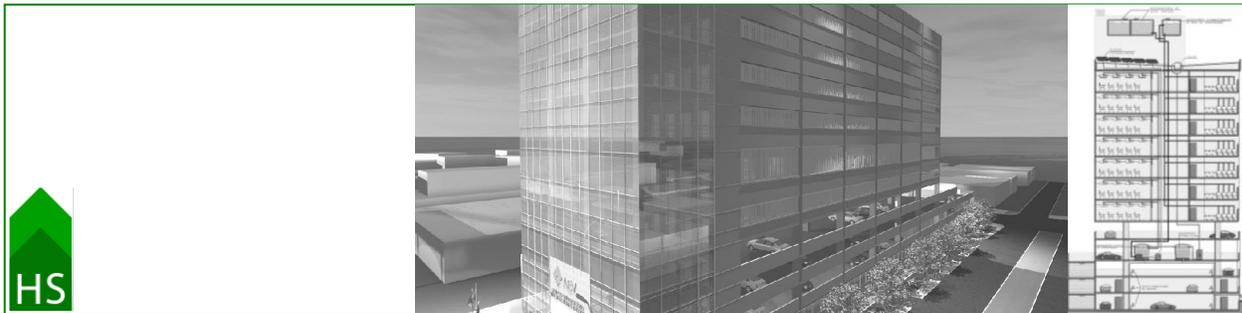


Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso

Using air-conditioning waste water and stormwater as supply management in a commercial building, case study



Celso Silva Bastos celsobastos10@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória, Brasil

João Luiz Calmon calmonbarcelona@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo - Vitória, Brasil



RESUMO

Palavras-chave

Aproveitamento de água de chuva,
Construções verdes,
Sustentabilidade

O conceito do uso racional para a conservação de água consiste na gestão da demanda e da oferta de água, com ações voltadas para o fornecimento de fontes alternativas visando suprir o uso em áreas menos nobres por águas de qualidade inferior. Este trabalho tem por objetivo mostrar a aplicação de um sistema que aproveita a água drenada dos evaporadores de ar-condicionado e das águas pluviais como fontes alternativas. Verificou-se que cada evaporador produz 4,8 litros/água/hora, considerando 10 horas de uso diário, o volume acumulado chegaria a 48 litros/dia por aparelho que multiplicado pelo total de 137 unidades chega-se ao volume diário de 4.298 litros o que representa 77,72% da demanda das descargas sanitárias que é de 5.530 litros/dia. Em relação ao aproveitamento de águas pluviais, a previsão de acumulação refere-se a 10% da área do terreno que multiplicado pelo índice de 0,05 e pela retenção de 1 hora, obtém o volume de 14,8 m³. Pretende-se com essa prática, alcançar uma redução significativa do volume de água potável, hoje utilizada praticamente para a realização de todas as atividades, contribuindo assim para uma obra mais sustentável, minimizando os impactos ambientais causados pela construção.

ABSTRACT

Key Words

Utilization of rainwater,
Green buildings,
Sustainability

The concept of rational use as applied to water conservation consists in managing water supply and demand by trying to meet lesser quality water demands with alternative or reused water supply. This project attempts to demonstrate the application of a system that uses water drained from air conditioning system evaporators and rainwater as alternative sources. Given that each evaporator produces 4.80 liters of water per hour and considering the average use of an air conditioning system to be approximately 10 hours per day, the daily total of a single evaporator would be 48 liters. This would implicate a daily volume of 4,298 liters for the whole 137 units spread throughout the building, which in time would represent 77.72% of the daily demand of wastewater (5,53 liter/day). For the rainwater collection system, the total accumulated volume corresponds to 10% of the site area multiplied by a factor of 0.05, for a retention time of 1 hour, which will produce a total volume 14.8m³ of water. This system's primary objective is to significantly reduce the consumption of potable water, which nowadays is used for every single activity, thus contributing to a more sustainable building and minimizing the environmental impact caused by the construction.

