

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA NO CENSA – CAMPOS, RJ

Jorge Cláudio Azevedo Sales

Graduando em Engenharia de Produção pelo Isecensa - RJ

Tiago Vieira Callegari

Graduando em Engenharia de Produção pelo Isecensa – RJ

Elias Lira dos Santos Junior

Mestre em Engenharia

Engenharia de Produção Isecensa – RJ

RESUMO

A busca de fontes alternativas de fornecimento de água para consumo humano se intensifica, não só no Brasil como no mundo, a cada ano, e o aproveitamento da água de chuva é uma das técnicas de reúso da água mais antigas que se conhece. No Brasil, o aproveitamento da água de chuva é utilizado em algumas cidades do nordeste como fonte de suprimento de água, outras tantas, no sul e sudeste, já homologaram leis que obrigam a captação da água de chuva nos centros urbanos como medida de prevenção de enchentes. O presente trabalho demonstrará a viabilidade econômica e ambiental da captação e aproveitamento da água de chuva realizado através de um estudo de caso no Colégio Nossa Senhora Auxiliadora, em Campos, RJ. Foram adotadas premissas de consumo de água potável e não potável, em cada premissa as alternativas de implantação do sistema através de recursos próprios e através de financiamento. Na premissa do consumo de água potável foi considerado o tratamento da água com hipoclorito de sódio e radiação ultravioleta e para consumo não potável apenas a desinfecção com hipoclorito de sódio. Os dois sistemas não foram sustentáveis economicamente, num período de 20 anos, contudo, no aspecto ambiental um ganho a ser considerado no local é a cessão dos alagamentos ocorridos nos períodos de chuvas torrenciais, e numa visão macro, os efeitos para a sociedade da economia no fornecimento do sistema público possibilitando ampliar o rol de pessoas assistidas pela concessionária sem a necessidade de ampliação do sistema atual.

Palavras chave: água, chuva, potável e não-potável.

ABSTRACT

The search of alternative sources of supply of water for human consumption intensifies, not only in Brazil as in the world, every year, and the use of the rain water is one of the techniques of reuse of the oldest water than it is known. In Brazil, the use of the rain water is used in some cities of the northeast as source of supply of water, other so many, in the south and southeast, they already ratified laws that force the reception of the rain water in the urban centers as measure of prevention of inundations. The present work will demonstrate the economical and environmental viability of the reception and use of the rain water accomplished through a case study in Our School Mrs. Auxiliadora, in Campos, RJ. Premises of consumption of drinking water were adopted and no drinkable, in each premise the alternatives of implantation of the system through own resources and through financing. In the premise of the consumption of drinking water the treatment of the water was considered with hypochlorite of sodium and ultraviolet radiation and for consumption no drinkable just the disinfection with hypochlorite of sodium. The two systems were not maintainable economically, in a period of 20 years, however, in the environmental aspect an earnings the being considered at the place is the cession of the floodings happened in the periods of torrential rains, and in a vision macro, the effects for the society of the economy in the supply of the public system making possible to enlarge the people's list attended by the dealership without the need of enlargement of the current system.

keywords: water, rain, drinkable and no-drinkable.

INTRODUÇÃO

Relatos sobre o início da espécie humana citam que a água era utilizada somente para atender suas necessidades fisiológicas, porém, a espécie foi se multiplicando significativamente, gerando novas formas de utilização para a água e conseqüentemente, aumentando seu consumo e deteriorando sua qualidade.

Segundo Jacobi (2008), a escassez da água potável é decorrência somente da poluição e da contaminação, pois o volume de água no mundo continua praticamente inalterado a centenas de milhões de anos. Estes dois fatores acabam provocam o aumento nos custos de tratamento, tornando desta forma, prioritário o abastecimento para consumo humano.

Para Villiers (2002, apud May, 2004) a disponibilidade per capita de água potável de boa qualidade está diminuindo em todos os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Apesar do Brasil possuir a maior reserva mundial de água doce, aproximadamente 12%, sua localização não está distribuída uniformemente com a população, sendo mais abundante na região Norte com 68%, mas que concentra 7,58% da população, na região Nordeste 3%, com população de 28,12% e na região Sudeste 6%, para 42,62% da população.

Em paralelo ao problema da escassez, o crescimento cada vez maior dos centros urbanos tem trazido transtornos para empresas e população durante os períodos de chuvas torrenciais, que periodicamente caem sobre as cidades. O sistema de drenagem urbana pluvial está intimamente ligado ao modo como o homem usa e ocupa o solo e apenas ações de governo não são suficientes para corrigir esses efeitos. Então, o problema de drenagem deve ser vista dentro de um enfoque global, reconhecendo a complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade (O2 ENGENHARIA, 2008b).

As preocupações com a água, associado a outros problemas de gestão ambiental no mundo despertam, hoje, o interesse público e a atuação de profissionais das mais diversas formações, como advogados, médicos, profissionais da saúde, administradores, biólogos, meteorologistas, jornalistas, economistas, professores, estatísticos, geógrafos, geólogos, químicos, e engenheiros das mais diversas especialidades, esta equipe multidisciplinar é responsável pela realização de estudos, projetos, obras e outros trabalhos ligados à gestão ambiental no âmbito de suas especialidades.

No âmbito corporativo, organizações governamentais e não-governamentais atuam para estabelecerem condições para atuação das empresas em todo o mundo, dentro de um projeto de desenvolvimento sustentável. Estas condições acabam criando um referencial para o posicionamento das empresas dentro do mercado, isto estimula que as empresas adotem medidas ambientais que favoreçam uma melhor percepção de sua atuação pela sociedade, e isso implica em uma maior interação com a comunidade em que está inserida (O2 ENGENHARIA, 2008a).

Dentre as ações de gestão ambiental adotadas, a utilização da água de chuva, para fins não potáveis, tem sido impulsionado em todo o mundo em razão da crescente dificuldade de atendimento a uma demanda cada vez maior de água para o abastecimento público e da escassez cada vez maior de mananciais próximos ou de qualidade adequada para o abastecimento, após o tratamento convencional da água.

