



## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS COM DEMANDA VARIÁVEL E DEMANDA CONSTANTE

Alfredo Akira Ohnuma Júnior <sup>(1)</sup>, Marcos Roberto Teixeira Halasz <sup>(2)</sup>, Thays Martins Rodrigues <sup>(3)</sup>

1. Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo, Engenheiro Civil, Prof. Adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
2. Doutor em Engenharia Química pela PEQ/COPPE/UFRJ, Engenheiro Químico, Prof. Titular da Faculdade Integradas de Aracruz.
3. Mestre em Tecnologia Ambiental pela Faculdade de Aracruz – FAACZ, Advogada, servidora da Universidade Federal do Espírito Santo – CEUNES  
e-mail: akira@uerj.br

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

### RESUMO

A demanda para a problemática do uso inadequado de água tem sido maior a cada dia, o que sugere procura por alternativas de redução ou otimização pelo seu uso. Este trabalho visa analisar o dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino, com base na demanda variável e demanda constante. O aproveitamento surge como uma técnica adequada, devido a sua facilidade de execução, eficiência econômica e ambiental, evitando o desperdício e o uso inadequado de água tratada, além de propor redução do custo na distribuição da água. Foram utilizadas metodologias convencionais de dimensionamento de reservatórios propostas pela NBR 15527:2007, comparativamente a partir de demanda constante e demanda variável. As áreas de cobertura estão distribuídas por setores ou ambientes internos pertencentes à Fundação São João Batista, em Aracruz-ES, sendo: Centro Educacional de Aracruz (CEA), Faculdade de Aracruz (Faacz) e Áreas Administrativas. Os resultados apontam consumo interno na instituição que estimam altos valores de armazenamento, extrapolando áreas disponíveis, com custos significativos. Recomenda-se aplicar o estudo considerando novas alternativas de reserva, sobretudo na revisão do cálculo da metodologia convencional devido resultados excessivos de armazenamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** água de chuva, gestão de águas urbanas, recursos hídricos.

**STUDY OF THE SIZING OF RESERVOIRS OF RAINWATER HARVESTING: CASE STUDY INSTITUTION OF EDUCATION IN THE CITY ARACRUZ / ES**

### ABSTRACT

The demand for the issue of inappropriate use of water has been higher every day, which suggests looking for alternatives to reduce or optimize for its use. This work aims to analyze the design of reservoirs rainwater harvesting in an educational

institution, based on variable demand and constant demand. The utilization emerges as a suitable technique, due to its ease of implementation, economic and environmental efficiency, avoiding waste and inappropriate use of treated water, and propose cost reduction in water distribution. Methodologies were used conventional sizing reservoirs proposed by NBR 15527:2007 compared from steady demand and variable demand. The coverage areas are divided by sectors or indoors belonging to Fundação São João Batista in Aracruz-ES as: Educational Center of Aracruz (CEA), Faculty of Aracruz (Faacz) and Administrative Areas. The results indicate domestic consumption in the institution that estimate high values of storage areas extrapolating available, with significant costs. Recommended to apply the study considering new alternatives reservation, especially in the revision of the calculation results of the conventional method because excessive storage.

**KEYWORDS:** water resources, urban water, rain water.

## INTRODUÇÃO

Inúmeros estudos sugerem o aproveitamento das águas pluviais como fonte alternativa de combate ao uso indiscriminado da água (TOMAZ, 2003; MAY, 2004; HAGEMANN, 2009). Outros estudos informam que as fontes de água têm sido constantemente poluídas por descargas de efluentes industriais e domésticos ou por outras atividades antropogênicas, tornando o tratamento e o reúso de água totalmente necessários (KUNZ & ZAMORA, 2002 citados por RODRIGUES & LEITÃO 2008). Somente nos últimos 30 anos, após cerca de um século de progresso científico e tecnológico, que a ideia do uso irrestrito dos recursos hídricos tenderá a contribuir à sérios problemas relacionados à escassez de água no planeta.

Não obstante, os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e freqüentes, principalmente devido ao exponencial crescimento populacional e ao aumento da atividade produtiva e consumo desordenado.