1. Introdução

Um número crescente de países está enfrentando o aumento na escassez de água devido a uma maior demanda de água tratada e uma falha em proteger os recursos disponíveis da poluição. A água é um bem precioso e escasso que deve ser bem gerida e efetivamente utilizada (Rezaee, 1998).

A Gestão de recursos hídricos é um dos maiores desafios do presente século. Com o aumento da população, aumenta o consumo de per capita, e o abastecimento de água atual diminui, os recursos hídricos estão cada vez mais críticos a nível mundial. A maioria das áreas urbanas enfrenta escolhas difíceis e caras soluções para atender a demanda existente e futura (Donofrio et al., 2009).

Na indústria da construção civil, em especial, na fase de operação dos edifícios, a água é responsável por significativa parcela do impacto sobre o meio ambiente. As perdas de água nos sistemas prediais, devido à má qualidade de materiais, de componentes e de procedimentos relacionados ao uso da água inadequados, resultam em maiores volumes de consumo e de insumos necessários para o tratamento de água e de esgoto, além da degradação ambiental para a produção desses insumos (Oliveira et al., 2007).

Um dos principais princípios de desenvolvimento sustentável de aplicação global citado na Declaração do Rio, conhecida como Agenda 21 lançada na Rio-92, cita que devido ao aumento do consumo e sua grande escassez em algumas regiões, a água passou a ser considerado como um bem econômico e uma questão-chave relacionada com o clima mais quente, assim como o aumento da população e da poluição (Roaf, et al., 2009).

O tema reuso de água desencadeou diversos trabalhos e pesquisas, principalmente em países com maior escassez desse líquido. Na maioria dos casos, o reaproveitamento se dá nas indústrias (Hespanhol, 2005) e na agricultura recebendo um tratamento diferenciado dependendo do fim que se destina. O mercado da construção civil já deu sinais atrativos nesse seguimento evidenciando as vantagens de se construir de forma a obter redução de consumo e o engajamento na indústria verde (Hespanhol, 2005).

Dentro deste contexto, este trabalho objetiva colaborar com a redução do consumo de água potável e demonstrar a viabilidade no aproveitamento de água drenada da condensação dos evaporadores de ar condicionado para o uso nas descargas sanitárias numa edificação com atividade comercial ou institucional, trazendo com isso grande economia de água.

2. Objetivos e Justificativas

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnica no aproveitamento de água residual de condensação do sistema de ar condicionado de um prédio para utilizá-la nas descargas sanitárias. Como estudo de caso, os autores basearam-se em uma edificação em construção que terá como atividade única o funcionamento de uma instituição de ensino superior. Esse tipo de atividade é tratado na cidade de Vitória, ES - Brasil onde está sendo construída, como de uso comercial, pois não existem normas diferenciadas para instituições de ensino superiores, ficando apenas as creches e escolas primárias vinculadas às normas específicas na área de educação (Vitória, 1997).

A idéia em aplicar essa inovação tecnológica partiu do momento da compatibilização dos projetos complementares com o arquitetônico e ao se verificar o volume de água produzido pelos evaporadores, a drenagem necessária para cada aparelho e a falta de aproveitamento dessa água em quaisquer outras partes da edificação. Pesquisas de modelos existentes com a mesma finalidade proposta pouco foram encontradas na revisão bibliográfica, abrindo aqui uma oportunidade que justifica o estudo num momento em que vivemos sérios problemas de abastecimento, consumo crescente, e grandes desperdícios de água potável.

Diante do problema os autores esperam contribuir com uma proposta que poderá servir de referência e motivação para futuros trabalhos baseadas nos resultados previstos. Essa iniciativa servirá como um importante princípio para construções que visam uma redução dos impactos ambientais e maiores desempenhos. O procedimento poderá ser aprimorado e num futuro próximo, receber incentivos para aplicações voluntárias e normatizadas.