A captação de águas de chuva em sistemas individuais de abastecimento de água tem sido uma prática usual há milênios. Segundo Tomaz (2003 apud May, 2004) existem reservatórios escavados há 3.600 a.C. e a Pedra Moabita, uma das inscrições mais antigas do mundo, encontrada no Oriente Médio e datada de 850 a.C., onde o rei Meshu dos Moabitas sugere que as casas tenham captação de água de chuva. Em sistemas públicos essa técnica também vem sendo aplicada em comunidades pequenas.

Atualmente, com o surgimento de leis que tratam da captação de água da chuva para a contenção de cheias em várias cidades do Brasil, os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva tem difundido rapidamente e os exemplos estão aumentando significativamente. A captação da água de chuvas no nordeste brasileiro é de grande importância para a maioria dos técnicos envolvidos com problemas relativos ao suprimento de água potável ao homem, aos animais e à produção de alimentos na região. Nos anos em que a precipitação é considerada irregular, nos períodos de estiagem, as chuvas embora variáveis no tempo e no espaço, caem suficientemente para suprir as demandas ao longo do ano, caso sejam armazenadas (PEREIRA, 1983 apud CARLON 2005).

A cidade de São Paulo e o estado do Rio de Janeiro possuem leis que obrigam que construções novas, acima de 500 m² de área impermeável, estabeleçam estrutura de captação e contenção de água de chuva, sendo que na cidade de São Paulo a obrigatoriedade foi estendida para as reformas, cujas áreas impermeabilizadas atinjam 100 m². Está em fase de conclusão na Câmara de Deputados o Projeto de Lei 1069/07, que cria regras sobre a contenção de água de chuva em áreas urbanas, de acordo com a proposta, todos os projetos de edificação em lotes urbanos, localizados em municípios com mais de 100 mil habitantes, terão de conter mecanismos de controle de enchentes e de contenção de águas pluviais. O controle, também, será obrigatório nas reformas de edificações existentes.

Na Argentina, na década de 60, Obras Sanitárias da Nação executou três sistemas de abastecimento nas cidades de Corzuela, Avia Terai e Campo Largo. Pouco antes dessa época o autor havia projetado um pequeno sistema para um bairro da cidade de Santos, onde faltava água. No Brasil, a instalação mais antiga foi construída pelos norte-americanos na Ilha de Fernando de Noronha, em 1943 (AZEVEDO NETTO, 1991 apud CARLON, 2005).

Em São Paulo, na garagem da Viação Santa Brígida, que abriga mais de 500 ônibus, na Vila Jaguara, toda água de chuva que cai sobre os 9 mil metros quadrados de área coberta é captada por canaletas e direcionada para uma rede de piscinões subterrâneos, com capacidade para 150 mil litros cada um. Depois, é aproveitada para lavagem de pisos, peças e veículos - sem receber nenhum tratamento. O consumo diário de água é de 280 mil litros/dia só para a limpeza da frota. Durante a estação de chuvas, a demanda é suprida quase completamente pela natureza. Além disso, toda a água usada no processo industrial que escorre para o chão é capturada por uma rede de ralos que termina em uma pequena estação de tratamento. A água chega cheia de óleo e graxa e volta transparente, pronta para novo uso (CARLON, 2005).

Também em São Paulo está a Escola Viva, localizada na Vila Olímpia, zona sul da capital e que atende crianças da Educação Infantil ao Ensino Fundamental. Desde 2000, esta instituição colocou em prática os princípios ambientais que ensina aos alunos e inaugurou o primeiro prédio ecológico do Brasil. Situado no Itaim, o edifício foi construído de maneira que os recursos naturais fossem aproveitados sem causar impacto ambiental. Um dos pontos do projeto da escola é o telhado com um grande coletor de água da chuva, que é armazenada (KERR, 2003 apud CARLON, 2005). A água de chuva, depois de passar por um pequeno tratamento é usada nas descargas dos banheiros, na lavagem do pátio e para regar o jardim (CAMPANILI, 2003 apud CARLON, 2005). A obra foi destaque nacional, conquistou o Prêmio Máster Imobiliária de 2001 e foi desenvolvido em processos ecológicos auto-sustentáveis (NA VERDE, 2003 apud CARLON, 2005).

A água é um insumo muito utilizado em atividades produtivas, de serviços e domésticas, e além de representar custos, sua escassez ou interrupção traz transtornos para estas atividades, portanto, a adoção de técnicas de utilização deste recurso natural disponível é visto como oportunidade de redução de custo e garantia de continuidade para estas atividades.

A crescente urbanização da cidade de Campos dos Goytacazes, como outras cidades que enfrentam o mesmo crescimento, tem sofrido grandes problemas de ordem social e econômica durante os períodos de chuvas, pois as obras de infra-estrutura na maioria das vezes são incapazes de acompanhar este crescimento, que provoca a saturação da rede de drenagem e

assim contribuindo para sucessivos alagamentos nos logradouros e conseqüente transtorno para a população, indústria e comércio.

Diante disso, este trabalho propõe verificar a viabilidade da utilização da água de chuva no Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora, em Campos dos Goytacazes, considerando as alternativas para aproveitamento como água potável e não potável e as opções de implantação do sistema através de recurso próprio e de financiamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