De 1940 a 1980, a extração de água doce dos rios, lagos e fontes subterrâneas quadruplicaram-se. Estima-se que no ano 2050 entre  $1,0 \times 10^9$  e  $2,4 \times 10^9$  pessoas viverão em países com recursos de água escassos. A água limpa do planeta caminha para assumir o papel que tinha o petróleo em 1973: uma *commodity* em crise, com potencial para lançar a economia mundial num estado de choque. Nem o Brasil, privilegiado com 12% da água doce corrente mundial, pode escapar do estresse hídrico (LORA, 2002).

Devido à expansão urbana do município de Aracruz-ES, juntamente com o agravamento da qualidade das águas provocado pela intensa ocupação industrial e crescimento populacional, tem sido necessário aprofundar diferentes projetos e estudos de aproveitamento de águas pluviais como medida alternativa de controle na fonte e de uso racional da água. Tais projetos têm como necessidade, além de promover a racionalização do uso da água, facilitar a redução do escoamento superficial em áreas urbanas densamente ocupadas.

Este estudo aplica-se também em virtude dos Municípios da região Norte do Estado do Espírito Santo, como por exemplo, Ibraçu, João Neiva, Fundão, Linhares e São Mateus sofrerem pelas conseqüências das inundações urbanas, tornando-se necessário prever medidas não-convencionais de controle do escoamento a fim de garantir melhores condições de vida à população e ao meio ambiente (OHNUMA JR, 2009).

Como há, no interior de um ambiente escolar, grandes áreas passíveis de limpeza com usos de água não-potáveis, é de suma valia o estudo

de viabilidade de implementação de um projeto de aproveitamento de águas pluviais, principalmente também por se tratar de uma medida que contribui para fortalecer a conscientização pelo uso da água, associada a educação ambiental de todos os envolvidos.

Sendo assim, fez-se uma análise do estudo de implantação de um projeto de aproveitamento de águas pluviais em ambiente institucional (escolar), conforme elevada área útil de captação de água de chuva proveniente da cobertura de telhados existentes na Fundação São João Batista, em Aracruz-ES.

Seguindo uma tendência mundial, atrelado às questões ambientais, no Brasil, nota-se a existência de projetos de lei no sentido de estabelecer diretrizes e implementar ações destinadas a promoção da reserva e aproveitamento de águas pluviais em ambientes urbanos. Propostos nas cidades de São Paulo, Paraíba e Goiânia, esses projetos, trazem não somente ganhos ambientais, mas também incentivo político, social e fiscal.

### OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo principal analisar o dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino, a partir de estudo para demanda constante e demanda variável.

### MATERIAL E METODOS

A metodologia concentrou-se inicialmente no levantamento das características das áreas estudadas, juntamente com a coleta dos dados históricos de precipitação, para posterior aplicação do Método de Rippl. Este método foi utilizado para o dimensionamento das estruturas de reservação, válido para cada uma das edificações. De acordo com a Figura 1 a seguir, apresenta-se o esquema metodológico do trabalho.