3. Concepção do Sistema de Aproveitamento de Água

O empreendimento base desse estudo trata-se de uma edificação em construção na cidade de Vitória, ES Brasil constituída de 12 pavimentos sendo 5 níveis de garagens para carros e motos e 7 níveis ocupados por salas, sanitários e apoio. Figura 1 apresenta a imagem digital do empreendimento citado.



Figura 1: Imagem digital da construção. Fonte: NB Projetos Ltda.

Figure 1: Digital image of the building. Source: NB Projetos Ltda.

Todos os projetos sofreram interferências e adaptações para a implantação do sistema proposto nesse estudo. Foram verificadas a partir do projeto arquitetônico as necessidades relativas às alterações pretendidas, uma vez que o projeto inicial não ter sido concebido com esses princípios.

Optou-se por unidades evaporadoras tipo cassete 4 vias de dimensionamentos variáveis instalados no forro rebaixado de cada ambiente e dimensionados para atender ao conforto térmico, conforme especificações do fabricante, alcançando um melhor desempenho dos equipamentos e melhoria na qualidade interna do ar. Uma nova planta de rebaixamento de teto foi elaborada para receber os evaporadores em sua modulação de forma a não interferir nas luminárias e outras instalações.

Ficou destinado um local em um dos pavimentos de garagem para as instalações do sistema proposto sem prejudicar o

estacionamento de veículos. O reservatório superior localizado na cobertura do prédio, antes bipartido, foi modificado passando a ter 3 partes sendo uma exclusiva para armazenamento da água drenada da condensação, que não poderá ser armazenada junto com a água tratada. Esse reservatório será interligado à saída dos outros reservatórios para que o abastecimento dos sanitários não seja prejudicado, caso haja uma demanda maior que a capacidade prevista. Não está considerada nesse trabalho a análise laboratorial da água captada dos evaporadores, uma vez que a mesma ficará separada da água tratada e usada exclusivamente para descargas sanitárias não havendo nenhum tipo de consumo para outros fins.

No projeto hidro-sanitário ficou definido o percurso e o dimensionamento da tubulação de drenagem dos evaporadores, desde a saída do aparelho até o reservatório para armazenamento da água captada, passando pela interligação com os equipamentos que a bombeará até o reservatório superior e ao atendimento às descargas sanitárias em todos os banheiros dos pavimentos acima das garagens.

A cidade de Vitória fica localizada em uma ilha e oferece condições climáticas favoráveis com clima tropical chuvoso, sem estação fria, estação de seca no inverno e temperatura média de 23,5° C. Essas características favorecem o uso de energia solar, limpa, renovável e sustentável e essa foi a opção escolhida para alimentar as bombas de recalque que abastecerão o reservatório superior e deixarão o sistema auto-suficiente e independente. Geradores de energia solar fotovoltaica poderão garantir a energia necessária para funcionamento do conjunto provenientes do módulo solar, mesmo em dias nublados e sem uso de baterias. Para garantir o fornecimento de energia, caso aconteça algum problema no sistema solar, o mesmo estará ligado à energia da concessionária.

O foco desse trabalho é mostrar a viabilidade do aproveitamento das águas residuais de condensação dos evaporadores dos aparelhos de ar condicionados. No entanto, é importante citar que está previsto em projeto o aproveitamento das águas de chuvas e reutilizadas nos pavimentos abaixo para lavagem das garagens e rega dos jardins, a cidade tem precipitação média anual de 1.292,2 mm. A água que extravasar tanto do sistema de ar

condicionado quanto de chuva será utilizada em serviços gerais de limpeza.

4. Dimensionamento do Sistema (Aplicação Prática)

Parte do ar respirado é composto por vapor de água diluído. Para que o vapor volte ao estado líquido, a temperatura da superfície tem que estar abaixo da temperatura de ponto de orvalho, que é temperatura ao qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas (condensação).

