XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

# VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO E DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE A PARTIR DE CRITÉRIOS AQUA

**Ludmila Cardoso Fagundes Mendes (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)**
(1) Arquiteta, Pós-graduanda do Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade do Ambiente Construído da UFMG, ludmila.arquitetura@yahoo.com.br
(2) Dra., Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Rua Paraíba, 697, Sala 124, Funcionários, Belo Horizonte - MG - Brasil, CEP 30130-140 Tel.: (31) 3409-8872. E-mail: roberta@arq.ufmg.br

## RESUMO

O funcionamento de estabelecimentos assistenciais de saúde gera diversos impactos ambientais. Neste cenário, existem várias medidas sustentáveis que podem ser aplicadas à construção civil, com o intuito de reduzir os impactos do uso das edificações ao meio ambiente. Este trabalho teve o objetivo de estudar a viabilidade para a implantação de Sistema Fotovoltaico e de Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial em um edifício que abriga dois estabelecimentos assistenciais de saúde, com base nos critérios de avaliação de desempenho da Certificação AQUA. O método consistiu em estudos para a estimativa dos consumos de energia e água, além do dimensionamento dos dois sistemas e respectivos cálculos de *payback*. O sistema fotovoltaico apresentou uma economia satisfatória, que poderá ser superior, pois o consumo foi estimado para dias de verão, quando há maiores gastos com energia. Os dois sistemas apresentaram baixo período de retorno sobre o investimento. A comparação entre os resultados encontrados e os critérios da Certificação AQUA mostrou que a implantação do sistema fotovoltaico consegue atingir o nível excelente. O sistema de aproveitamento de água pluvial obteve apenas o nível bom, mas devido custo razoável para instalação e ao curto tempo de retorno sobre o investimento, o estudo considerou ser interessante a implantação do sistema, independentemente do nível de desempenho alcançado.
Palavras-chaves: Energia fotovoltaica, água pluvial, AQUA, Estabelecimento Assistencial de Saúde.

## ABSTRACT

The functioning of health care establishments generates several environmental impacts. In this scenario, there are several sustainable measures that can be applied to civil construction, in order to reduce building use impacts to the environment. The goal of this paper is studying the feasibility for the implantation of Photovoltaic System and Rainwater Utilization System in a construction that houses two health care establishments, based on AQUA Certification's criteria of performance evaluation. The method consisted of studies for the estimation of energy and water consumption, besides the measurement of the two systems and respective payback calculations. The photovoltaic system showed a satisfactory economy, which may be higher, since consumption was estimated for summer days, when there are higher energy expenditures. The two systems showed a short-term return on investment. The comparison between the results found and the AQUA Certification's criteria showed that the photovoltaic system implantation reaches the excellent level. The rainwater exploitation system reaches only the good level, but due to the reasonable cost of installation and the short-term return on investments, the study considered interesting to implement the system regardless of the performance level achieved.
Keywords: Photovoltaic energy, rainwater, AQUA, Health Care Establishment.

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de técnicas sustentáveis no setor da construção civil cresce a cada dia. De acordo com o Guia de Sustentabilidade na Construção, elaborado pela Câmara da Indústria da Construção (2008), tanto governos quanto consumidores, investidores e associações têm alertado, estimulado e até mesmo pressionado sobre a importância de incorporar sustentabilidade às construções.

Ao versar sobre gestão da energia em edificações, Gauzin-Muller (2011) defende o uso de energias renováveis, onde destaca a energia solar como a mais benéfica ao meio ambiente. Dentre as várias aplicações da energia solar, encontra-se a geração de eletricidade através de células fotovoltaicas. Produzidos com materiais semicondutores, os painéis fotovoltaicos são capazes de absorver parte da radiação solar incidente e de transformá-la em energia elétrica, sem impactos ao meio ambiente (CHIVELET e SOLLA, 2010).

Além da gestão da energia, a gestão da água também é uma medida sustentável, que tem como meta adiar a escassez de um recurso natural. Neste contexto, o uso de águas pluviais para fins não potáveis evita o desperdício de água tratada para a irrigação, limpeza e descarga de vasos sanitários (COSTA, 2007).

