológico de Sergipe, realizou-se esse cálculo (VIEIRA, 2010).

Ainda, segundo o autor, o volume máximo do reservatório para esse estudo de caso de 143,07 m<sup>3</sup>. Como o volume de precipitação (Tabela 2) é inferior à demanda do condomínio em estudo, considerou-se o período de estudo para 2 anos consecutivos. Com esses dados, Vieira (2010) afirmou que a captação da água da chuva é viável. Entretanto, a falta de espaço físico no térreo é insuficiente para o armazenamento. Com base nos dados da Tabela 2, elaborou-se o Diagrama de Massas de Rippl pelo Método dos Picos Sequenciais (Figura 1), o qual indica o volume máximo do reservatório correspondente à captação da água pluvial.

**Tabela 1: Cálculo da demanda mensal (estudo de caso A)**

Local	Lavagem de pisos	Áreas verdes	Lavagem de carros
Quantidade	1273,04 m <sup>2</sup>	294,81 m <sup>2</sup>	140 carros
Frequência	10 dias	15 dias	1 lavagem
Consumo	2 L/m <sup>2</sup>	2 L/m <sup>2</sup>	150 L/carro
Demanda mensal	25,46 m <sup>3</sup>	8,85 m <sup>3</sup>	21 m <sup>3</sup>

Fonte: Vieira (2010).

Apesar da captação do volume de 143,07 m<sup>3</sup> ser viável a implantação do reservatório para armazenamento desse volume é inviável por questões de falta de espaço físico.

Para o estudo de caso B, Andrade (2013), de posse das plantas baixa obteve-se a área da residência de 92,58 m<sup>2</sup>. Com relação ao cálculo de demanda mensal das descargas (expressão 4), o volume foi de 4,04 m<sup>3</sup>. Segundo autor, o cálculo da demanda média mensal dos pisos foi obtido com base nos dados da área de captação de vias e ruas de 10693,52 m<sup>2</sup> e coeficiente de Runoff de 0,80, área de captação das dunas de 9211,89 m<sup>2</sup> e coeficiente de 0,01, área de captação dos jardins de 7903,78 m<sup>2</sup> e coeficiente de 0,30, para precipitação mensal de 2003 a 2012, obteve-se o volume escoado (m<sup>3</sup>) por mês (Tabela 3).

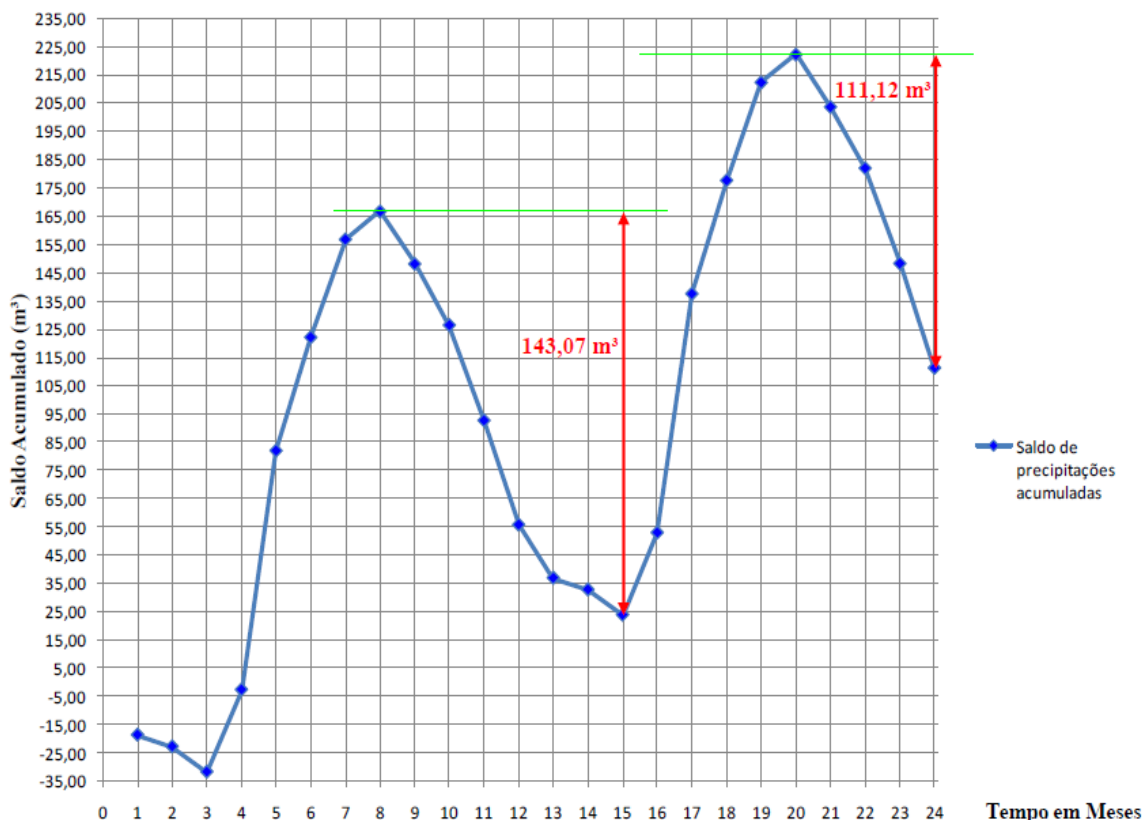
Assim, para se determinar a demanda média dos pisos foi preciso verificar qual a frequência de irrigação dos jardins por mês. Como a área a ser irrigada é de 1219,46 m<sup>2</sup>, e considerando o mês de 30 dias e 2 L/dia/m<sup>2</sup> para a irrigação, obteve-se 73,17 m<sup>3</sup>. Assim, o aproveitamento de água de chuva para o condomínio residencial horizontal atende à demanda solicitada na jardinagem e descargas dos vasos sanitários, durante o período de