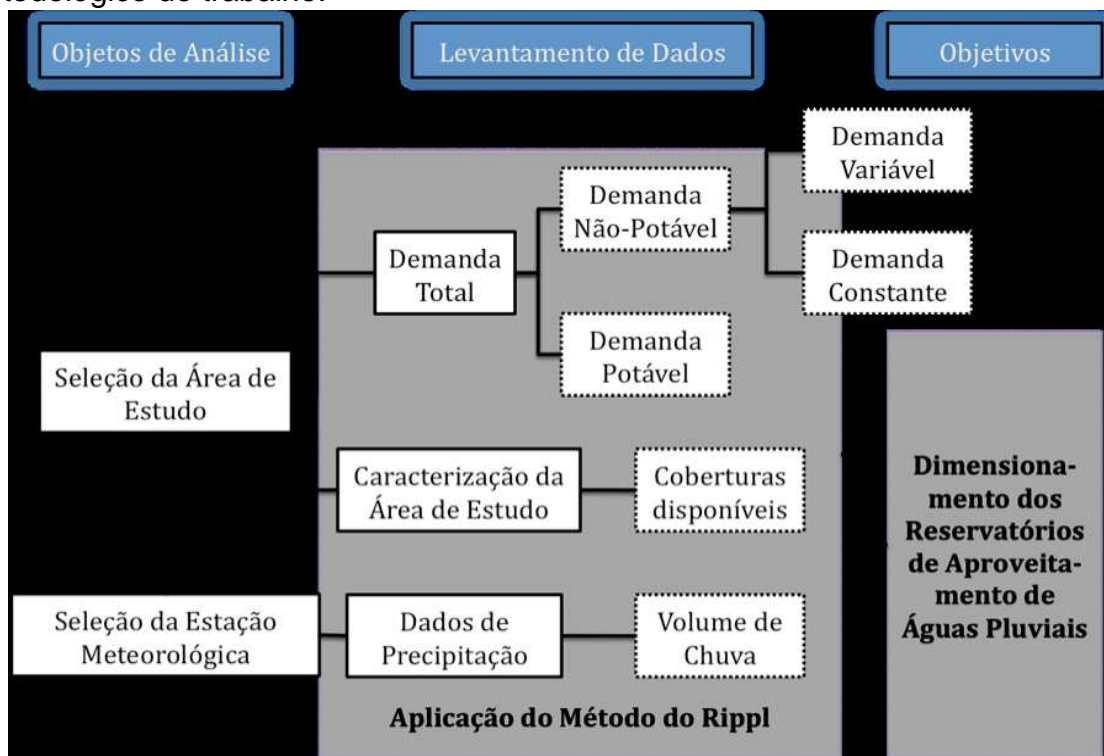


FIGURA 1: Fluxograma do resumo metodológico da pesquisa.

O referido município está situado em sua totalidade nas Bacias dos Rios Riacho e Rei Magos, com extensa localização em região costeira na porção Norte do Estado, como afluentes da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste. Esta bacia possui expressiva relevância nacional devido ao elevado contingente populacional e importância econômica, atrelado ao grande e diversificado parque industrial, como por exemplo, a Fábrica Fibria, antiga Aracruz Celulose, em Barra do Riacho no município de Aracruz-ES. Essa região, ao mesmo tempo em que apresenta uma das maiores demandas hídricas nacionais possui também uma das menores disponibilidades relativas o que ocasiona conflitos pela água, visto que, não existe nenhuma reserva de água pluvial, bem como formas de poluição não controlada.

Percebe-se que se faz necessário um desenvolvimento de práticas sustentáveis adaptadas às peculiaridades ambientais da região. A Faculdade de Aracruz (FAACZ), bem como o Centro Educacional de Aracruz (CEA), são mantidos pela Fundação São João Batista (FSJB). As edificações principais estão localizadas no Centro do município de Aracruz-ES, nas proximidades do Bairro Vila Rica, em terreno com área superior a 5.000m<sup>2</sup>.

As instalações sanitárias compreendem áreas molhadas com as seguintes instalações: cozinha, banheiros, pátios e jardim.

Os componentes de instalações prediais internos à edificação possuem a seguinte configuração: lavatórios, pia de cozinha, bidê e conjunto misturador do tanque, que são abastecidos pelos reservatórios superiores supridos por água potável e as torneiras de uso geral e torneiras de tanque, que são abastecidas por via direta da rede pública. Os vasos sanitários são abastecidos pelos reservatórios superiores, bem como as torneiras dos lavabos.

A concepção geral das instalações internas são reservatórios de água potável com capacidade para até 15.000 litros (reservatórios superiores) e reservatório submerso com capacidade para até 27.000 litros. A Figura 2 a seguir apresenta as áreas de cobertura disponíveis pela Fundação São João Batista, compreendendo: Administração (ADM), Biblioteca (BBT), Centro Educacional de Aracruz (CEA), Quadra Poliesportiva (QDR), Laboratório (LAB), Prédio Primo Bitti (PPB), Secretaria Acadêmica (SEC) e Xerox (XRX).



**FIGURA 02:** Áreas disponíveis de cobertura.

Para fins de dimensionamento do reservatório, torna-se fundamental medir essas áreas de cobertura disponíveis para captação das águas pluviais. O Quadro 1 apresenta as áreas de cobertura disponíveis por ambiente, considerando as principais, conforme edificações internas separadas por setor na IES.

