

## IV-014 - ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA: UM ESTUDO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NO INSTITUTO EDUCACIONAL PAULO DE TARSO – CAMPOS, RJ

**Marcelo Mendonça de Melo<sup>(1)</sup>**

Engenheiro de Produção pelo ISECENSA (Institutos Superiores de Ensino do CENSA).

**Frank Pavan de Souza<sup>(2)</sup>**

Mestre em Engenharia Ambiental pelo IFF e Doutorando em Engenharia Civil COPPE/UFRJ.

**Alexandre Said Delvaux<sup>(3)</sup>**

Mestre em Gestão de Cidades e Planejamento Urbano pela UCAM

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Maurício Viana Cordeiro Filho, 50 – Parque Santa Maria – Campos dos Goytacazes - RJ - CEP: 28021-300 - Brasil - Tel: (22) 9819-1616 - e-mail: [marmenmelo@gmail.com](mailto:marmenmelo@gmail.com)

### RESUMO

Nos dias atuais é notória a escassez de água em que o mundo vivencia aliado a isso, o desenvolvimento sustentável tem evoluído bastante no sentido de encontrar formas para proteger recursos naturais essenciais a sobrevivência humana; além da demanda pelo uso da água ser crescente, devido ao aumento populacional. Esses fatores remetem ao questionamento de como utilizar alternativas que reduzam o consumo de água potável e seus custos, preservando os recursos hídricos. Contexto que necessita de alternativas para preservação da água, de modo que esse recurso no futuro próximo não se torne escasso. Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis; no Instituto Educacional Paulo de Tarso, localizado no bairro Parque Aurora, na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ. Foi desenvolvido um estudo de caso para auxiliar na tomada de decisão sobre a aplicação do investimento no projeto; por meio de levantamento dos consumos mensais de água, precipitação pluviométrica e determinação da área de coleta de chuva. Foi realizado o levantamento dos custos dos materiais, mão-de-obra, operação e manutenção do sistema. Os fluxos de caixa das duas alternativas foram analisados com um horizonte de planejamento de vinte e cinco anos a uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 8,5% ao ano; a alternativa de se investir em um sistema de aproveitamento de água pluvial foi viável financeiramente. A análise de viabilidade econômica foi realizada através dos métodos de valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), e o estudo do tempo de recuperação do capital investido, através do *payback* simples (PBS) e *payback* descontado (PBD).

**PALAVRAS-CHAVE:** Água de chuva, Sustentabilidade e Engenharia Econômica.

### INTRODUÇÃO

A busca do desenvolvimento sustentável tem evoluído bastante no sentido de encontrar formas para proteger recursos naturais essenciais como, por exemplo, mananciais de água (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 5).

A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992).

Com o aumento das temperaturas e maior evaporação da água, as alterações climáticas terão um forte impacto sobre a distribuição de água no planeta, pois será a principal causa dos confrontos entre países vizinhos (MONTES, 2008).

O dia mundial da água foi instituído pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 22 de março de 1992. Um grito de alerta sobre a situação dos recursos hídricos do planeta: dois em cada três habitantes estão ameaçados pela escassez da água até 2025. “O objetivo era chamar a atenção para a questão da escassez da água e, conseqüentemente, buscar soluções para o problema” (CREA, 2008, p. 48).

A discordância entre a crescente demanda, devido ao aumento populacional e a escassez de água, torna-se motivo de preocupação pelo fato de que 1,2 bilhões de pessoas habitam zonas de déficit de água e cerca de 500 milhões correm o risco de exposição ao estresse hídrico (escassez de água) a curto prazo (PINHEL et al., 2007).

O Brasil possui uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda a reserva global. Segundo Tomaz (2001) *apud* May (2004) o Brasil possui 12% da água doce do mundo, no entanto em uma distribuição irregular no país.

Segundo Souza (2004) na região sudeste, especificamente no Estado do Rio de Janeiro com o passar dos anos, o manancial do Rio Paraíba do Sul apresentou baixos níveis, manancial este que abastece o Estado do Rio de Janeiro, onde num futuro bem próximo o mesmo (Rio Paraíba do Sul) entrará em colapso, em função da crescente demanda de água neste Estado.

A Política Nacional de Recursos Hídricos preconiza que “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico” (BRASIL, 1997). O valor da água está vinculado ao equilíbrio entre demanda e oferta, quanto maior a escassez da água de determinado local, maior será seu preço para os vários usuários (GARRIDO, 2000, p.58).

Segundo Jacobi (2010) a escassez da água potável é resultado somente da poluição e da contaminação; esses fatores acabam gerando o aumento nos custos de tratamento. Como utilizar alternativas que reduzam o consumo de água potável e seus custos, preservando os recursos hídricos?

Diante deste contexto, faz-se necessário buscar alternativas para preservação da água, de modo que esse recurso no futuro próximo não se torne escasso. Segundo May (2004) relata que uma forma de conservar a água é aproveitar água de chuva para consumo não potável; e que a viabilidade do uso da água de chuva é evidenciada pela redução da demanda de água de fornecimento pelas companhias de saneamento; conseqüentemente diminuição dos custos com água potável e redução dos riscos de enchentes em casos de chuvas torrenciais.

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis; no Instituto Educacional Paulo de Tarso, localizado no bairro Parque Aurora, na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ (Figura 1).