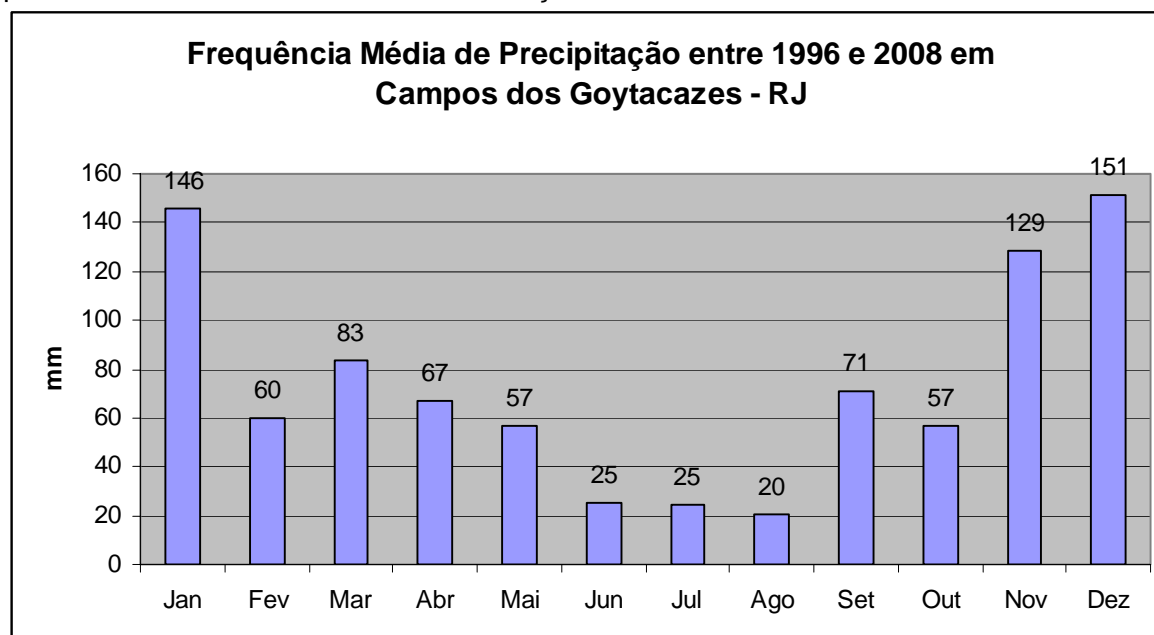
Precipitação atmosférica

O índice pluviométrico utilizado neste estudo de caso foi originado na Estação Meteorológica da Pesagro em Campos dos Goytacazes. O período de abrangência do histórico de precipitação foi de setembro de 1996 a março de 2008.

Para facilitar a análise dos dados, todos os arquivos foram organizados em planilha eletrônica, formando uma base de dados única, de onde foram extraídos os dados para uma tabela resumo com as médias mensais. As médias mensais foram utilizadas no cálculo de dimensionamento da cisterna e a precipitação mensal máxima utilizada no dimensionamento do tubo condutor horizontal.

No período compreendido pelo monitoramento da precipitação pluviométrica a média anual de chuva foi de 830 mm, a precipitação máxima em um único mês foi verificada em janeiro de 2007 com 430 mm.

A Figura 2 mostra o comportamento da média mensal de precipitação no período compreendido entre setembro de 1996 e março de 2008.



Fonte: Estação Meteorológica da Pesagro em Campos dos Goytacazes, RJ.

Figura 2 – Médias mensais de chuva em Campos dos Goytacazes de 1996 a 2008.

Sistema de aproveitamento da água de chuva

A necessidade da busca de novas formas de captação de água para consumo humano, motivados pela crescente poluição dos mananciais e aumento do consumo devido ao crescimento populacional torna o aproveitamento da água de chuva uma das alternativas mais viáveis, concomitante aos problemas de poluição da água, os constantes problemas ocasionados pelas chuvas nos meios urbanos que trazem prejuízos, os mais diversos, para a população, tornam

mais atrativo este aproveitamento, pois com ele seriam minimizadas as inundações nos meios urbanos. Assim, foi idealizado um sistema de aproveitamento no complexo do Colégio Nossa Senhora Auxiliadora, instituição educacional em Campos dos Goytacazes, que congrega os níveis de educação infantil ao nível superior. A água consumida na instituição é na maior parte fornecida pela concessionária “Águas do Paraíba”, através de três pontos de fornecimento. O complexo ocupa uma área de aproximadamente 15.000 m² das quais 60% são cobertas e como vários imóveis na região sofre as conseqüências de alagamentos em suas dependências, durante as ocorrências de chuvas torrenciais.

As premissas adotadas neste trabalho prevêem o estudo da viabilidade econômica para as alternativas de consumo de água não potável que considera o consumo em bacias sanitárias, lavagem de roupas, varrição, rega e piscina, denominada Alternativa 1, e a alternativa para consumo de água potável que considera substituir totalmente o fornecimento público, denominada Alternativa 2. Em ambas alternativas será apresentada a viabilidade econômica considerado o desembolso do investimento através de recurso próprio e através de financiamento.

Para efetuar a previsão do custo direto e indireto do investimento proposto de aproveitamento da água de chuva no complexo do Colégio Auxiliadora foi feita a concepção de um projeto para que fossem definidos, com maior proximidade possível, os custos reais de sua implantação, alguns dimensionamentos foram estimados, considerando a semelhança com sistemas atualmente instalados, como exemplo, o sistema de bombeio.

A concepção do projeto para coleta, armazenamento e distribuição da água de chuva foi feita considerando as duas alternativas previstas neste trabalho, utilização sem tratamento (Alternativa 1) e utilização com tratamento (Alternativa 2).

Área de Captação

No dimensionamento da área de captação foi utilizada a planta de situação do complexo do Colégio Nossa Senhora Auxiliadora, que está localizado no quarteirão delimitado pelas ruas Salvador Correa (norte), Voluntários da Pátria (leste), Benta Pereira (sul) e Cons. José Fernandes (oeste) no bairro Centro, em Campos dos Goytacazes, RJ.

A planta de situação foi disponibilizada pelo curso de Arquitetura e Urbanismo do ISECENSA, Institutos Superiores de Ensino do Censa, instituto que ocupa parte do complexo. O arquivo original com extensão .dwg (AutoCad), em escala de 1:50, confirmada com as medições físicas das ruas laterais, foi impresso e realizadas nesta, as medições utilizadas no dimensionamento da área de captação e na concepção do projeto, com objetivo de levantar os custos fixos do investimento. No dimensionamento da área de captação foram consideradas apenas as áreas cobertas do complexo.