QUADRO 1 - Áreas de cobertura para captação de águas pluviais.

N	Sigla	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )
1	ADM	Administração	690
2	BBT	Biblioteca	417
3	CEA	Centro Educacional de Aracruz	339
4	QDR	Quadra Poliesportiva	682
5	LAB	Laboratórios	451
6	PPB	Prédio Primo Bitti	907
7	SEC	Secretaria Acadêmica	451
		Total de área de cobertura	3938

A aquisição dos dados de precipitação teve como apoio a estação meteorológica pertencente a Fábrica Fibria, localizada em Aracruz-ES. Utilizou-se uma série histórica de sete anos de dados de precipitação. Outras estações disponíveis encontram-se em Linhares, São Mateus, Vitória, dentre outros municípios mais distantes da estação localizada na Fábrica Fibria.

O Método de Rippl foi comparativamente utilizado neste estudo do dimensionamento do sistema de captação, coleta e armazenamento das águas pluviais, sendo considerado a intensidade pluviométrica sobre coberturas de edifícios, coeficiente de runoff, demanda constante e variável, além da área de contribuição de lajes e telhados. Os pátios, garagens, jardins e outras áreas similares não são considerados objetos de captação para o estudo de reservação, visando ao aproveitamento das águas de chuva, principalmente por serem ambientes situados em áreas com maiores índices de poluição, além da pouca influência da captação pelo efeito da gravidade.

Para a composição dos principais elementos que compõem o sistema predial de aproveitamento de água pluvial para usos domésticos não potáveis, podem-se destacar os seguintes subsistemas ou componentes: captação; condução; tratamento; armazenamento; tubulações sob pressão; sistema automático ou manual de comando; utilização. Estes elementos devem ser projetados de acordo com critérios previamente estabelecidos, como por exemplo, a partir do dimensionamento dos reservatórios de acumulação, calhas e condutores. O dimensionamento de calhas e condutores deve seguir a NBR 10844:1989 - *Instalações Prediais de Águas Pluviais*.

O Método Analítico de Rippl é válido para demanda constante (NBR 15527:2007) ou variável com chuvas mensais (TOMAZ, 2003), de acordo com os dados de precipitação e consumo disponíveis. O método prioriza o conceito básico que é utilizado para regularização de vazões, com resultados de reservatórios de grandes dimensões (MIERZWA, 2007). O método utiliza séries históricas de precipitações, podendo ser diárias ou mensais. Quanto maior a série, maior torna-se a confiabilidade dos resultados, embora não seja uma garantia de que o

dimensionamento possa ser considerado válido para quaisquer tormentas, visto a magnitude da natureza dos eventos.

No método analítico para demanda constante, o volume de água no reservatório  $S(t)$ , num determinado instante  $t$ , é calculado pela diferença entre a demanda  $D(t)$  e o volume de chuva aproveitável  $Q(t)$ , ambos no mesmo instante  $t$ . A equação (1) abaixo representa este cálculo:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (1)$$

Demandas com variação no tempo, estimam o volume de reservação  $S(t)$  para um determinado instante  $t$ , pela diferença entre o volume de chuva aproveitável  $Q(t)$  e a demanda variável  $D(t)$ , conforme equação (2):

$$S(t) = Q(t) - D(t) \quad (2)$$

O volume de chuva aproveitável  $Q(t)$ , no instante  $t$ , resolve o produto entre o coeficiente de escoamento superficial ou *runoff*  $C$ , a precipitação da chuva  $I(t)$  e a área de captação  $A$ , conforme equação (3):

$$Q(t) = C.I(t).A \quad (3)$$

Finalmente, o volume do reservatório  $V$  é a somatória do volume  $S(t)$  encontrado no instante  $t$ , conforme equação (4):

$$V = \sum S(t), \text{ para } S(t) > 0 \quad (4)$$

A somatória do consumo deve ser sempre inferior à somatória do volume de chuva que será aproveitada, para não haver interferências no bombeamento e/ou na falta de água. Outros métodos de cálculo para o dimensionamento de reservatórios estão descritos no Projeto 00.001.77-001 (ABNT/CEET, 2007), dentre eles o método da simulação, em que se aplica a equação da continuidade. Na NBR 15527:2007 encontram-se outros métodos como: Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o levantamento das áreas disponíveis de cobertura, foram obtidos dados junto as seguintes instituições e/ou empresas para consolidar: usuários direto de água, volume consumido e dados de chuva:

a) **Fundação São João Batista (FSJB)**: número de usuários de água, compostos por funcionários, docentes, alunos e administração, dos últimos três anos retrospectivos (2007-2009);

b) **Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE)**: volume em  $m^3$  de consumo de água conforme demanda da instituição, com histórico dos últimos três anos (2007-2009) e

c) **Fibria (antiga Aracruz Celulose S.A.)**: dados da estação meteorológica com histórico de sete anos (2003-2009), para registros pluviométricos.

Como não há separação de consumo por edificação setorial, os dados correspondentes ao número de usuários direto de água na IES foram obtidos junto a Direção Executiva, com base nos diferentes tipos de ensino, como:

a) Centro Educacional de Aracruz - CEA (ensino médio e fundamental)

b) Faculdade de Aracruz - Faacz (graduação ensino superior)

c) Funcionários (docentes + administrativo)

O Quadro 2 a seguir apresenta o número de usuários de água por semestre, conforme os níveis de ensino.

**QUADRO 2** - Número de usuários responsáveis pelo consumo de água na IES.

Ano	Semestre	Nº de usuários: média anual				
		Faacz	Cea	Func.	Total Sem.	Média Anual
2009	1º	1559	563	176	2298	2203
	2º	1369	563	176	2108	
2008	1º	1475	471	190	2136	2051
	2º	1304	471	190	1965	
2007	1º	1562	429	180	2171	2074
	2º	1368	429	180	1977	

Estiveram presentes na instituição, ao longo dos três anos analisados, um número aproximado flutuante de 2.100 pessoas, sendo considerados com frequência os usuários diretos de água: funcionários, docentes e alunos efetivos. Não estão computadas pessoas externas ou visitantes, uma vez que podem estar diluídas no cálculo médio de população, sem afetar consideravelmente os valores de consumo finais. Para uma estimativa dos dados de consumo de água na IES, o Quadro 3 apresenta histórico obtido junto ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto, SAAE-Aracruz, de três anos retrospectivos.

**QUADRO 3:** Consumo variável de água mensal na IES em m<sup>3</sup> entre os anos 2007 e 2009.

Mês/Ano	2009 (m <sup>3</sup> )	2008 (m <sup>3</sup> )	2007 (m <sup>3</sup> )	Média (m <sup>3</sup> )
Jan	153	47	62	87
Fev	149	86	226	153
Mar	215	190	186	197
Abr	177	223	268	222
Mai	173	289	203	221
Jun	174	245	322	247
Jul	149	214	261	204
Ago	198	175	222	193
Set	183	207	253	209
Out	225	225	219	217
Nov	242	325	330	292
Dez	138	398	434	320
<b>Total</b>	<b>2177</b>	<b>2624</b>	<b>2986</b>	<b>2564</b>
<b>Média</b>	<b>174</b>	<b>219</b>	<b>249</b>	<b>214</b>

O quadro informa uma redução de 30% no consumo de água no decorrer dos anos (2007-2009). Os números, além de refletir uma maior possibilidade de conscientização pelo uso da água devido a programas de conscientização informados pela direção, retrata uma redução no consumo em até 1000 m<sup>3</sup> de água

por ano, o que representa aproximadamente um valor superior a R\$ 1000 reais nas contas de água da IES anualmente.

O consumo diário percapita obtido de 2,6 litros encontra-se na faixa inferior de consumo para estudantes de ensino fundamental entre 0,5 e 11,6 litros, conforme estudos de WERNECK (2006). Outros estudos indicam que, para usos finais da água em diferentes instituições de ensino, o consumo é variável em função dos horários de funcionamento mensal e tipologia de aparelhos sanitários instalados. ILHA et al. (2008) informam que o consumo mensal em escolas é de difícil padronização devido particularidades, com valores flutuantes entre 0,51 e 81 litros/pessoa.dia.