**Figura 1: Fachada do Instituto Educacional Paulo de Tarso**

Com a elaboração desse trabalho, almeja-se demonstrar os seguintes objetivos específicos:

- a) Levantar os dados de consumo de água da instituição, através das contas fornecidas pela empresa concessionária de água (Águas do Paraíba);
- b) Identificar o nível de precipitação pluviométrica na região;
- c) Estimar o volume ideal do reservatório e componentes do sistema de captação de água de chuva;
- d) Apresentar os resultados da viabilidade econômica através de indicadores de investimentos.

A pesquisa vem buscar adoção de soluções para a questão do desenvolvimento sustentável. Disseminando hábitos locais de sustentabilidade, orientando a sustentabilidade global (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 13).

No Brasil existem poucos estudos relacionados exclusivamente à implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em instituições de ensino (MARINOSKI, 2007), por este motivo foi escolhido uma escola como objeto de pesquisa. Foram visitadas cinco escolas particulares para propor a pesquisa de análise de viabilidade econômica, porém apenas a instituição supracitada aceitou o desenvolvimento da pesquisa.

O desenvolvimento sustentável visa satisfazer as necessidades das gerações atuais, garantindo também as necessidades das gerações futuras (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 3). A importância do desenvolvimento sustentável tornou-se inadiável e exige nova atitude do ser humano com relação ao mundo, o aproveitamento da água de chuva nas cidades proporciona melhor qualidade ambiental e de vida.

Para Paiva; Cambeiro; Soares (2009) “atualmente uma das maiores preocupações mundiais é escassez de água potável na natureza; sendo assim, o edifício estará preparado para o futuro incerto da natureza”.

## MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Silva e Menezes (2001), do ponto de vista de sua natureza a pesquisa é classificada como aplicada, pois objetiva a geração de conhecimentos para solucionar problemas específicos. Referente à abordagem do problema a pesquisa classifica-se como quantitativa, pois tem a finalidade de minimizar o consumo de água da concessionária regional.

Segundo Gil (2008), do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa é descritiva, pois objetiva descrever a relação entre variáveis, envolvendo a realização de coleta de dados, através de levantamento de consumo de água e precipitação pluviométrica.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos de acordo com Gil (2008), a pesquisa é classificada em: pesquisa bibliográfica, levantamento e estudo de caso. Pesquisa Bibliográfica devido ao embasamento do material disponível em artigos da comunidade científica, livros e normas aplicáveis ao assunto tratado. Levantamento em função da obtenção de parâmetros de consumo de água da instituição e médias mensais de chuva. Estudo de caso, pois tem como principal tendência o esclarecimento da tomada de um conjunto de decisões, sua implementação e os resultados alcançados (YIN 2001 *apud* MIGUEL 2007; p.219).

Miguel (2007) apresenta as etapas detalhadas de conduzir o estudo de caso, onde consiste em: definição de uma estrutura conceitual-teórica, planejamento do caso, condução de um teste piloto, coleta dos dados, análise dos dados e geração do relatório da pesquisa.

A definição da estrutura conceitual-teórica foi realizada, através de um mapeamento das fontes bibliográficas e artigos publicados na comunidade científica sobre o tema pesquisado. Quanto ao planejamento do caso foi selecionado o aproveitamento da água de chuva para fins não-potáveis, em uma instituição de ensino. Referente à condução da simulação de um teste piloto foi elaborada uma planilha para alimentar os dados do formulário da pesquisa; a coleta e análise dos dados ocorreram conforme detalhado no procedimento metodológico e a geração do relatório foram os resultados e as conclusões apresentadas.

A pesquisa foi iniciada com a leitura e revisão da bibliografia. Na sequência foram levantados os pontos de consumo de água. Foram elaborados formulários para registrar o levantamento dos dados de consumo de água e precipitação pluviométrica.

## PROCEDIMENTO

Foi realizado o levantamento dos pontos de consumo de água. Para o preenchimento dos formulários de consumo de água foi solicitada a instituição, as contas mensais de água desde o funcionamento da escola; que compreende entre os anos de 2006 a 2009. Para o preenchimento da planilha de precipitação pluviométrica, foram consultadas as informações das precipitações mensais compreendidas entre o mês de janeiro de 1976 a julho de 2010; do posto climatológico do campus.

O dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva foi iniciado, após o levantamento do consumo de água, precipitação pluviométrica e determinação da área do telhado. Foi adotado o percentual de usos finais de água encontrado nas escolas de tipologia EMEF, determinado pela metodologia de Ywashima (2005).

Concluindo o dimensionamento e o levantamento das modificações nas instalações, foi realizada a lista de materiais, assim como a composição dos custos unitários de cada item na lista de materiais e o custo da mão de obra para a execução dos serviços de construção.

Em seguida foi iniciada a elaboração dos fluxos de caixas para as alternativas analisadas com um horizonte de planejamento de vinte e cinco anos. Para a taxa mínima de atratividade foi considerada a média dos valores acumulados da caderneta de poupança entre os anos de 2000 a 2009; após essa fase foi realizada a análise de viabilidade econômica através dos métodos de: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), tempo de recuperação do capital investido “*payback time*” simples (PBS) e descontado (PBD). Para o cálculo destas taxas foi empregado o software Excel, do pacote Microsoft Office 2007.

A população a ser investigada foi determinada pela precipitação pluviométrica na região e o consumo de água da instituição, durante o período estabelecido no procedimento metodológico. A amostra foi determinada por técnica não-probabilística intencional, onde as amostras escolhidas representam o bom julgamento do universo da pesquisa (SILVA; MENEZES, 2001).