A Figura 3 mostra o esquema da distribuição das áreas cobertas do complexo com os valores de área das mesmas.

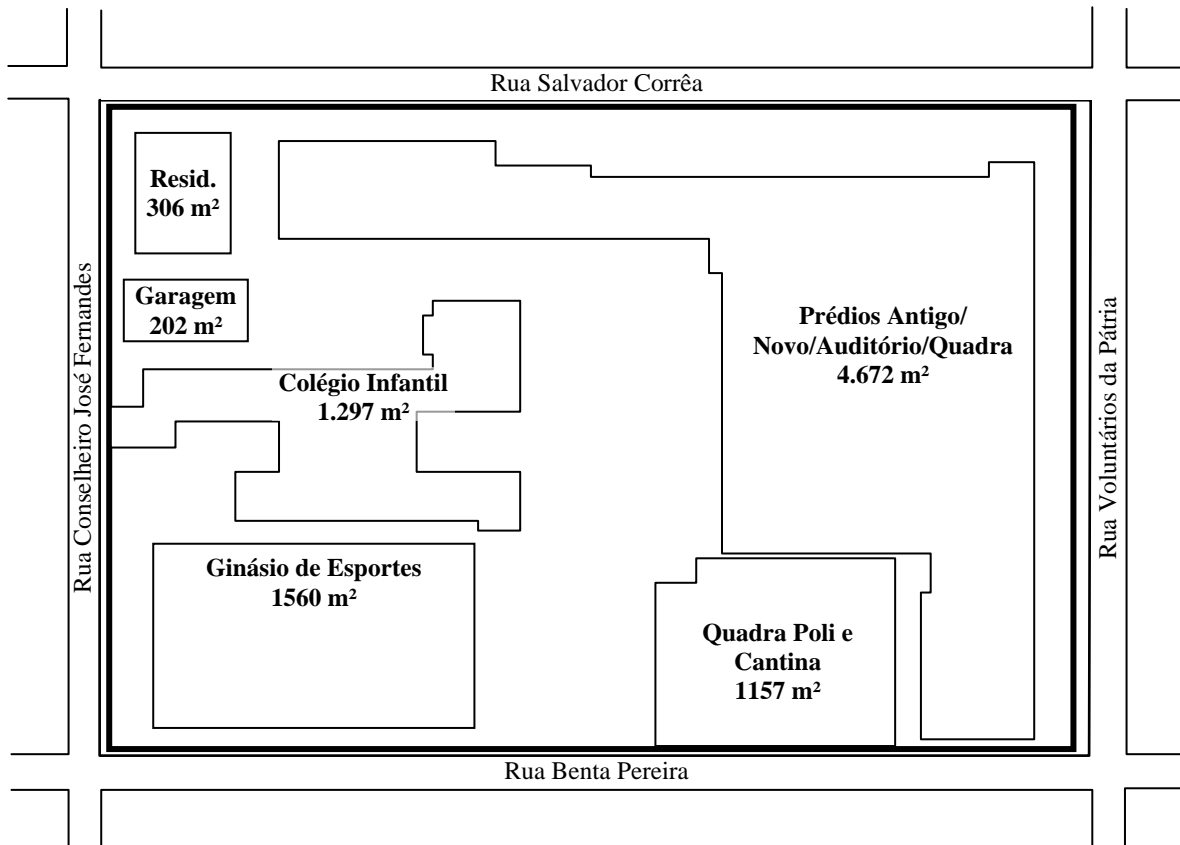


Figura 3 – Distribuição das áreas cobertas do complexo (m²).

Através de visitas no complexo foram levantados os dados de distribuição atual das calhas, necessidade de calhas, quantidade de banheiros e suas localizações, caixas d'água existentes, localização das cisternas atuais e estrutura de bombeio, informações necessárias para elaboração da concepção do projeto do sistema.

Cisternas e armazenamento

A cisterna foi projetada na menor elevação do terreno, que possui declividade no sentido da R. Salvador Correa para a Rua Conselheiro José Fernandes, entre o colégio infantil e a residência, abrangendo parte da garagem, assim, todos os condutores horizontais convergirão para aquela área. Foi prevista uma única cisterna, entretanto, com dimensão diferente em cada alternativa.

O dimensionamento da cisterna foi calculado através do método de RIPPL, uma das equações disponíveis na NBR 15257/2007, esta metodologia, utilizada por May (2004), requer as entradas das precipitações mensais em mm, de preferência médias históricas de dez ou mais anos, a área de captação em m², o coeficiente de runoff e a demanda mensal de água em m³. As saídas disponibilizadas são: volume mensal de chuva em m³, volume acumulado de chuva em m³, e o volume do reservatório que é o somatório dos valores negativos de volume de chuva menos a demanda. O dimensionamento foi feito em planilha eletrônica, assim como a verificação dos resultados.

Junto à cisterna foi prevista a instalação de uma caixa de areia, de 2000 l, para onde convergirão todos os condutores horizontais, onde será possível instalar um sistema de filtração mais fino, para preservar a limpeza da cisterna, e um extravasor para desviar o fluxo quando a cisterna estiver cheia.

Alternativa 1 - O dimensionamento da cisterna apontou uma necessidade de 111 m³ de volume total para atender a demanda presumida, entretanto este valor só é suficiente para armazenar

uma chuva contínua de aproximadamente 12 mm, considerando toda a área coberta do complexo, esta precipitação é bem abaixo dos valores observados na região, e ao considerar este valor no dimensionamento seria desconsiderado o aspecto ambiental adotado neste trabalho, que pressupõe alternativas para controlar o escoamento urbano das águas pluviais para evitar alagamentos. Então, para não ficar apenas no aspecto econômico do aproveitamento da água de chuva, será adotado aproximadamente o dobro do valor calculado, desta forma, será considerado o volume de 210 m³ (7m x 10m x 3m). A adoção desta medida torna desnecessária a verificação da conformidade dos cálculos de dimensionamento da cisterna. Esse volume é suficiente para atender a demanda presumida por 25 dias. No Quadro 5 a planilha de cálculo da cisterna.