Haja vista os diversos meios de empregar sustentabilidade às edificações, Silva (2003) destaca o uso de sistemas de avaliação, classificação e certificação de desempenho ambiental, como artifício eficaz para elevar o nível de desempenho de edificações novas ou existentes. As ferramentas e os métodos de avaliação contribuem para o entendimento do conceito de qualidade ambiental ao tratarem de aspectos a serem avaliados na concepção de construções sustentáveis (SALGADO, CHATELET, FERNANDEZ, 2012).

A Fundação Vanzolini trouxe para o Brasil a Certificação da Construção Sustentável - Processo AQUA-HQE, desenvolvida a partir da certificação francesa *Démarche HQE*. Os referenciais técnicos da certificação AQUA consideram as normas técnicas e as condições climáticas do país (VANZOLINI, 2019). Em 2011 A Fundação Vanzolini elaborou a primeira versão brasileira de um referencial AQUA voltado para organizações de saúde. O material oferece requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento e critérios de desempenho nas categorias da Qualidade Ambiental do Edifício (VANZOLINI, 2011).

Ao estudar sustentabilidade em estabelecimentos de saúde, Bitencourt (2006) afirma que o impacto ambiental gerado por tais edificações pode ser considerado dos mais severos para o meio ambiente. A importância, portanto, de aplicar tecnologias sustentáveis em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) se deve tanto às dimensões das instalações necessárias para as atividades desenvolvidas, quanto ao uso ininterrupto de diversos equipamentos, que fazem destas edificações grandes consumidoras de água e energia. Considera-se que os edifícios hospitalares também podem empregar tecnologias sustentáveis capazes de reduzir os prejuízos ambientais (LOBO, 2010).

### 1.1. Caracterização do Estabelecimento Assistencial de Saúde objeto de estudo

O EAS está localizado em Belo Horizonte e possui 4355m² divididos em três pavimentos e um subsolo. O primeiro pavimento é ocupado por uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA) com atendimento exclusivo pelo Sistema Único de Saúde (SUS); o segundo pavimento está em obras para receber um Ambulatório de Especialidades Médicas; o terceiro abriga um almoxarifado e o subsolo inclui estacionamento e serviços.

O ambulatório que será transferido para a edificação também atende exclusivamente pelo SUS. Atualmente funciona em um edifício vizinho, com atendimento de 12 horas diárias, de segunda a sexta, totalizando 60 horas semanais e cerca de 21 dias ao mês. A previsão de conclusão da obra para a sua transferência é para segundo semestre de 2019. O projeto do estabelecimento prevê 43 salas de consultórios/exames e sete salas administrativas. A nova sede contará com um elevador de macas e com sistema de condicionamento de ar em todos os consultórios, salas administrativas e áreas de espera.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar a viabilidade da implantação de Sistema Fotovoltaico e de Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial em um edifício que abriga uma Unidade de Pronto Atendimento e que passará também a contemplar um Ambulatório de Especialidades Médicas, com base nos critérios de avaliação de desempenho do Referencial Técnico de Certificação AQUA para Organizações de Saúde.

## 3. MÉTODO

O método do presente trabalho compreende três etapas principais:

1. Estudo de viabilidade para a implantação de sistema fotovoltaico;
2. Estudo de viabilidade para a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial;
3. Análise dos sistemas a partir dos critérios de avaliação do Referencial AQUA.

## 3.1. Estudo de viabilidade para a implantação de sistema fotovoltaico

A energia elétrica da edificação é provida pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). A rede é trifásica e a edificação está cadastrada no Grupo B, baixa tensão. A média do consumo atual foi calculada em KWh para o período de fevereiro de 2018 a fevereiro de 2019. O consumo após a mudança do ambulatório foi estimado pelo somatório da energia consumida por cada tipo de equipamento previsto. As potências das lâmpadas, do sistema de ar condicionado e do elevador foram obtidas junto aos fornecedores. Para os demais equipamentos foi utilizada a Planilha de Potência Média de Aparelhos Residenciais e Comerciais da Cemig (2019). Assim, o consumo para cada categoria de equipamento foi dado pela Equação 1:

$$Eeq = (N \times P \times d \times t) / 1000 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:
Eeq = energia consumida pelo equipamento [KWh/mês];
N = número de equipamentos [un];
P = potência do equipamento [W];
d = número de dias que o equipamento é usado durante o mês [dias];
t = tempo de uso do equipamento por dia [h].