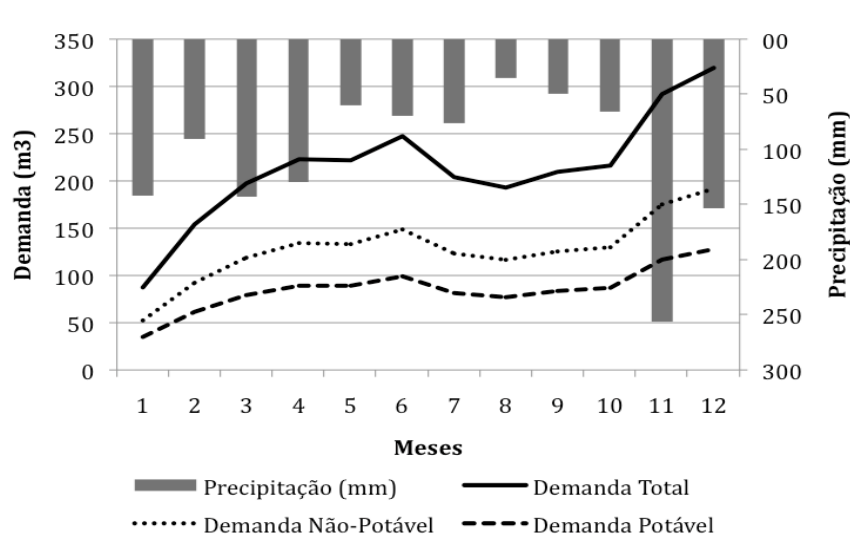
As informações coletadas pela estação meteorológica da Fibria estão descritas no Quadro 5 a seguir, composta de dados mensais com total anual e média mensal entre os anos 2003 e 2009. Os dados de precipitação correspondem a uma característica de sazonalidade na região litorânea, com verão chuvoso e inverno relativamente seco. Dados do relatório INCAPER (2011) indicam precipitação pluviométrica anual média de 1200mm, valor aproximado do obtido pela estação meteorológica da Fibria . A Figura 3 ilustra a variação da demanda em função da precipitação média mensal (linha 8, quadro 5). Dados de consumo ou demanda variável informam crescimento mensal, com valores reduzidos em épocas de recesso acadêmico (janeiro, fevereiro, julho). O mesmo gráfico ilustra variação da demanda potável com 40% da demanda total e 60% para demanda não-potável.

Os cálculos para o dimensionamento do reservatório foram obtidos tanto para demanda constante quanto para demanda variável, conforme apresentado em detalhes adiante.

**QUADRO 5** - Dados pluviométricos (mm) entre anos 2003 e 2009 coletados junto a estação meteorológica da empresa Fibria S.A.

<b>N</b>	<b>Ano</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>TOTAL</b>
1	2009	194	64	168	153	31	19	120	36	36	71	239	142	<b>1274</b>
2	2008	144	92	69	72	41	40	21	26	21	108	549	144	<b>1326</b>
3	2007	85	69	47	253	21	13	18	40	59	15	121	57	<b>796</b>
4	2006	39	50	216	41	1	97	100	51	43	88	289	269	<b>1285</b>
5	2005	225	201	214	112	228	227	85	42	141	14	348	100	<b>1937</b>
6	2004	191	130	251	203	37	75	96	32	16	114	190	222	<b>1556</b>
7	2003	111	23	32	69	61	13	91	22	28	53	58	141	<b>704</b>
<b>8</b>	<b>Média</b>	<b>141</b>	<b>90</b>	<b>142</b>	<b>129</b>	<b>60</b>	<b>69</b>	<b>76</b>	<b>36</b>	<b>49</b>	<b>66</b>	<b>256</b>	<b>154</b>	<b>1268</b>