A cisterna foi prevista subterrânea e feita em concreto armado e alvenaria, seu custo foi calculado em R\$ 24.000, utilizando planilha de cálculo da Prefeitura e de escritório de Engenharia e Arquitetura na cidade.

Quadro 5: Dimensionamento da cisterna na Alternativa 1.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Mensal	Vol. Acum.	Área de Coleta	Coef.de Runoff	Vol. de Chuva Mensal	Vol. Acum.	Volume de Chuva - Demanda	Volume do Reservatório de Água de Chuva
	Mm	m ³	m ³	m ²		m ³	m ³	m ³	m ³
Janeiro	146	84	84	9194	0,80	1073	1073	989	0
Fevereiro	60	138	222	9194	0,80	439	1512	301	0
Março	83	229	451	9194	0,80	614	2126	385	0
Abril	67	240	691	9194	0,80	490	2616	250	0
Mai	57	259	950	9194	0,80	417	3033	158	0
Junho	25	242	1192	9194	0,80	185	3218	-57	57
Julho	25	207	1399	9194	0,80	182	3399	-25	82
Agosto	20	178	1577	9194	0,80	150	3549	-28	111
Setembro	71	248	1825	9194	0,80	520	4069	272	0
Outubro	57	245	2070	9194	0,80	420	4489	175	0
Novembro	129	191	2261	9194	0,80	945	5434	754	0
Dezembro	151	193	2454	9194	0,80	1113	6547	920	0

Para o armazenamento, antes da distribuição da água, foram previstas as instalações de caixas d'água de 5000 l no prédio antigo, para atender aos seus sanitários, do Colégio Infantil, do Ginásio de Esportes e da Residência, instalação no prédio do Isecensa para atender aos sanitários deste e da área da cantina.

Alternativa 2 – O cálculo do dimensionamento da cisterna apontou uma necessidade de 705 m³ de volume total, valor que foi aproximado para 750 m³, sendo dimensionada desta forma: 10 m x 25 m x 3 m. Este volume mantém o consumo por até 45 dias sem a utilização de água pública. No Quadro 5 a planilha de cálculo da cisterna nesta alternativa.

A cisterna, também subterrânea, foi prevista em concreto armado e alvenaria, seu custo estimado em R\$ 81.000, utilizando as mesmas fontes da Alternativa 1.

Quadro 6: Dimensionamento da cisterna na Alternativa 2.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Mensal	Vol. Acum.	Área de Coleta	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal	Vol. Acum.	Volume de Chuva - Demanda	Volume do Reservatório de Água de Chuva
	Mm					m ³		m ³	
Janeiro	146	152	152	9194	0,80	1073	1073	921	0
Fevereiro	60	251	403	9194	0,80	439	1512	188	0
Março	83	416	819	9194	0,80	614	2126	198	0
Abril	67	437	1256	9194	0,80	490	2616	53	0
Maio	57	471	1727	9194	0,80	417	3033	-54	54
Junho	25	440	2167	9194	0,80	185	3218	-255	310
Julho	25	377	2544	9194	0,80	182	3399	-195	505
Agosto	20	324	2868	9194	0,80	150	3549	-174	679
Setembro	71	451	3319	9194	0,80	520	4069	69	0
Outubro	57	446	3765	9194	0,80	420	4489	-26	26
Novembro	129	348	4113	9194	0,80	945	5434	597	0
Dezembro	151	352	4465	9194	0,80	1113	6547	761	0

Considerando o volume da cisterna de 750 m³ é feita a verificação se este volume será suficiente para atender a demanda considerada, Quadro 7, entram neste cálculo os dados das precipitações mensais em mm, a área de captação em m², o coeficiente de runoff, a demanda mensal de água em m³ e o volume considerado para o reservatório. As saídas disponibilizadas são: volume de água na cisterna no início do mês m³, volume de água na cisterna no final de mês em m³, o volume de chuva que foi descartado a cada mês em m³ (overflow) e quanto de água foi necessário consumir do fornecimento público. Com estes dados é possível calcular a Confiança no Sistema que é o produto dado pela quantidade de vezes que foi necessário o suprimento público de água pelo número total de meses, neste caso a Confiança no Sistema foi de 100%. Além desse indicador é dado a Eficiência do Sistema, que foi aproximadamente 80%, e é calculado pelo total anual de água de chuva utilizada dividido pelo volume total anual de chuva.

Quadro 7: Confirmação do Cálculo da Cisterna pelo Método de Rippl - Alternativa 2.

Meses	Chuva Média Mensal	Dem. Mensal	Vol. Acum.	Área de Coleta	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal	Volume Reserv.	Volume Reserv. T-1	Volume Reserv. T	Over-flow	Supri-mento
	mm					m ³		m ³	m ²		
Janeiro	146	152	152	9194	0,80	1073	750	0	750	171	0
Fevereiro	60	251	403	9194	0,80	439	750	750	750	188	0
Março	83	416	819	9194	0,80	614	750	750	750	198	0
Abril	67	437	1256	9194	0,80	490	750	750	750	53	0
Maio	57	471	1727	9194	0,80	417	750	750	696	0	0
Junho	25	440	2167	9194	0,80	185	750	696	440	0	0
Julho	25	377	2544	9194	0,80	182	750	440	245	0	0
Agosto	20	324	2868	9194	0,80	150	750	245	71	0	0
Setembro	71	451	3319	9194	0,80	520	750	71	139	0	0
Outubro	57	446	3765	9194	0,80	420	750	139	114	0	0
Novembro	129	348	4113	9194	0,80	945	750	114	711	0	0
Dezembro	151	352	4465	9194	0,80	1113	750	711	750	722	0
Total	890					6547				1332	

O sistema de armazenamento para distribuição aos pontos consumidores será o mesmo já instalado, não sendo previsto custo adicional.