Para analisar os dados do consumo de água e precipitação pluviométrica foram consideradas as médias mensais no período proposto; e os mesmos apresentados em forma de gráficos. Para o dimensionamento do consumo de água do sistema de aproveitamento de água pluvial; foi adotado o percentual de utilização de água em usos não-potáveis multiplicado pela média mensal de consumo de cada mês.

Para efeito de cálculo de viabilidade econômica foi considerada, a tarifa de consumo de água fornecida pela concessionária local no ano da pesquisa, sem levar em consideração a tendência de aumento anual das taxas, durante o horizonte de planejamento.

Não estão sendo considerados os critérios econômicos de valoração da água para o cálculo de viabilidade econômica. Para determinação do volume do reservatório foi considerado apenas o método de RIPPL, que considera o valor extremo do volume do reservatório.

## APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Em algumas regiões do mundo, a única forma de se ter acesso à água é através do aproveitamento da água de chuva. Em outras, adota-se esta prática como forma de preservar os mananciais superficiais e as águas subterrâneas (KOBIYAMA; CHECCHIA; SILVA, 2010).

Diante do contexto atual de degradação dos recursos hídricos e aos problemas de escassez de água que se tornam mais grave a cada dia; o aproveitamento da água de chuva surge como alternativa simples e economicamente atrativa de aquisição e provisão de água (FERREIRA, 2005).

Fernandes; Medeiros Neto e Mattos (2007) concluíram que a captação da água de chuva não é apenas viável economicamente; mas retorna benefícios sociais como a minimização das enchentes e inundações, além de racionalizar o uso da água potável.

Fendrich (2002) descreve a vasta utilização da água de chuva no Japão, para o consumo não potável nas residências unifamiliares, banheiros públicos, centros comunitários de atendimento a emergências, postos de combustíveis, condomínios multifamiliares, grandes edifícios comerciais e públicos, indústrias e corporações, ginásios esportivos e nas escolas.

### DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

De acordo com a NBR 15527 para o dimensionamento do volume de reservatório, dentre os fatores levados em consideração destaca-se o coeficiente de *runoff* da cobertura e a eficiência do sistema de descarte do escoamento superficial (ABNT, 2007). Tomaz (2005) recomenda que se utilize o valor do coeficiente de *runoff* igual a 80%. O quadro 1 mostra como será calculado o reservatório.

**Quadro 1: Cálculo do Dimensionamento da Cisterna**

Meses	Precipitação média mensal	Área de Captação	Volume de chuva aproveitável no Mês	Demanda Mensal Não-Potável	Volume de chuva Acumulada	Demanda Acumulada	Diferença entre Volume de chuva Acumulada e Demanda Acumulada
	Mm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Maio							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							

Onde:

**Coluna 1** – é o período de tempo;

**Coluna 2** – Média mensal de chuva;

**Coluna 3** – área de captação de água de chuva;

**Coluna 4** - volume de chuva mensal, obtido pela multiplicação da coluna 2 pela coluna 3 e pelo coeficiente de *runoff* 0,80 e dividido por 1000;

**Coluna 5** - demanda mensal não-potável;

**Coluna 6** - volume de água de chuva acumulado. Em dezembro teremos o volume máximo;

**Coluna 7** - demanda mensal acumulada em metros cúbicos sendo que em dezembro teremos o máximo de demanda anual, e que deverá ser menor ou igual ao máximo de chuva anual;

**Coluna 8** - é a diferença da coluna 6 referente ao volume de água de chuva acumulada com a coluna 7 que se refere a demanda acumulada.

O Volume do reservatório consiste na subtração do maior valor pelo menor na Coluna 8.

## ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para Cassaroto Filho e Kopittke (2000, p.104) “a engenharia econômica objetiva a análise econômica de decisões sobre investimentos”. O projeto de viabilidade é uma ferramenta que objetiva simular os resultados futuros de um investimento atual, em um determinado empreendimento econômico (NASSER; LIMA; VIDAL, 2009).

De acordo com Cassaroto Filho e Kopittke (2000) para a análise de investimentos deve haver mais de uma alternativa a serem verificadas. A concepção do projeto foi feita considerando duas alternativas previstas neste trabalho, investimentos do sistema de captação de água de chuva (Alternativa 1) e permanência do projeto atual de utilização de água potável, porém o valor do investimento do sistema de aproveitamento de água de chuva seria aplicado na caderneta de poupança (Alternativa 2).

Um dos critérios adotados normalmente para a determinação da melhor alternativa na engenharia é de utilizar o dinheiro de maneira economicamente eficiente. (NEWNAM; LAVELLE, 1998, p.11). Portanto este foi o critério adotado nesta pesquisa, pois se busca a sustentabilidade e conseqüentemente a preservação dos recursos naturais.

De acordo com Souza e Clemente (2004) a análise de projetos de investimentos subdivide-se em dois grandes grupos: indicadores de rentabilidade e de risco. Maiores os riscos no investimento causam aumento no retorno desejado.

Relacionados à rentabilidade do projeto estão: o VPL, a TIR e os relacionados ao risco do projeto estão: TIR e o período de recuperação do investimento “*payback time*” (SOUZA; CLEMENTE, 2004, p.70).

## TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

É a taxa de juros que é determinada no investimento sendo equivalente a rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco (CASSAROTO FILHO; KOPITTKKE, 2000, p.108).