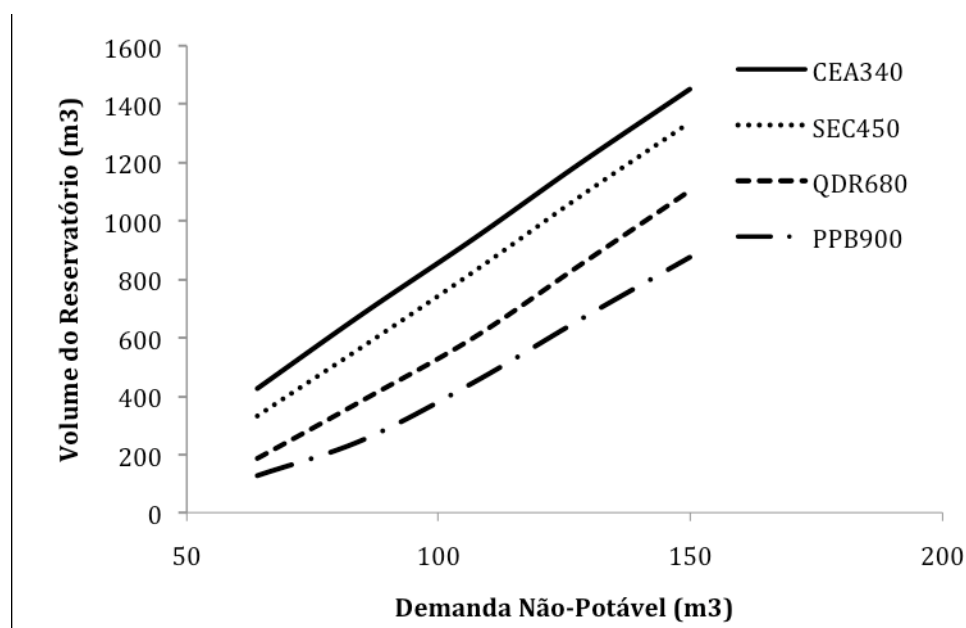
**Figura 3** - Dados médios pluviométricos e demanda variável média mensais.

Foram dimensionados os volumes de reservação para demanda constante, conforme NBR 15527:2007, sobretudo para os valores em condições específicas de consumo, conforme Quadro 6. Esses volumes foram fixados e redimensionados pelo método de Rippl para avaliação das dimensões de armazenamento, conforme maior uso específico (limpeza, vaso sanitário, etc).

**QUADRO 6** - Demanda Não-Potável utilizada para estudo de demanda constante (DC).

% Demanda Não-Potável	Volume (m <sup>3</sup> )
30	64
40	85
50	107
60	128
70	150

O gráfico da Figura 4 apresenta diferentes oportunidades de reservação para diferentes demandas não-potáveis, baseadas no Quadro 6. A legenda representa as principais coberturas setoriais da instituição, sendo a numeração da sigla identificada pela parcela ou área de contribuição do escoamento. Nota-se que, com o aumento da demanda, eleva-se os volumes reservados, no entanto quanto menor a área, maior a necessidade de acumular para uma mesma demanda.



**FIGURA 4** - Dimensionamento do reservatório para diferentes demandas e áreas de cobertura.

O Quadro 7 indica os volumes de reservação obtidos para demanda variável (DV) e demanda constante (DC) de cada ambiente. O dimensionamento dos reservatórios para demanda constante consideram 30, 50 e 70% de consumo não-potável em relação ao consumo total. É possível reduzir o volume de reservação, com a premissa de que o volume aproveitado ocorre nos dias em que o volume armazenado é maior ou igual a demanda (MORUZZI et al., 2008).

Para todos os cálculos, foi considerado um coeficiente de *runoff* equivalente a 0.8, conforme HOFKES & FRASIER (1996) e PACEY & CULLIS (1996).

**QUADRO 7** - Volumes de reservação/ambiente para demanda variável (DV) e demanda constante (DC).

N	Sigla	Ambiente	Vol. DV (m³)	Vol. DC30 (m³)	Vol. DC50 (m³)	Vol. DC70 (m³)
1	ADM	Administração	616	188	595	1095
2	BBT	Biblioteca	863	355	859	1372
3	CEA	Centro Educacional de Aracruz	933	425	938	1451
4	QDR	Quadra Poliesportiva	624	186	600	1103
5	LAB	Laboratórios	832	331	824	1337
6	PPB	Prédio Primo Bitti	421	127	446	875
7	SEC	Secretaria Acadêmica	832	331	824	1337

Tanto para demanda variável, quanto para demanda constante, os volumes obtidos de acumulação são elevados. Torna-se proibitivo a execução de reservatórios com dimensões muito elevadas devido a relação custo-benefício e conseqüentemente tempo de amortização. Valores estimados por TOMAZ (2003) e OHNUMA JR (2009) apresentam custos entre U\$110/m³ e U\$180/m³, resultando valores de até 400 mil dólares ou aproximadamente 800 mil reais

por reservatório. Os volumes elevados de reservação justificam não somente pela elevada demanda de todos os ambientes, mas reflete uma incompatibilidade na metodologia convencional que é utilizada para regularização de vazões no uso para dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de águas pluviais.