estudo de 10 anos, considerando esse volume em todos os meses. Dessa forma, por ano seria preciso um volume de 878,04 m<sup>3</sup>.

**Tabela 2: Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl**

Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de Captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Demanda mensal, constante (m³)	Saldo (m³)	Saldo Acumulado (m³)	Picos e Vales (m³)
	[1]	[2]	[3] = [1]*[2]*C	[4]	[5] = [3]-[4]		
2009	Janeiro	697,76	36,48	55,31	-18,83	-18,83	
	Fevereiro		51,15		-4,16	-22,98	
	Março		46,35		-8,96	-31,94	D1
	Abril		84,47		29,16	-2,78	
	Maio		140,05		84,74	81,96	
	Junho		95,53		40,22	122,18	
	Julho		90,04		34,73	156,91	
	Agosto		65,20		9,89	166,80	P2
	Setembro		36,73		-18,58	148,22	
	Outubro		33,60		-21,71	126,51	
	Novembro		21,47		-33,84	92,68	
	Dezembro		18,31		-37,00	55,68	
2010	Janeiro	697,76	36,48	55,31	-18,83	36,85	
	Fevereiro		51,15		-4,16	32,69	
	Março		46,35		-8,96	23,73	D2
	Abril		84,47		29,16	52,90	
	Maio		140,05		84,74	137,64	
	Junho		95,53		40,22	177,86	
	Julho		90,04		34,73	212,59	
	Agosto		65,20		9,89	222,47	P3
	Setembro		36,73		-18,58	203,89	
	Outubro		33,60		-21,71	182,19	
	Novembro		21,47		-33,84	148,35	
	Dezembro		18,31		-37,00	111,35	D3

Fonte: Vieira (2010).



**Figura 1: Diagrama de Massas de Rippl pelo Método dos Picos Sequenciais.**

Fonte: Vieira (2010).