Schroeder *et al* (2005) conclui que para uma eficaz tomada de decisão na análise de projetos de investimento torna-se fundamental selecionar a TMA apropriada; e que a importância da TMA atua como o elo de ligação entre a decisão de investir e a de financiamento.

De acordo com Cassaroto Filho (2002) no Brasil a TMA para as pessoas físicas deve ser igual à rentabilidade da caderneta de poupança. Como a instituição, que está sendo pesquisado, não possui meta estratégica de crescimento foi adotada a média dos índices da caderneta de poupança acumulados entre os anos de 2000 a 2009, conforme mostrado na tabela 1, que foi de 8,5 %.

**Tabela 1: Índices Acumulados da Caderneta de Poupança**

Ano	Acumulado (%)
2000	8,3926
2001	8,594
2002	9,1432
2003	11,103
2004	8,0984
2005	9,1758
2006	8,3312
2007	7,702
2008	7,9036
2009	6,9203



## VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Método utilizado quando se quer comparar alternativas mutuamente excludentes, ou seja, em que a escolha de uma alternativa impede a escolha de outra trazendo suas consequências para a data zero (NEWNAM; LAVELLE, 1998). Para Souza e Clemente (2004) “o método do VPL, com certeza é a técnica robusta de análise de investimento mais conhecida e mais utilizada”.

Segundo Cassaroto Filho e Kopittke (2000) o método do VPL na prática é utilizado para análise de investimentos isolada; concentrando todos os valores esperados de um fluxo de caixa (receitas e custos) na data zero. O cálculo do VPL foi obtido utilizando a função SOMA e VPL do Software Excel conforme tabelas 2 e 3:

**Tabela 2: Cálculo do VPL**

Argumento da função	Condição
Taxa	8,5%
Valor1	F5:F29

Onde:

Taxa = corresponde a taxa mínima de atratividade;

Valor1 = corresponde ao intervalo de células do período 1 ao final do investimento;

**Tabela 3: Cálculo de SOMA**

Argumento da função	Condição
Núm1	(VPL;F4)

Onde:

Núm1 = representa a soma do VP com o investimento;

Utilizando o Software EXCEL, o valor obtido da função SOMA corresponde ao VPL do projeto. Para o VPL a regra que indica que o projeto merece continuar em análise é ser maior do que zero (SOUZA; CLEMENTE, 2004).

## TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Segundo Souza e Clemente (2004) a taxa interna de retorno (TIR) é a taxa que anula o VPL de um fluxo de caixa. A TIR é vista também como uma estimativa do limite superior de rentabilidade do projeto.

De acordo com NEWNAM e LAVELLE (1998) “define-se a taxa interna de retorno como a taxa de juro pago sobre saldo devedor de um empréstimo, de tal modo que o esquema de pagamento reduza a zero esse saldo quando se faz o pagamento final”. O cálculo da TIR foi obtido utilizando a função TIR do Software Excel conforme tabela 4:

**Tabela 4: Cálculo da TIR**

Argumento da função	Condição
Valores	F4:F29

Onde:

Valores = correspondem ao intervalo de células do período inicial ao final do investimento;

Utilizando o Software EXCEL, o valor obtido da função TIR corresponde a TIR do projeto. Para Cassaroto Filho e Kopittke (2000) os investimentos são rentáveis quando a TIR é maior que a TMA; quando houver essa relação a alternativa é passível de análise.

## PERÍODO DE RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO (*PAYBACK TIME*)

De acordo com Cassaroto Filho e Kopittke (2000, p.122) “o *payback time* mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial”. Segundo Souza e Clemente (2004) à medida que o *payback* se aproxima do final do horizonte de planejamento aumenta-se o risco do projeto.

Este método é aplicado de duas formas: *payback* simples (PBS) e *payback* descontado (PBD). Segundo Martinelli e Batocchio (2010) a técnica de PBS consiste em somar os fluxos de caixa para cada ano, até que seja igual ao investimento inicial do projeto.

O PBD é similar ao PBS, porém os fluxos de caixas são descontados pela TMA do projeto (BRIGHAM, 1999 apud MARTINELLI e BATOCCHIO, 2010). De acordo Fonseca (2010) o PBD considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, trazendo os fluxos de caixa a um valor presente e em seguida calcular o tempo de recuperação.

O critério de decisão utilizado para aceitação consiste em considerar o resultado menor que o horizonte de planejamento do projeto, caso o *payback* seja maior que o período previsto o projeto é recusado (NASSER; LIMA; VIDAL, 2009).

## ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa foi realizada em uma escola do ensino fundamental, que possui atualmente 287 alunos, 15 professores e 1 funcionário. É importante ressaltar que é uma pesquisa autorizada, tendo a concordância da escola com a coleta dos dados aqui relatados.

## PONTOS DE CONSUMO

Através de visitas *in loco* foram levantados os tipos de aparelhos sanitários existentes e a localização dos mesmos; conforme mostrado no quadro 2.