Calhas e Condutores

A maior parte das coberturas já possui calhas e condutores verticais, entretanto foi necessário prever para a Escola Infantil, Garagem, Residência e Ginásio de Esportes, estes prédios estão localizados na menor elevação do complexo e onde ocorrem os freqüentes alagamentos. Para os três primeiros prédios, que possuem telhas cerâmicas estilo colonial, foram previstas calhas de PVC, e para o Ginásio de Esportes calhas de metal para compor com o mesmo material do telhado.

No dimensionamento do diâmetro do condutor horizontal foi utilizada a fórmula de Manning-Strickler, disponibilizada em Guise & Gugel (2005) através de tabela, na qual foi estimada uma inclinação de 2% na instalação do condutor, para uma vazão inferior a 400 l/s, calculada considerando um precipitação máxima de 30 mm em 5 min e uma área de captação contínua de 4000 m². O diâmetro da tubulação de PVC necessário para conduzir a água para o sistema é de 100 mm.

Bombeamento

Foi prevista a instalação de sistema de bombeio com três bombas centrífugas, do tipo Dancor 5 CV, sendo uma para cada sistema de abastecimento, mas com interligação na descarga para facilitar a retirada para manutenção sem comprometer o abastecimento dos sistemas. Este tipo de bomba é o mesmo do atual sistema de recalque no complexo. O sistema foi previsto nas duas alternativas.

Qualidade

É definida por sua composição física, química e bacteriológica. Para o consumo humano é necessário que a água seja potável, isto é, livre de matérias suspensa visível, cor, sabor e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais à saúde humana (BRASIL 2000b).

Não foi feita a caracterização da água de chuva no complexo, para definição do tratamento necessário, contudo, segundo (VIVACQUA, 2005, p. 154) a qualidade das águas de telhados em geral, é surpreendentemente, boa. Águas de telhado podem ter uso como água potável com tratamento simples e de pequena monta. A autora, no entanto ressalta que a presença de árvores próximas ao telhado pode influenciar na qualidade da água.

Segundo Tomaz (2007), a primeira água que sai do telhado vem suja, neste escoamento inicial estão as poeiras e detritos que estavam no telhado, entretanto não existe a obrigatoriedade de descartar as primeiras águas, pois dependerá do uso e a critério do projetista. Vários usos como rega de jardim e outros não precisaram do descarte inicial. Dependerá ser houver possibilidade de contato de pessoas com a água. Quando não se tem dado suficiente sobre a qualidade da água de escoamento inicial, considerar 2 mm de água de chuva ou seja 2 litros/m².

Consumo de água

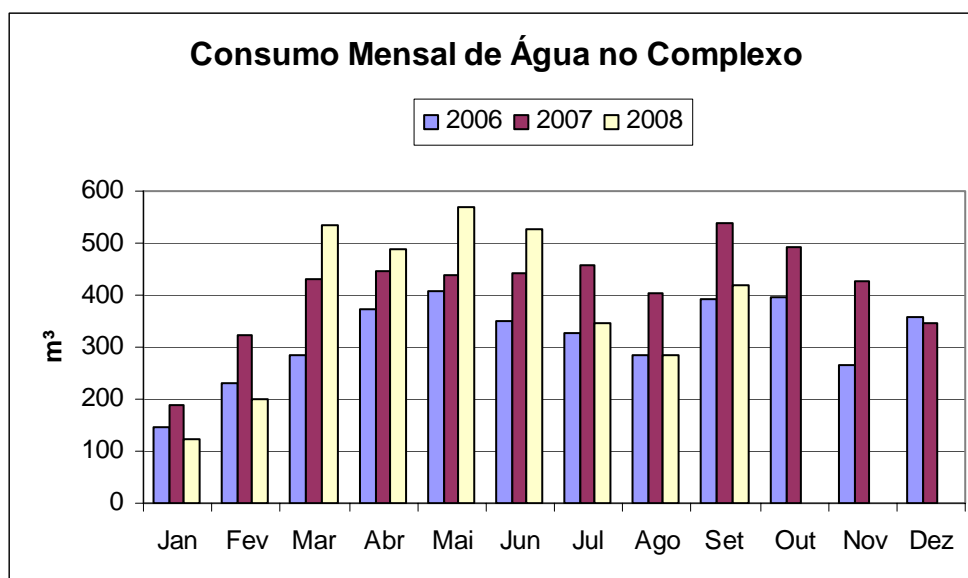
O complexo é abastecido com água do sistema público através de três pontos distintos, com os dados destes pontos, referentes aos últimos três anos, fornecidos pela concessionária, foram determinadas as médias mensais aplicadas no dimensionamento das cisternas em cada

alternativa, Figura 4, e estimados os custos mensais, que se transformaram nas receitas no estudo de viabilidade econômica.

Foram verificados crescimentos no consumo dos anos de 2006/2007 na ordem de 22% e de 2007/2008 de 30%, entretanto, não foram previstos incrementos no consumo para efeito do cálculo de viabilidade. O escalonamento do custo de fornecimento público da água de acordo com o consumo, mencionado por May (2004) e Ywashima (2006), foi considerado no cálculo do custo da mesma, mas não foi considerado o valor referente ao pagamento do esgoto que é cobrado na mesma proporção.

A Alternativa 1 prevê a substituição parcial da água consumida no complexo, limitada a atender aos consumos da piscina, sanitários, rega, varrição e lavagem de roupa, segundo Tomaz (2002), o percentual médio de consumo numa residência para estas utilizações é de aproximadamente 50% do consumo total de água, e Ywashima (2006) em pesquisa em escola pública de Campinas, do ensino infantil ao nível médio, para um dia normal, encontrou uma média de 55% de consumo nestas utilizações. No dimensionamento da cisterna foi utilizado 55% do consumo médio mensal, pois ele é mais representativo dessa aplicação, além do mais, existe flexibilidade no dimensionamento da cisterna para esta alternativa, devido a mesma ser menor e existir a necessidade de minimização dos alagamentos. O custo anual da água considerado no estudo foi R\$ 8087,46 para um consumo de 2261 m³.