A estimativa avaliou uma situação de consumo alto, em dias de verão, onde todos os consultórios e salas funcionariam ao mesmo tempo com ar condicionado e demais equipamentos ligados e lâmpadas acesas.

### *3.1.1. Dimensionamento de sistema fotovoltaico para a edificação*

Através do *software SketchUp,* foi apurada a área de cobertura para a instalação do sistema que não estivesse sombreada nos solstícios de inverno e verão. A análise abarcou o período entre 9:00 e 15:00 horas, quando há maior intensidade de radiação solar (MARINOSKI, SALAMINI, RÜTHER, 2004). Da área útil obtida foram subtraídos 15% para circulação de manutenção. A Potência do sistema foi obtida pela Equação 2:

$$P = A \times \eta \quad \text{Equação 2}$$

Onde:
P = Potência [KW]
A = Área [m²]
$\eta$ = eficiência dos módulos

De posse do valor da potência, se calculou o número de módulos do sistema, conforme Equação 3.

$$Nm = (P / Wp) \times 1000 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:
Nm = Número de módulos necessários [un]
P = Potência [KW]
Wp = Potência pico do modelo fotovoltaico [Wp]

Para o cálculo da Energia Compensada Diária, foi obtido o valor da irradiação solar diária média do local. O estudo convencionou a instalação dos painéis voltada para a direção Norte, inclinação 20º. De posse das coordenadas geográficas da edificação, foi obtido o valor para as Horas de Sol Pico (HSP) de Belo Horizonte para o plano dos módulos, através do programa *SunData v. 3.0* (CRESESB, 2019). Foi estimada uma eficiência de 80% para o sistema, devido às perdas na geração e transmissão da potência (Equação 4):

$$ECD = HSP \times P \times 0{,}8 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:
ECD = Energia compensada diária [KWh/dia]
HSP = Hora Sol Pico [KWh/m²dia]
P = Potência [KW]

Por fim, a partir da ECD foi possível obter o valor para a Energia Compensada Mensal (ECM).

### *3.1.2. Estimativa do investimento e do retorno financeiro*

Inicialmente foi realizada uma pesquisa de mercado sobre os valores praticados por três empresas mineiras. Os custos incluíram instalação, painéis, inversores, estruturas de suporte e demais componentes de um

sistema fotovoltaico. A estimativa do investimento inicial possibilitou calcular o *payback* simples, a partir da tarifa da CEMIG por kWh, já considerados os impostos (Equação 5). O *payback* simples considera apenas o valor inicial investido para a instalação do sistema, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

$$PAYBACK = I / (ECM \times T) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:
PAYBACK = Retorno financeiro [meses]
I = Investimento [R$]
ECM = Energia compensada mensal [KWh/mês]
T = Valor da tarifa da Cemig [R$]

## 3.2. Estudo de viabilidade para a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial

A concessionária responsável pelo abastecimento de água da edificação é a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). Para o estudo de viabilidade, foi obtido o consumo médio mensal atual através do histórico presente em faturas do ano de 2018. Já para obter a previsão do volume de água que será gasto por mês no ambulatório foi realizada uma estimativa de usuários para o empreendimento. Os usuários foram separados em três categorias: funcionário administrativo, profissional de saúde e paciente/acompanhante.