Para efeito prático nas condições da cidade de Vitória, ES, esta temperatura fica abaixo de 17°C, mesmo em ambientes com condicionamento de ar para fins de conforto. No sistema de ar condicionado existem dois elementos principais: uma unidade interna e outra externa. A temperatura da serpentina por onde passa o ar na unidade interna fica abaixo de 12°C, fazendo com que parte do vapor contido no ar volte ao estado líquido. Considerando que para transformar ar úmido em 1 Kg de água o Calor Latente de vaporização é de 538 Kcal/Kg, alterando assim o seu estado físico de vapor para líquido. Apenas 30% do ar que circula na serpentina entram em contato com a superfície da mesma. Normalmente a capacidade das máquinas de ar condicionado é de 30% a 70% de remoção de Calor Sensível e de 30% a 70% de remoção de Calor Latente (Figura 2).

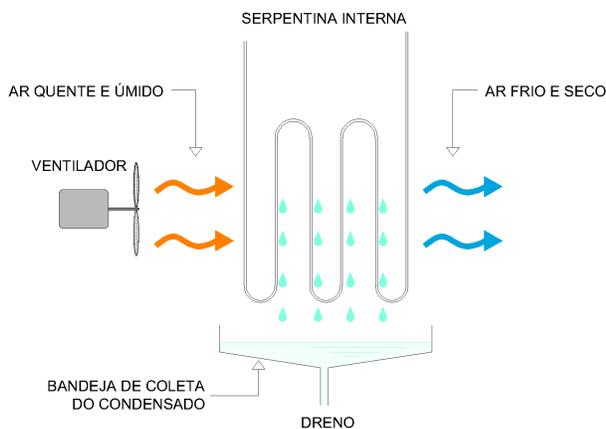


Figura 2: Diagrama do sistema de condensação de água na serpentina.

Figure 2: Diagram of the water condensation system.

A água recuperada pelo sistema depende da ocupação humana e da psicometria externa. O

ambiente interno tem suas condições climáticas controladas artificialmente. O corpo humano reage metabolicamente de maneira similar a estas condições em qualquer região, liberando vapor, quando exercendo a mesma atividade. O ar externo tem condições psicométricas que variam de acordo com o local onde a edificação se encontra. Antes de o ar ser injetado no ambiente ele passa por um processo de filtragem e refrigeração, para que sua temperatura de bulbo seco do ar insuflado não ultrapasse a temperatura de bulbo seco interna.

Neste processo há geração de condensado (água), sendo que esta quantidade de água gerada depende diretamente das condições psicométricas externas. Quanto maior for a umidade externa, mais quantidade de água de condensação será gerada.

A Tabela 1 mostra o volume de água produzido por pavimento através da drenagem dos 137 evaporadores distribuídos no prédio com diferentes capacidades de refrigeração em BTU's, produzindo um volume total de 4.298,1 litros por dia de funcionamento. Essa água será captada e armazenada num reservatório destinado a este propósito, bombeada para o reservatório superior para em seguida ser utilizada nas descargas sanitárias.

A geração total de água produzida pelos evaporadores será de 4.298,1 litros conforme demonstrado na tabela 01. Para o projeto hidro-sanitário convencional foi considerado a instalação de uma Bomba de Recalque de 5 CV com vazão de 16,60m³/h a uma altura manométrica de 50mca. A capacidade do reservatório superior será de 8,86m² x 0,63m = 5,53m³. A bomba de recalque deverá ser acionada quando o Nível da Água (N.A) baixar 0,63m isso caso o sistema de energia solar não estiver operando no momento por motivos de manutenção ou problema de funcionamento. Se a bomba hidráulica do sistema convencional lança 16,60m³/h, a mesma lançará 4.298,1 litros em 15 minutos.

Considerando uma população de 820 pessoas sendo 720 alunos, 60 professores e 40 funcionários e estimando 100% de consumo diário por pessoa o gasto em litros para descarga nos sanitários será de 9 litros. Calcula-se o consumo diário para utilização de 75% da população. Se o consumo diário em 100% de utilização representam 820 x 9 = 7.380 litros o

Tabela 1: Quadro com os equipamentos utilizados suas respectivas capacidades e capacidade de retirada de água do ar.
Table 1: Equipment used, with respective capacities and capacity of water removal from air.