Na Alternativa 2 as médias encontradas foram utilizadas integralmente no dimensionamento da cisterna, pois esta alternativa pressupõe a utilização da água de chuva para todos os fins. O custo anual da água considerado no estudo foi de R\$ 17.411,10 para um consumo de 4113 m³. Nesta alternativa foi previsto o custo da taxa mínima nos três pontos de fornecimento totalizando R 900,00 ao ano.



Fonte: Concessionária Águas do Paraíba

Figura 4 – Consumo de água potável em m³ no complexo entre 2006 e 2008.

Tratamento da água

Em cumprimento aos requisitos da Portaria MS 518/2004, do Ministério da Saúde, que estabelece a necessidade de ser manter residual de cloro na água tratada (PROSAB, 2006), foi previsto tratamento com hipoclorito de sódio e filtração na água recalcada para os pontos de consumo em ambas as alternativas. Adicionalmente, na Alternativa 2, que irá fornecer água potável, foi prevista

a instalação de um equipamento de desinfecção por radiação ultravioleta, dimensionado para 5 m³/h.

Análise de custos e receita

Para a Alternativa 1, que considera a utilização de água não potável, o custo direto de investimento da alternativa, que inclui custos de materiais, equipamento e mão-de-obra foi de R\$ 64.991,00, deste total, aproximadamente, 42% consumidos com o sistema de captação e 37% consumido com o custo da cisterna. O custo operacional anual do sistema, no valor de R\$ 1502,00 foi calculado considerando a limpeza anual da cisterna, limpeza semestral de calhas e condutores e despesa com a aplicação de cloro no tratamento da água. Não foi considerado consumo de energia elétrica do sistema de bombeio por considerar que o tempo de operação deste sistema aliviará proporcionalmente o sistema atual.

A Alternativa 2, que considera o tratamento da água para fins potáveis, o custo do investimento totalizou R\$ 126.698,00 deste total, aproximadamente 64% previstos para construção da cisterna. O custo operacional anual do sistema, no valor de R\$ 10.570,00 foi calculado considerando limpeza anual da cisterna, limpeza semestral de calhas e condutores, despesa com aquisição de cloro, taxa mínima de água da concessionária, coleta e análise microbiológica, física e química da água, despesas com energia elétrica do sistema de tratamento com radiação ultravioleta. Não foi considerado consumo de energia elétrica do sistema de bombeio, pois este custo existe atualmente. O custo operacional referente a análise bacteriológica, física e química da água, conforme determinação da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, representa 68% do custo operacional.

O estudo de viabilidade econômica de um projeto é baseado em comparação de alternativas, neste projeto, as Alternativas 1 e 2 serão comparadas com a cessão do fornecimento público de água potável dos volumes correspondentes ao utilizado da captação da água de chuva, estes volumes convertidos em valores monetários foram utilizados como as receitas anuais para elaboração do fluxo de caixa. Os valores utilizados nas alternativas foram referenciados acima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A viabilidade econômica do sistema será obtida através dos indicadores de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e pelo Payback no valor presente, que dá o tempo necessário para que o empreendimento retorne o valor do investimento e comece a apresentar lucro.

A taxa de atratividade considerada para o empreendimento foi o valor médio do índice anual da caderneta de poupança dos últimos cinco anos no valor de 8,72%. O período previsto para o investimento foi de vinte anos.

A análise de viabilidade econômica levou em consideração o custo de implantação do investimento, o custo de operação e manutenção e a receita advinda da cessão de fornecimento público.

Na opção com financiamento, em ambas as alternativas, foram consideradas premissas semelhantes as adotadas pelo BNDS para financiamento de obras civis destinadas à instalação, expansão, reformas e outras benfeitorias, que considera taxas de juros de 6,5% a.a., período de amortização de 96 meses, e carência de 24 meses.

Alternativa 1 – na Tabela 1 é mostrado o fluxo de implantação desta alternativa, com o custo de implantação do sistema, custo de operação, receita e fluxos de caixa das opções sem

financiamento e com financiamento. A partir destas informações são apresentados os valores de VPL, Payback e TIR.

Tabela 1: Fluxo de implantação da Alternativa 1

Ano	Custeio com Implantação	Custeio com Operação e Manutenção	Receita Gerada Pela Economia de Água	Fluxo de caixa opção sem financiamento	Fluxo de caixa opção com financiamento
0	-64.991			-64.991	0
1		-1.502	8.087	6.585	2.361
2		-1.502	8.087	6.585	2.361
3		-1.502	8.087	6.585	-5.763
4		-1.502	8.087	6.585	-5.235
5		-1.502	8.087	6.585	-4.707
6		-1.502	8.087	6.585	-4.179
7		-1.502	8.087	6.585	-3.651
8		-1.502	8.087	6.585	-3.123
9		-1.502	8.087	6.585	-2.595
10		-1.502	8.087	6.585	-2.067
11		-1.502	8.087	6.585	6.585
12		-1.502	8.087	6.585	6.585
13		-1.502	8.087	6.585	6.585
14		-1.502	8.087	6.585	6.585
15		-1.502	8.087	6.585	6.585
16		-1.502	8.087	6.585	6.585
17		-1.502	8.087	6.585	6.585
18		-1.502	8.087	6.585	6.585
19		-1.502	8.087	6.585	6.585
20		-1.502	8.087	6.585	6.585
VPL				(R\$ 3.635)	R\$ 3.111
TIR				7,93%	11,16%
Payback				>20	18

Na opção sem financiamento, o valor da VPL para o período considerado foi negativo, R\$ 3.635,00, o tempo de retorno Payback foi maior que 20 anos e a TIR = 7,93%, ficou abaixo da taxa de atratividade considerada. Estes resultados demonstram que, economicamente, esta alternativa é inviável, pois serão necessários mais de 20 anos para retorno do capital investido.