**Tabela 3 – Determinação do volume escoado, em função da precipitação (meses).**

Mês/ano Prec. (mm)	V <sub>escoado</sub> (m <sup>3</sup> )	Mês/ano Prec. (mm)	V <sub>escoado</sub> (m <sup>3</sup> )	Mês/ano Prec. (mm)	V <sub>escoado</sub> (m <sup>3</sup> )	Mês/ano Prec. (mm)	V <sub>escoado</sub> (m <sup>3</sup> )	Mês/ano Prec. (mm)	V <sub>escoado</sub> (m <sup>3</sup> )
j/03 10,7	117,89	j/05 52,6	579,55	j/07 21,3	234,68	j/09 18,4	202,73	j/11 100,5	1107,32
f/03 78,1	860,51	f/05 46,8	515,65	f/07 142,5	1570,07	f/09 44,2	487,00	f/11 89,9	990,52
m/03 49,5	545,39	m/05 57,6	634,64	m/07 26,1	1389,38	m/09 41,3	455,05	m/11 52,3	576,25
a/03 46,8	515,65	a/05 172,1	1896,21	a/07 149,5	1647,20	a/09 156,1	1719,92	a/11 210,6	2320,41
m/03 241,5	2660,86	m/05 182,3	2008,59	m/07 91,0	2104,45	m/09 515,8	5683,12	m/11 33,3	3672,32
j/03 169,5	1867,56	j/05 101,3	1116,13	j/07 156,3	1722,12	j/09 103,4	1139,27	j/11 97,3	1072,06
j/03 171,3	1887,40	j/05 211,0	2324,81	j/07 184,0	2027,32	j/09 121,8	1342,00	j/11 130,4	1436,76
a/03 90,1	992,73	a/05 143,8	1584,4	a/07 79,8	879,24	a/09 169,4	1866,46	a/11 82,7	911,19
s/03 57,4	632,44	s/05 27,5	303,0	s/07 63,3	697,44	s/09 78,8	868,22	s/11 55,4	610,40
o/03 149,4	1646,10	o/05 24,1	265,54	o/07 31,6	348,17	o/09 28,5	314,01	o/11 104,8	1154,69
n/03 130,0	1432,35	n/05 3,8	41,87	n/07 13,2	145,44	n/09 13,8	152,05	n/11 43,1	474,88
d/03 39,2	431,91	d/05 56,0	617,01	d/07 18,6	204,94	d/09 17,2	189,51	d/11 4,4	48,48
j/04 238,5	2627,81	j/06 26,2	288,67	j/08 27,9	307,40	j/10 26,9	296,39	j/12 35,9	395,55
f/04 42,7	470,47	f/06 29,0	319,52	f/08 133,2	1467,61	f/10 76,7	845,09	f/12 85,2	938,74
m/04 48,3	532,17	m/06 28,9	318,42	m/08 72,5	3002,42	m/10 31,9	351,48	m/12 17,8	196,12
a/04 70,8	780,08	a/06 14,0	1917,14	a/08 131,5	1448,88	a/10 359,0	3955,49	a/12 24,5	269,94
m/04 202,3	2228,96	m/06 345,3	3804,54	m/08 66,0	4032,61	m/10 125,8	1386,07	m/12 144,6	1593,21
j/04 113,6	1251,65	j/06 218,6	2408,55	j/08 113,4	1249,45	j/10 265,1	2920,89	j/12 118,0	1300,13
j/04 174,8	1925,96	j/06 194,3	2140,81	j/08 144,1	1587,70	j/10 135,5	1492,95	j/12 100,6	1108,42
a/04 173,4	1910,53	a/06 60,0	661,08	a/08 83,8	923,31	a/10 92,5	1019,17	a/12 77,1	849,49
s/04 58,0	639,05	s/06 111,8	1231,82	s/08 39,4	434,11	s/10 76,6	843,98	s/12 60,8	669,90
o/04 5,7	62,80	o/06 214,7	2365,58	o/08 32,7	360,29	o/10 20,7	228,07	o/12 69,5	765,76
n/04 14,4	158,66	n/06 34,4	379,02	n/08 4,0	44,07	n/10 14,0	154,25	n/12 5,6	61,70
d/04 0,0	0,00	d/06 6,3	69,41	d/08 15,6	171,88	d/10 8,7	95,86	d/12 2,0	22,04

Fonte: Adaptado de Andrade (2013).

## CONCLUSÕES

A simulação da captação de água pluvial para o estudo de caso A (condomínio residencial vertical), com base no dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para 2 anos, mostrou-se viável. O reservatório deveria apresentar um volume máximo de 143,07 m<sup>3</sup> para armazenar a água passível de captação. Apesar de viável, a implantação foi considerada como inviável, não se dispondo de área para implantação desse reservatório.

Com relação ao aproveitamento de água para o estudo de caso B (condomínio residencial horizontal) com base nos 10 anos de estudo, é possível reduzir o consumo de água potável para fins não potáveis, como nas descargas dos vasos sanitários e na jardinagem. Para a captação de telhados, gerou-se economia de 41,78 m<sup>3</sup> de água, o que corresponde por ano de 877,69 m<sup>3</sup>.

De modo geral, em termos de captação, independente do tipo de condomínio (vertical ou horizontal), é possível se implantar a captação para água de chuva. Entretanto, deve-se verificar onde implantar o reservatório, uma vez que o mesmo necessita de espaço.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. **GEO Brasil: recursos hídricos – resumo executivo.** / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 60 p.: il. (GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos).
2. ANDRADE, T. B. Aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Aracaju / SE. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão – SE, Março de 2013. 71p.
3. TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** 2ª edição. São Paulo: Navegar, 2003. 180 p.
4. VIEIRA, A. M. **Aproveitamento da água de chuva, estudo de caso no município de Aracaju – SE: Percepção dos moradores, viabilidade e dimensionamento de reservatórios.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, Dezembro de 2010. 62p.