**Quadro 2: Pontos de Consumo na Instituição**

Nº. amb	Ambiente	Local	Aparelho Sanitário	Quant.
01	BANHEIRO – masculino	1º andar	Lavatório	1
			Bacia Sanitária com Caixa	1
02	BANHEIRO – feminino	1º andar	Lavatório	1
			Bacia Sanitária com Caixa	1
03	BANHEIRO – masculino	Térreo	Lavatório	1
			Bacia Sanitária com Caixa	1
04	BANHEIRO – feminino	Térreo	Lavatório	1
			Bacia Sanitária com Caixa	1
05	BANHEIRO – professores	Térreo	Lavatório	2
		Térreo	Bacia Sanitária com Válvula	2
06	PÁTIO	Térreo	Torneira de Lavagem	1
		Térreo	Bebedouro Elétrico	1
07	CORREDOR	1º andar	Bebedouro Elétrico	1
08	ÁREA DE SERVIÇO	Térreo	Tanque	1
09	COZINHA	Térreo	Torneira de Lavagem	1



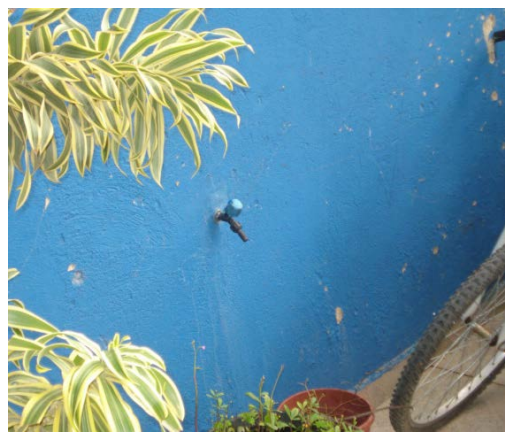
As torneiras de lavagem, dos lavatórios e da cozinha são de acionamento manual. Os vasos sanitários dos alunos possuem caixa de descarga, os dos professores e da administração possuem válvula. A torneira de lavagem do pátio é utilizada pela funcionária de serviços gerais, para a limpeza do prédio. Os dois bebedouros elétricos estão localizados, sendo um no pátio e o outro no corredor do 1º andar. As fotos dos aparelhos sanitários do banheiro dos professores, banheiro masculino e torneira de lavagem do prédio da instituição, estão mostrados nas Figuras 2 a 4.



**Figura 2: Vaso Sanitário com caixa do Banheiro Masculino(Térreo)**



**Figura 3: Vaso Sanitário com válvula do Banheiro dos Professores (Térreo)**



**Figura 4: Torneira de Lavagem (Térreo)**

## CONSUMO DE ÁGUA

Em função do não arquivamento dos registros de água da instituição no período do proposto na metodologia da pesquisa, para este estudo foram considerados apenas o consumo dos últimos 12 meses conforme mostrado na figura 5, e adotou-se o percentual de utilização de água não-potável encontrado na pesquisa de Ywashima (2005) em escolas de tipologia EMEF, que foi de 83%.

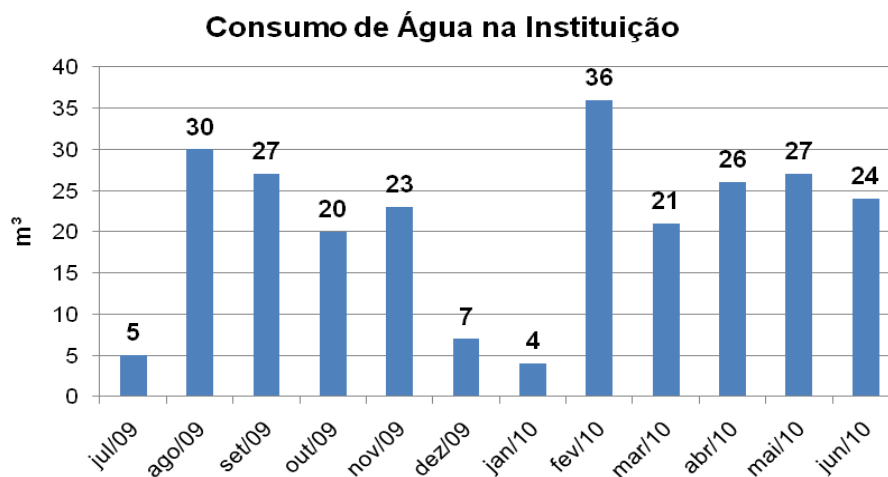


Figura 5: Consumo de Água dos últimos 12 meses

### PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

O índice pluviométrico utilizado neste estudo de caso foi originado no campus Dr. Leonel Miranda na UFRRJ (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro). O período de análise do histórico de precipitação foi de janeiro de 1976 a julho de 2010 e a Figura 6 mostra o comportamento da média mensal de precipitação no período citado.