O cálculo do consumo de água dos profissionais administrativos considerou o uso da copa de funcionários e dos equipamentos sanitários para a higiene pessoal. Já para os profissionais de saúde, como a escala de trabalho varia de acordo com os dias da semana e com o agendamento de consultas, foi considerado um profissional por consultório/sala de exame por dia. Logo, considerou-se que cada médico lava as mãos antes de cada consulta e após a última consulta. Além do uso previsto dos lavatórios para atendimentos, foi considerado o uso da copa de funcionários e dos banheiros. O consumo de pacientes e acompanhantes foi calculado separadamente por ser uma categoria de usuários que permanecem por menor tempo na edificação. A estimativa considerou um acompanhante por paciente e o uso da água para higiene pessoal. O consumo mensal para cada perfil de usuário por equipamento foi dado pela Equação 6:

$$Cm = Nu \times f \times v \times t \quad \text{Equação 6}$$

Onde:
Cm é o consumo mensal por perfil de usuário por equipamento [L/dia];
Nu é o número de usuários dentro da categoria [un];
f é a frequência de uso do equipamento [usos/dia];
v é a vazão do equipamento [L/s];
t é o tempo de uso do equipamento por acionamento [s].

A vazão de cada equipamento teve como referência os dados constantes na NBR 5626 de 1998 – Instalação Predial de Água Fria (ABNT, 1998). A frequência e o tempo de uso de cada equipamento pelos usuários foram baseados no Manual para Aplicação do RTQ-C para edifícios comerciais, de serviços e públicos (PROCEL, 2017).

Por fim, foi realizada a estimativa de consumo de água para a limpeza do ambulatório, com base nos manuais de higienização e limpeza elaborados pelo Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS, 2015) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2012).

### *3.2.1. Dimensionamento de sistema de aproveitamento de água pluvial*

Para o dimensionamento do sistema foi consultada a NBR15527 - Requisitos para o aproveitamento da água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (ABNT, 2007). A norma expõe seis métodos de dimensionamento de reservatórios: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano. O método utilizado foi o da Simulação, que parte de um volume pré-estabelecido para posterior análise da eficiência do sistema. As Equações 7 e 8 indicam o método de cálculo:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Equação 7}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad \text{Equação 8}$$

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$, Onde:
$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no tempo t [m³];
$S_{(t-1)}$ = Volume de água no reservatório no tempo t-1 [m³];
$Q_{(t)}$ = Volume de chuva no tempo t [m³];

$D_{(t)}$ = Consumo ou demanda no tempo t [m³];
V = Volume do reservatório fixado [m³];
C = Coeficiente de escoamento superficial [m³].
P = Precipitação da chuva [mm]
A = Área de captação

Para a aplicação do método foram consultados os dados pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia para o período de 1981 a 2010 (INMET, 2018). O volume do reservatório foi fixado conforme a área disponível no terreno, com o uso de cisterna subterrânea e rede pressurizada. A área de captação foi estabelecida de acordo com o diagrama de cobertura da edificação próximo à localização prevista para a cisterna. A demanda visa atender ao volume de água mensal para irrigação de jardins e lavagem de piso do subsolo e das áreas externas. Para ser utilizada em áreas internas com fluxo de pacientes, a água pluvial deve passar por tratamento especial que atenda a parâmetros químicos e microbiológicos que garantam a saúde dos usuários, tendo em vista tratar-se de uma edificação para atendimento de saúde. Não foi considerado o uso de água pluvial para a descarga de vasos sanitários porque todas as instalações sanitárias do prédio estão concluídas e a adequação da rede, além de onerosa, exigiria uma interrupção nos atendimentos da UPA. Logo, o estudo esteve direcionado para a possibilidade que teria maior facilidade de implantação.