Pavimento	Capacidade Total (Btu/H)	Capacidade de Retirada De Calor Latente (Btu/H)	Funcionamento Dia (Horas)	Condensado (Água) (L/H)	Condensado (Água) (L/Dia)
PAV 05	646900	419045	12	58,9	706,8
PAV 06	673600	437840	9	61,5	553,5
PAV 07	735600	478140	9	67,2	604,8
PAV 08	735600	478140	9	67,2	604,8
PAV 09	516100	335465	12	47,1	565,2
PAV 09 (Auditório)	229200	148980	6	20,9	125,4
PAV 10	735600	478140	9	67,2	604,8
PAV 11	648400	421460	9	59,2	532,8
TOTAL/DIA					4298,1

Tabela 2: Resultado final.
Table 2: Final results.

População Diária (pessoas)	Consumo Diário para demanda sanitária (litros)	Volume de água drenada e armazenada (litros)	Economia prevista com consumo de água (%)
820	5.530	4.298,1	77,72

Tabela 3: Resultado financeiro.
Table 3: Financial results.

Custo total do sistema instalado	Água mensal captada e o valor economizado	Água anual captada e o valor economizado	Tempo de retorno do investimento
R\$ 23.700,00	128.943 litros R\$ 451,30	1.547.316 litros R\$ 5.415,60	4,37 anos

consumo diário estimado com 75% de pessoas será de 5.530 litros. O reservatório de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado terá capacidade de 7.500 litros.

Conclusão dos resultados conforme Tabela 2 demonstra que o sistema alcança um considerável fator de economia de água superando os índices previstos em metodologias existentes para uma obra mais sustentável.

Como alternativa paralela ao sistema convencional e mantendo o conceito de utilização de energia limpa e renovável, a instalação de bombeamento solar consiste em transformar energia elétrica contínua gerada por módulos solares em corrente alternada com a maior eficiência possível. Serão necessárias três bombas submersas, alimentadas por dois módulos fotovoltaicos cada, sendo um total de seis módulos, conforme especificação do fabricante, que garante a alimentação do sistema.