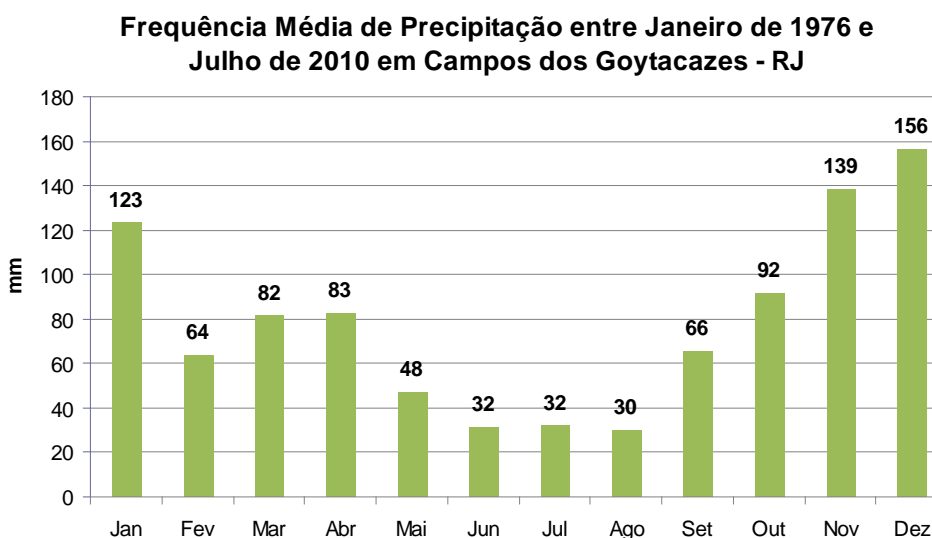


Figura 6: Frequência Média de Precipitação Pluviométrica

### ÁREA DO TELHADO

Conforme planta de situação extraída da restituição cartográfica do município de Campos dos Goytacazes (figura 7), a área do telhado da instituição pesquisada equivale a 286 m².

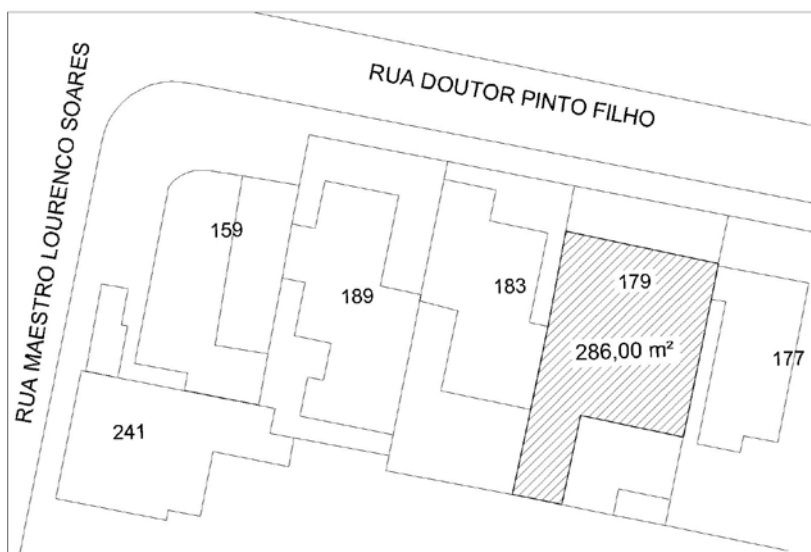


Figura 7: Restituição Cartográfica do Município de Campos dos Goytacazes

### DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Em virtude dos acúmulos de água no telhado que provocavam infiltrações, a escola em seu segundo ano de funcionamento instalou condutores horizontais e verticais. Portanto não será necessária a instalação de calhas, entretanto verificou se as calhas atendiam aos requisitos da norma NBR 10844. Para o cálculo da vazão utilizou-se a equação 1, para o dimensionamento das calhas foi adotado o quadro 3.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de captação, em m².

Adotando a intensidade pluviométrica igual 132 mm/h (ABNT, 1989, p.11) e área de captação igual a 286 m², foi encontrada a vazão de 629,2 L/min. Como a calha existente é de plástico utilizou-se o coeficiente de rugosidade (n) igual a 0,011. A vazão calculada não possui na norma, adotou-se o valor acima que foi de 757 L/min. Para o cálculo da calha encontrou-se o diâmetro interno de 150 mm e inclinação de 2%.

**Quadro 3: Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade n = 0,011 (Vazão em L/min)**

Diâmetro Interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Portanto como nos anos de funcionamento da instituição, as calhas e condutores verticais e horizontais não apresentaram problemas de acúmulo de água, os mesmos instalados serão reaproveitados.

De acordo com Garcez (1960) *apud* Tomaz (2009) o cálculo do reservatório ocorre somente quando o somatório das demandas mensais for menor ou igual ao somatório do volume de chuva aproveitável nos meses, a condição do quadro 5 atende ao recomendado.

**Quadro 4: Dimensionamento do Reservatório**

Meses	Precipitação média mensal	Área de Captação	Volume de chuva aproveitável no Mês	Demanda Mensal Não-Potável	Volume de chuva acumulado	Demanda Acumulada	Diferença entre Volume de chuva Acumulada e Demanda Acumulada
	mm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Janeiro	123	286	28	4	28	4	24
Fevereiro	64	286	15	30	43	34	9
Março	82	286	19	17	62	51	10
Abril	83	286	19	22	81	73	8
Maio	48	286	11	22	92	95	0
Junho	32	286	7	20	99	115	0
Julho	32	286	7	4	106	119	0
Agosto	30	286	7	25	113	144	0
Setembro	66	286	15	22	128	167	0
Outubro	92	286	21	17	149	183	0
Novembro	139	286	32	19	181	202	0
Dezembro	156	286	36	6	217	208	8

A figura 8 apresenta o volume do reservatório encontrado que foi igual a 24 m<sup>3</sup>, onde consistiu na subtração do maior pelo menor valor da Coluna Diferença entre Volume de chuva Acumulada e Demanda Acumulada.