## CONCLUSÃO

Tendo como base os dados de consumo fornecidos pela Instituição, referente a um período histórico de três anos retrospectivos, nota-se uma diminuição no consumo de água em até 30% do ano 2007 para 2009. Os dados de consumo médio mensal per capita variaram entre 39 e 160 litros. A média mensal de consumo na Instituição nos três anos analisados foi de aproximadamente 100 litros por pessoa.

Em relação aos volumes estimados para acumulação de água conforme coberturas principais disponíveis na Instituição e, de acordo com o método de Rippl, observou-se um valor de reservação d'água que é capaz de atender toda demanda institucional, no entanto com volumes elevados. De acordo com o consumo de água fornecido pelo Saae de Aracruz na Instituição, com valores médios mensais variando entre 87 e 320m<sup>3</sup>, o dimensionamento dos reservatórios obteve volumes de até 1300m<sup>3</sup>, considerando uma demanda não-potável constante de 70% da demanda total.

A busca por melhores alternativas no controle quali-quantitativo da poluição hídrica deve ser uma constante, seja para otimização de recursos, a redução dos volumes de cheias, o aumento de reservação de água ou para a quebra de paradigmas e a introdução de novos projetos e uso de fontes alternativas. A possibilidade de instalação de dispositivo de reservação apresenta a comunidade envolvida que o aproveitamento de águas pluviais é um processo eficiente quando adequadamente analisado, propiciando redução de gastos e possibilitando a redução da demanda por outras fontes.

## REFERÊNCIAS

ABNT/CEET-00.001.77. Projeto 00.001.77-001. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis**. Jan. 2007.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2009. Dissertação de Mestrado.

HOFKES, M. W; FRAZIER, J. G. **Runoff coeficients**. In: PACEY, A; CULLIS, A. Rainwater harvesting. London: Intermediate Technology Publications, 1996.

ILHA, M. S. O.; PEDROSO, P. L.; YWASHIMA, L. A. **Indicadores de consumo de água em escolas**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2008 CD-ROM.

INCAPER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural Proater 2011-2013**. Aracruz. Planejamento e Programação de Ações (2011). Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Incaper.

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético,**

**industrial e de transporte**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MIERZWA, J. C. *et al.* Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. REGA. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, v. 4, p. 29-37, 2007.

MORUZZI, R.B.; OLIVEIRA, S.C.; CARVALHO, G. Volume do reservatório de aproveitamento de água pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar. Publ. **UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa, 14 (3): 217-227, dez. 2008.

OHNUMA JR, A. A. **Estudo de viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não-potáveis de uso institucional**. Faculdade de Aracruz - FAACZ, Aracruz-ES. Submissão Projeto FAPES. Junho-2009.

PACEY, A; CULLIS, A. **Rainwater harvesting**. London: Intermediate Technology Publications, 1996.

RODRIGUES, R. B.; LEITÃO, S. A. M. **aspectos jurídicos relacionados à gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**: análise do projeto de lei nº 265/99. Disponível em: <[http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/residuos/gestao\\_dos\\_residuos\\_solidos\\_no\\_brasil\\_aspectos\\_juridicos.pdf](http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/residuos/gestao_dos_residuos_solidos_no_brasil_aspectos_juridicos.pdf)> Acesso 18. Jun. 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, mai 2003. 180 p.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **Human Development Report 2006: Power, poverty and the global water crisis** (2006). Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2006>>. Acesso em: 02 out 2013

WERNECK, G.A.M. **Sistemas de utilização da água de chuva nas edificações: O Estudo de Caso da Aplicação em Escola de Barra do Piraí, RJ**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ). Rio de Janeiro, 2006 (Dissertação de Mestrado).