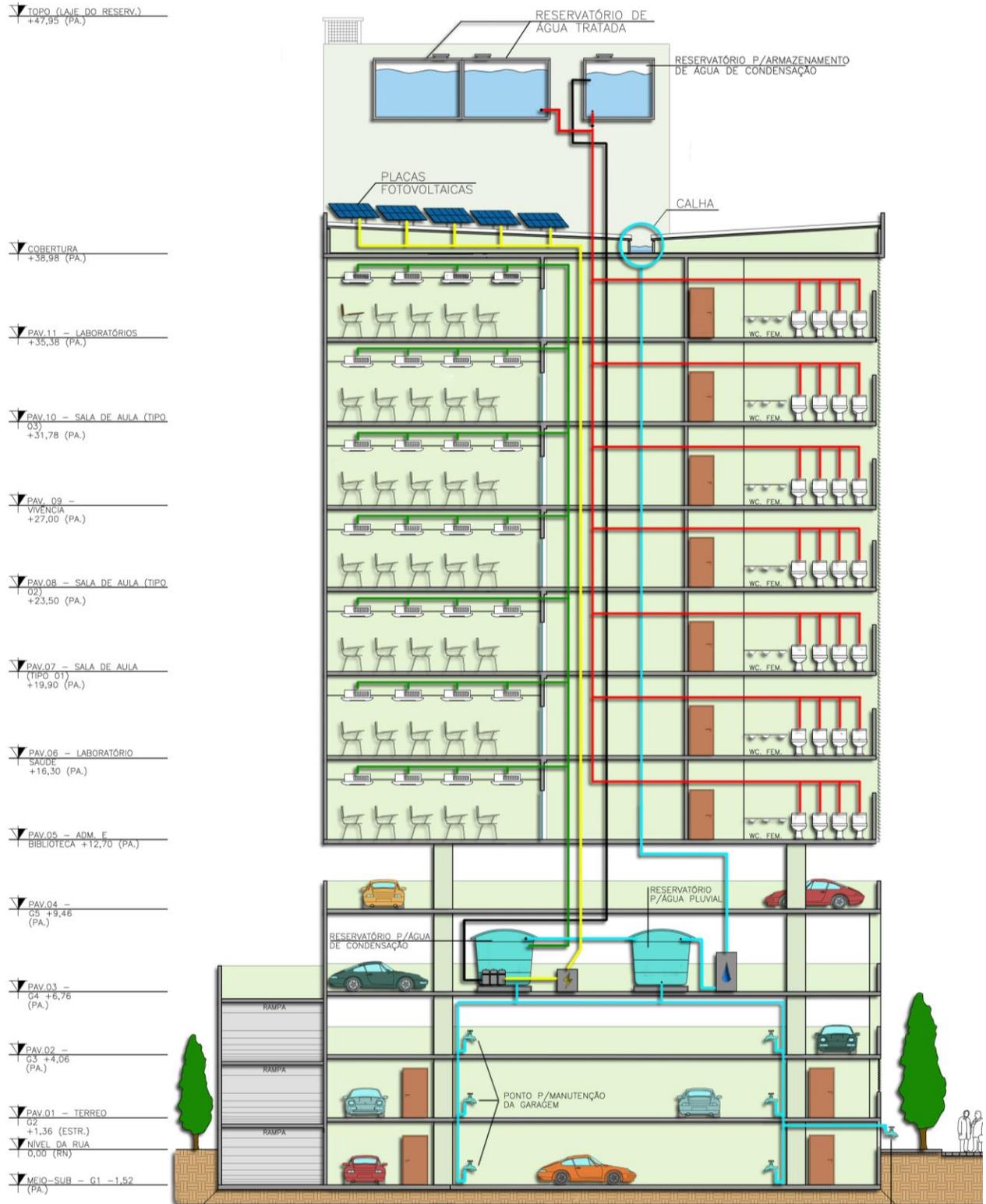


Figura 3: Esquema geral do sistema.
 Figure 3: General diagram of the system.

Como alternativa paralela ao sistema convencional e mantendo o conceito de utilização de energia limpa e renovável, a instalação de bombeamento solar consiste em transformar energia elétrica contínua gerada por módulos solares em corrente alternada com a maior eficiência possível. Serão necessárias três bombas submersas, alimentadas por dois módulos fotovoltaicos cada, sendo um total de seis módulos, conforme especificação do fabricante, que garante a alimentação do sistema.

O sistema funciona de forma independente das flutuações dos níveis de irradiação solar, ou seja, sempre haverá bombeamento de água a qualquer hora do dia ou condições do tempo, desde que os módulos forneçam corrente mínima de 0,1 ampér. Um equipamento funcionará com um comando que será o responsável por converter a energia fornecida pelos módulos solares em impulsos de energia constantes e espaçada em função do nível de irradiação solar. O sistema elimina o uso de baterias, o que reduz a necessidade de manutenção.

Baseado em dados do projeto a altura manométrica da tubulação é de 42 metros, sendo uma vazão diária de 4.298,1 litros será necessária a instalação de 3 bombas tipo shurflo 9300 submersa no tanque de acumulação de água de condensação com 6 módulos solares de 115 Wp sendo 2 para cada bomba e instalados na cobertura do edifício, conforme especificação do fabricante.

Para uma vazão prevista de bombeamento de 375l/h e com 3 bombas de funcionamento contínuo e simultâneo, a vazão total será de 1.125l/h. Sendo o volume captado a ser bombeado de 4.298,1 litros, o tempo total para levar essa água ao reservatório superior será de aproximadamente 4h e 22m o que comparados ao sistema convencional, que são de 15 minutos, há uma desvantagem relativa nesse sentido, mas em compensação não haverá uso de energia da concessionária e o sistema fechará seu ciclo de atendimento autossuficiente. O Tabela 3, mostra o resultado do retorno financeiro do sistema

5. Conclusões

O presente estudo demonstra que é viável a utilização de água drenada pelo sistema de ar condicionado, principalmente em edificações comerciais com vários equipamentos instalados.