**Diagrama RIPPL para demanda variável**



**Figura 8: Diagrama de RIPPL para Demanda Variável**

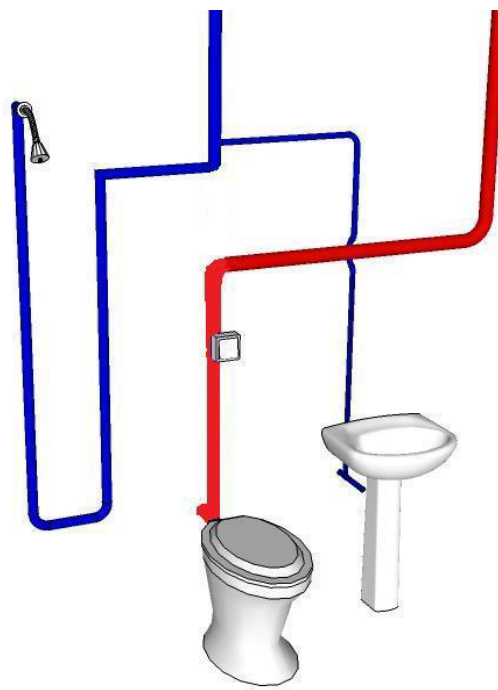
## RESULTADOS

Para a implantação do sistema de captação da água de chuva é necessário modificar as instalações prediais, ou seja, a água não potável deve ser totalmente independente daquela destinada ao uso da água potável, evitando a conexão cruzada (ABNT, 1998). As figuras: 9 e 10 apresentam respectivamente como ficarão as instalações hidráulicas antes e após a modificação.



Organização: Marcelo Melo  
Edição Gráfica: Márcio Melo

**Figura 9: Ilustração da Instalação Hidráulica do banheiro dos professores antes da modificação**



Organização: Marcelo Melo  
Edição Gráfica: Márcio Melo

**Figura 10: Ilustração da Instalação Hidráulica do banheiro dos professores após a modificação**

A viabilidade econômica do sistema foi obtida através dos indicadores de VPL, TIR, PBS e PBD. A TMA considerada para o empreendimento foi o valor médio do índice anual da caderneta de poupança dos últimos dez anos no valor de 8,5%. O período previsto para o investimento foi de vinte e cinco anos.

A análise de viabilidade econômica levou em consideração o custo de implantação do investimento, o custo de operação e manutenção e a receita oriunda da redução de consumo de água fornecida pela concessionária.

Na opção com financiamento foi considerado o critério semelhante ao adotada pelo BNDES para financiamento de obras civis destinadas, que considerou taxas de juros de 12% a.a. (ao ano), período de amortização de 96 meses e carência de 24 meses.

Os dados do fluxo de caixa da alternativa 1 estão mostrados na Tabela 5. A partir destas informações são apresentados os valores de VPL, TIR, PBS e PBD.

**Tabela 5: Fluxo de Caixa da Alternativa 1**

Anos	Investimento Inicial	Custo com Operação e Manutenção	Receita gerada pela Economia de Água	Fluxo de Caixa sem Financiamento	Fluxo de Caixa com Financiamento
0	-R\$ 15.403,57			-R\$ 15.403,57	R\$ 0,00
1		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 295,33
2		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 295,33
3		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 2.220,77
4		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 1.989,72
5		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 1.758,67
6		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 1.527,61
7		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 1.296,56
8		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 1.065,51
9		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 834,45
10		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	-R\$ 603,40
11		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
12		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
13		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
14		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
15		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
16		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
17		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
18		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
19		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
20		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
21		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
22		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
23		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
24		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
25		-R\$ 175,44	R\$ 1.728,54	R\$ 1.553,10	R\$ 1.553,10
VPL				<b>R\$ 491,15</b>	<b>-R\$ 2.053,65</b>
TIR				<b>9%</b>	<b>6%</b>
PBS				<b>9 anos e 11 meses</b>	<b>16 anos e 3 meses</b>
PBD				<b>22 anos e 8 meses</b>	<b>21 anos</b>

Os dados do fluxo de caixa da alternativa 2 estão mostrados na Tabela 6, considerando investir o mesmo valor em aplicações da caderneta de poupança. A partir destas informações são apresentados os valores de VPL, TIR, PBS e PBD.



**Tabela 6: Fluxo de Caixa da Alternativa 2**

Anos	Investimento Inicial	Custo com Fornecimento de Água	Receita gerada pela Caderneta de Poupança	Fluxo de Caixa
0	-R\$ 15.403,57			-R\$ 15.403,57
1		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
2		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
3		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
4		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
5		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
6		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
7		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
8		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
9		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
10		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
11		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
12		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
13		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
14		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
15		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
16		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
17		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
18		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
19		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
20		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
21		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
22		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
23		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
24		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
25		-R\$ 2.147,58	R\$ 2.125,00	-R\$ 22,58
VPL				<b>-R\$ 15.607,34</b>
TIR				-
PBS				<b>&gt; 25 anos</b>
PBD				<b>&gt; 25 anos</b>

## CONCLUSÕES

Esta pesquisa se propôs a analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Instituto Educacional Paulo de Tarso, na cidade de Campos dos Goytacazes. O objetivo geral do trabalho foi alcançado, pois foi analisada a viabilidade econômica, com a utilização de indicadores de engenharia econômica.

Os dados de consumo de água no período proposto na metodologia, não foram obtidos em função do não arquivamento na instituição e recusa da concessionária local em fornecer os mesmos, no entanto foram adotados os dados encontrados referentes aos últimos 12 meses. Constatou-se que a média anual de consumo de água foi de 21 m³, e que o mês de fevereiro possuiu o maior consumo de água, registrando 36 m³.

Foi identificado o nível da precipitação pluviométrica na região, onde a média anual encontrada foi de 79 mm, e a precipitação máxima média foi de 156 mm no mês de dezembro. A capacidade do reservatório foi calculada através do método RIPPL para demanda variável; onde se encontrou o volume de 24 m<sup>3</sup>.