#### *3.2.2. Estimativa do investimento e do retorno financeiro*

O investimento previsto para o sistema foi obtido através de pesquisa de mercado com três empresas brasileiras. Foi considerado o valor dos reservatórios com acessórios para captação da água, acrescido de 50% para despesas com mão de obra e demais equipamentos para a instalação. O cálculo do *payback* simples (Equação 9) considerou a tarifa para Categoria Pública com consumo superior a 200m³ (ARSAE-MG, 2018).

$$PAYBACK = I / (AP \times T) \quad \text{Equação 9}$$

Onde:
PAYBACK = Retorno financeiro [anos]
I = Investimento [R$]
AP = Água pluvial coletada por ano [m³]
T = Valor da tarifa da Copasa [R$]

### 3.3. Análise dos sistemas a partir dos critérios de avaliação do Referencial AQUA.

Para a avaliação dos sistemas dimensionados foram utilizados os critérios presentes no Referencial Técnico de Certificação AQUA para Edifícios do Setor de Serviços – Organizações de Saúde. Assim, foi elaborada uma planilha comparativa entre os critérios de avaliação, níveis de desempenho e pontuação contidos no referencial e os resultados obtidos para os sistemas fotovoltaico e de captação de água pluvial.

Dessa forma, para a análise do sistema fotovoltaico foram observados os critérios de avaliação presentes Categoria 4 do referencial, que trata da Gestão da Energia. A análise se restringiu aos critérios da subcategoria 4.2 – Redução de Energia Primária, com ênfase aos níveis de desempenho para o recurso às energias renováveis locais. Embora o referencial enfatize o uso de aquecimento solar da água, o mesmo não foi considerado no presente trabalho devido à natureza dos estabelecimentos em estudo (Unidade de Pronto Atendimento e Ambulatório) não contemplar internação, o que reduz significativamente a demanda por água quente em relação a hospitais. Além disso, serviços que demandam o uso de água quente, como preparo de alimentos, lavagem de roupas e esterilização de materiais não são realizados na edificação em estudo.

Já para a análise do sistema de captação de água pluvial, foram utilizados os critérios de avaliação da Categoria 5 (Gestão da Água). A análise se reduziu aos critérios da subcategoria 5.1 – Redução do Consumo de Água Potável, voltados para o aproveitamento de água pluvial.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Estudo de viabilidade para a implantação de um sistema fotovoltaico

Pela análise do histórico do consumo presente na fatura emitida pela Concessionária, observou-se que a edificação atualmente consome em média 28.062KWh/mês. A Tabela 1 apresenta os resultados da estimativa para o acréscimo do consumo de energia da edificação quando o Ambulatório estiver em funcionamento.

Tabela 1 – Estimativa do consumo mensal de energia para o Ambulatório

| Equipamento | Quantidade | Potência (W) | Dias de uso | Tempo de uso (h) | Total (KWh/mês) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sistema ar cond. VRF | 1 | 80940 | 21 | 12 | 20.396,88 |
| Elevador de macas | 1 | 10700 | 21 | 10 | 2247 |
| Computador | 63 | 250 | 21 | 12 | 3969 |
| Impressora | 48 | 90 | 21 | 1 | 90,72 |
| Televisão | 4 | 200 | 21 | 12 | 201,6 |
| Geladeira | 1 | 250 | 21 | 16 | 84 |
| Lâmpadas led | 62 | 10 | 21 | 12 | 156,24 |
| Lâmpadas led | 362 | 20 | 21 | 12 | 1.824,48 |
| **Total** | | | | | **28.969,92** |

Assim, com a transferência do ambulatório para a edificação em estudo, haverá um acréscimo mensal de aproximadamente 28.970KWh no consumo de energia elétrica, o que corresponde a um aumento de 103%. Dessa forma, o consumo total da edificação passará a ser de, aproximadamente, 57.032 KWh/mês.

### *4.1.1. Dimensionamento de sistema fotovoltaico para a edificação*

A edificação é composta pelos Blocos A e B (Figura 1). O estudo de sombras mostrou que a instalação dos painéis é viável apenas na cobertura do Bloco A. Dos 955m² de cobertura do Bloco A, foram abatidos 115m² sombreados pelo reservatório superior. Do valor obtido foram subtraídos 15% para área de circulação. A área resultante para os painéis é de 714m² (Figura 2). Foram considerados módulos de 330Wp, 72 células e eficiência 17%.