Toda essa água atualmente é descartada e nem por gravidade esta sendo aproveitada para lavagem e manutenção das calçadas e jardins. O demanda de água calculada para uso nas descargas sanitárias está bem próxima do volume de água captado pelo sistema de drenagem dos evaporadores, representando 77,72% do consumo calculado. Isto representa um resultado econômico significativo na operação do edifício e um grande avanço nas questões ambientais referentes ao aproveitamento de água potável.

Comparado ao aproveitamento de águas pluviais o sistema apresenta vantagens na questão de reuso de água, pois o prédio estará em operação e produzindo água de condensação todos os dias do ano em horário comercial, enquanto que a água da chuva é periódica sem funcionamento constante causando danos nas tubulações e bombas devido ao ressecamento proveniente da falta de uso.

Desta forma podemos concluir que se existe vazão suficiente para aproveitamento de uma água que esta sendo gerada indiretamente através do funcionamento diário do edifício e se existe demanda para consumo dessa água é inegável a importância e o incentivo a esse aproveitamento num momento onde toda colaboração para a redução dos impactos ambientais causados pelas construções passaram a ter grande importância no cenário mundial cabendo a todos profissionais e empreendedores ligados a construção civil a iniciativa com práticas, exemplos e principalmente no desenvolvimento e aprimoramento de novas técnicas.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Espírito Santo, pela qualidade do ensino oferecido e o nível profissional do corpo docente a qual tive a oportunidade de estudar e conviver durante os anos do mestrado.

Referências Bibliográficas

- Araújo, L. S. (2009). Desempenho ambiental em unidades municipais de saúde na cidade de Vitória: ensaio projetual e recomendações para certificação LEED-NC 2.2. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.
- Costa, D. M. A.; Barros Junior, A. C. (2005) Avaliação da Necessidade do Reuso de Águas Residuais. *Holos*, 21 (2), 81-101.
- Donofrio, J.; Kuhn, Y.; McWalter, K.; Winsor, M. (2009). Water-Sensitive Urban Design: An Emerging Model in Sustainable Design and Comprehensive Water-Cycle Management. *Environmental Practice*, 11(03), 179-189.

Hespanhol, I. et al. (2003) Manual de Conservação e Reúso de Água Para a Indústria. Centro Internacional de Referência em Reúso de Água. São Paulo: Fiesp/Ciesp.

Hespanhol, I.; et al. (2005) Conservação e Reúso da Água em Edificações. Centro Internacional de Referência em Reuso de Água. São Paulo: Fiesp/Ciesp.

Institui o Código Sanitário do Município de Vitória. (1997) Lei nº 4424 de 10 de abril de 1997. Normas de ordem pública e interesse social para a proteção, defesa, promoção, prevenção e recuperação da saúde. Vitória, ES. Recuperado em 14 de julho de 2013 no site eletrônico da Prefeitura.

Mudanças Climáticas. Relatório Brundland e a Sustentabilidade. Revisado em 20 de dezembro de 2011
<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/91>

Oliveira, L. H.; Ilha, M.; Reis, R. P. A. (2007) Levantamento do Estado da Arte: Água. Documento 2.1. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04. São Paulo.

Roaf, S. et al. (2009) A adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas. Porto Alegre: Brookman.

Rezaee, Z. (1998), Economics of Water Resources: From Regulation to Privatization Nicolas Spulber and Asghar Sabbaghi kluwer academic publishers. Water resource management, 2nd ed., 342 pp.

Silva, V.G.; Pardini, A. F. (2010) Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEEDTM no Brasil com base em dois estudos de caso. Ambiente Construído, 10 (03), 81-97.

Recibido: 23|08|2013
Aceptado: 13|11|2013