A Alternativa 1 com financiamento apresentou os seguintes valores: VPL = R\$ 3.111,00 , Payback em 18 anos e TIR = 11,16%. Esta opção demonstrou viabilidade econômica, entretanto o tempo de retorno muito longo impõe muita incerteza nos resultados.

A Alternativa 2 na Tabela 2 é mostrado o fluxo de implantação desta alternativa, com o custo de implantação do sistema, custo de operação, receita e fluxos de caixa das opções sem financiamento e com financiamento. A partir destas informações são apresentados os valores de VPL, Payback e TIR.

Tabela 2: Fluxo de implantação da Alternativa 2

Ano	Custeio com Implantação	Custeio com Operação e Manutenção	Receita Gerada Pela Economia de Água	Fluxo de caixa opção sem financiamento	Fluxo de caixa opção com financiamento
0	-126.699			-126.699	0
1		-10.570	17.411	6.841	-1.394
2		-10.570	17.411	6.841	-1.394
3		-10.570	17.411	6.841	-17.232
4		-10.570	17.411	6.841	-16.202
5		-10.570	17.411	6.841	-15.173
6		-10.570	17.411	6.841	-14.143
7		-10.570	17.411	6.841	-13.114
8		-10.570	17.411	6.841	-12.084
9		-10.570	17.411	6.841	-11.055
10		-10.570	17.411	6.841	-10.026
11		-10.570	17.411	6.841	6.841
12		-10.570	17.411	6.841	6.841
13		-10.570	17.411	6.841	6.841
14		-10.570	17.411	6.841	6.841
15		-10.570	17.411	6.841	6.841
16		-10.570	17.411	6.841	6.841
17		-10.570	17.411	6.841	6.841
18		-10.570	17.411	6.841	6.841
19		-10.570	17.411	6.841	6.841
20		-10.570	17.411	6.841	6.841
VPL				(R\$ 62.960)	(R\$ 49.810)
TIR				0,74%	-
Payback				>20	>20

A Alternativa 2 sem financiamento apresentou os seguintes valores: VPL negativa = R\$ 62.960,00, Payback maior que 20 anos e TIR indisponível. Os valores tornam o empreendimento economicamente inviável.

A Alternativa 2 com financiamento apresentou os seguintes valores: VPL = - R\$ 49.810,00, Payback maior que 20 anos e TIR indisponível. Os valores tornam o empreendimento economicamente inviável.

Um dos principais fatores que inviabilizou economicamente as alternativas apresentadas foi o custo das cisternas, observando os gráficos de precipitação e consumo é possível verificar que os períodos de maior consumo coincidem com os de menor precipitação pluviométrica, necessitando com isso, de maior volume de armazenamento, que é o componente mais caro do empreendimento.

Outro fator que contribuiu para a inviabilidade da Alternativa 2 foi o custo da análise física, química e microbiológica da qualidade da água, que representou 68% do custo de operação e manutenção anual, contudo, este custo não pode ser desconsiderado, pois ele é a garantia da qualidade da água fornecida e a certeza que a mesma não irá afetar a saúde de seus usuários.

CONCLUSÕES

Os estudos de viabilidade econômica da água de chuva no complexo do Colégio Nossa Senhora Auxiliadora se mostraram inviáveis economicamente devido a necessidade de grandes volumes de armazenamento para atender as demandas previstas, isto influenciou no custo das cisternas, em ambas as alternativas consideradas.

A necessidade de grandes volumes de armazenamento está associada ao baixo índice de precipitação na região e às baixas frequências das chuvas nos períodos de maior consumo, mais precisamente, a partir de março.

A alternativa 1, aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, opção com financiamento, se mostrou viável, economicamente a incerteza deste investimento é muito grande, devido ao longo período de retorno, 18 anos, entretanto esta opção deve ser analisada, pois dentre as alternativas é a única com valor presente positivo, e ambientalmente ajudaria a minimizar os efeitos dos alagamentos ocorridos no complexo durante as chuvas torrenciais.

Na alternativa 2, o custo anual de operação, majorado pela necessidade de análise da água, e o custo da cisterna inviabilizaram economicamente a opção, contudo, ambientalmente é a alternativa que apresenta o melhor retorno, pois pela capacidade da cisterna, seria possível resolver definitivamente os problemas relacionados aos alagamentos no complexo, como, também, minimizar a contribuição de suas drenagens para os alagamentos verificados no entorno do complexo.

O estudo da viabilidade ambiental da captação e utilização da água de chuva no complexo do Censa pode dar nova perspectiva aos resultados encontrados, por isso, o empreendedor deve incentivar este estudo e também, buscar novas alternativas de aplicação da captação e aproveitamento da água de chuva no complexo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARLON, M. R. Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC. 2005. 203p. Dissertação (Mestrado), UNIVILLE, Itajaí-SC, 2005.

GUISI, G.; **GUGEL**, E. C.. Instalações prediais de águas pluviais. In: Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Civil - Disciplina ECV5317 – Instalações I. Florianópolis, SC, 2005. Disponível em: Acesso em: 15 jun. 2008.

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/encontregeol2.asp?nome=pedro_jacobi>. Acesso em: 18 jun. 2008.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 189p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2004.

O2 ENGENHARIA. Aproveitamento da água da chuva. Disponível em <http://www.o2engenharia.com.br/aproveitamento_agua.htm>. Acesso em: 27 maio 2008.

O2 ENGENHARIA. Drenagem urbana. Disponível em <http://www.o2engenharia.com.br/drenagem_urbana.htm>. Acesso em: 27 maio 2008.

PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano / Valter Lúcio de Pádua (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2006. 504 p.

TOMAZ, P.. Aproveitamento de água de chuva em edificações. In: Meio Ambiente em Destaque – Uso racional da água em edificações. 2007, São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov/noticentro/2007/10/plinio.pdf>. Acesso em: 10/06/2008. 19 p.

VIVACQUA, M.C.R. Qualidade da Água de Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2005. 185 p.

YWASHIMA, Laís Aparecida. Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP: [s.n.], 2005. 312 p.