Conclui-se que a alternativa 1 sem financiamento é viável, pois apresenta VPL igual a R\$ 491,15, TIR igual a 9%, portanto maior que a TMA, PBS e PBD menores do que o horizonte de planejamento de vinte cinco anos, sendo o PBS equivalente a 9 anos e 11 meses e o PBD equivalente a 17 anos e 8 meses.

A alternativa 1 com financiamento se mostra inviável, pois apresenta VPL negativo igual a R\$ 2.053,65, TIR igual a 6%, portanto menor que a TMA. PBS equivalente a 16 anos e 3 meses e PBD igual a 21 anos. O que gerou a inviabilidade do financiamento foi a taxa de juros de 12% do BNDES, que foi maior do que a TMA.

Para a alternativa 2 concluiu-se que o investimento é inviável, pois apresenta VPL negativo igual a R\$ 15.607,34, não foi encontrada TIR, PBS e PBD maiores do que 25 anos.

Com base nos valores utilizados nesta pesquisa a alternativa 1 que seria instalar o sistema de captação de água pluvial, com a utilização de recursos próprios é a mais atrativa, pois apresenta maior VPL e TIR, menor PBS e PBD, além de utilizar o dinheiro de maneira economicamente eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: NBR15527. Rio de Janeiro, 2007.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações Prediais de Águas Pluviais: NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalação Predial de Água Fria: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.
4. BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
5. CADERNETA de Poupança. Portal Brasil. Internet. Disponível em: <[http://www.portalbrasil.net/poupanca\\_mensal.htm](http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm)>. Acesso em 11 de mai. 2010.
6. CASSAROTO FILHO, N. Projeto de Negócios: Estratégias e Estudos de Viabilidade. 1. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002. 301 p.
7. CASSAROTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. Análise de Investimentos. 9. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2000. 458 p.
8. CREA RJ EM REVISTA. Técnicas que Lideram. Rio de Janeiro: vol 68, 2008. ISSN 1517-8021.
9. FARIA, C. Ciclo Hidrológico (ciclo da água). Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/ciclo-hidrologico-ciclo-da-agua/>>. Acesso em: 02 abr. 2010.
10. FERNANDES, D. R. M.; MEDEIROS NETO, V. B.; MATTOS, K. M. C. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. Congresso. Natal: UFRN, 2007.
11. FERREIRA, D. F. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC. 2005. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
12. FENDRICH, R. Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. 2002. 499p. Tese (Doutorado) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
13. FONSECA, Y. D. BRUNI, A. L. Técnicas de Avaliação de Investimentos: uma Breve Revisão da Literatura. Disponível em: <[http://www.desenharia.ba.gov.br/recursos/news/video/%7B1FB86F7F-2888-482A-B9AA-D9525E1AF7A2%7D\\_Artigo\\_05.pdf](http://www.desenharia.ba.gov.br/recursos/news/video/%7B1FB86F7F-2888-482A-B9AA-D9525E1AF7A2%7D_Artigo_05.pdf)>. Acesso em 30 set. 2010.
14. GARRIDO, R. In: Considerações sobre a Formação de Preços para a Cobrança pelo Uso da Água no Brasil. THAME, A. C. M. (Org.). A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA. 1. ed. São Paulo: IQUAL, 2000. 254 p. ISBN 85-8754-02-X. p.58.
15. GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 175p.
16. JACOBI, P. A água na Terra está se esgotando? É verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água? Disponível em: <<http://www.geologo.com.br/aguahisteria.asp>>. Acesso em: 02 abr. 2010.

17. KOBAYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V. Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2010. 110 p.
18. MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins Não-Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – Sc. 2007. 107p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
19. MARTINELLI, C. S.; BATOCCHIO, A. Análise Financeira como Estratégia de Investimentos. Campinas: Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Mecânica, 2010.
20. MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2004.
21. MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Revista Produção, v. 17, n.1, p. 216-229, Jan. / Abr. 2007.
22. MONTES, M. P. Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIAL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, n.3, p. 39-57. 2008.
23. NASSER, A. M.; LIMA, A. L. R.; VIDAL, H. C. S. Projeto de viabilidade econômico-financeira utilizando a simulação de monte carlo: o Caso de uma agroindústria produtora de iogurte orgânico situada no centro oeste de Minas Gerais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. Congresso. Lavras e Arcos: UFLA e PUC MINAS, 2009.
24. NEWNAN, D. G.; LAVALLE, J. P. Fundamentos de Engenharia Econômica. Tradução Alfredo Alves de Farias. 1. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1998. 359 p.
25. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos da Água. São Paulo, 10 mar. 2010. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta\\_direitos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_direitos.asp)
26. PAIVA, M. B.; CAMBEIRO, A. S. R.; SOARES, C. A. P. Critérios de sustentabilidade no projeto de arquitetura. In: ENSINO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: DESAFIO, TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS, 16, 2009, Botucatu. Simpósio. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2009.
27. PINHEL, A.S. et al. Projeto de aproveitamento água de chuva em escolas – A2C. In: CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6, 2007, Belo Horizonte. Simpósio. Belo Horizonte: Águas de Chuva: Pesquisas, Políticas e Desenvolvimento Sustentável, 2007. p. 1.
28. REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável. 1.ed. Barueri: Manole, 2005.
29. SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 3.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.