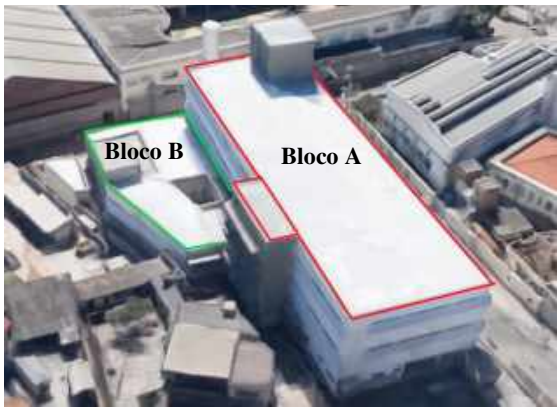



Figura 1 – Edificação em estudo

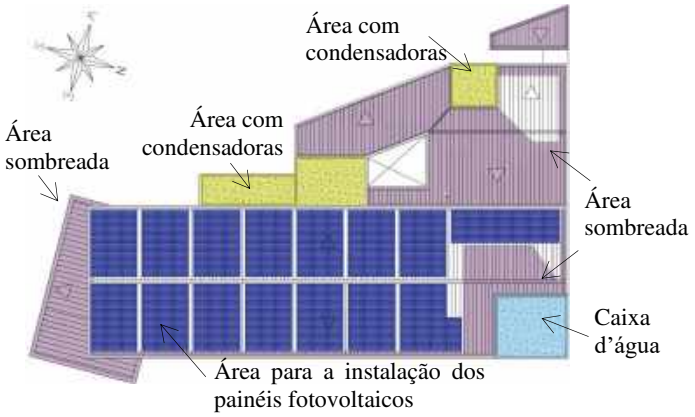



Figura 2 – Diagrama de cobertura com a área disponível para a instalação dos painéis fotovoltaicos.

A Tabela 2 apresenta resultados para o dimensionamento do sistema fotovoltaico:

Tabela 2 – Dimensionamento de sistema fotovoltaico para a edificação

| Área disponível [m²] | Eficiência dos módulos [%] | Potência [KW] | Nº de módulos [330Wp] | Hora sol pico BH 20°N [KWh/m²dia] | Eficiência do sistema [%] | Energia compensada diária [KWh/dia] | Energia compensada mensal [KWh/mês] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 714 | 17 | 121,38 | 368 | 5,36 | 80 | 520,47 | 15.614,3 |

O sistema fotovoltaico conseguiria produzir, aproximadamente, 15.614,3KWh/mês, o que seria capaz de suprir, 27,38% do consumo de energia previsto para a edificação após a transferência do ambulatório.

### *4.1.2. Estimativa do investimento e do retorno financeiro do sistema fotovoltaico*

Os orçamentos obtidos pela pesquisa de mercado foram apresentados de forma global pelas empresas consultadas. De acordo com estudos realizados pelo Instituto para Desenvolvimento de Energias Renováveis na América Latina, na composição dos custos de sistemas fotovoltaicos, em geral, 38% correspondem ao investimento nos painéis; 21% aos inversores; 14% às despesas com projeto e instalação; 10% às estruturas metálicas de suporte; 10% a despesas administrativas; e 7% a demais componentes do sistema (IDEAL, 2018). De posse do valor tarifário praticado pela Cemig, foi possível obter o valor aproximado da economia mensal e anual gerada pelo sistema, conforme Tabela 3. Com isso, o *payback* simples foi calculado em 2 anos e 11 meses (35 meses).

Tabela 3 – Investimento, economia e retorno financeiro do sistema fotovoltaico dimensionado

| Investimento [R$] | Tarifa Cemig[R$] | Economia mensal [R$] | Economia anual [R$] | Retorno financeiro [meses] |
|---|---|---|---|---|
| 434.826,86 | 0,80 | 12.492,91 | 149.914,89 | 34,81 |

BOGONI e PAN (2018) salientam que durante a vida útil dos módulos fotovoltaicos, estimada entre 25 e 30 anos, será necessário novo investimento para a substituição de alguns componentes, como é o caso dos inversores que têm vida útil entre 10 e 15 anos. Este valor não foi computado na presente análise, o que pode aumentar o tempo de retorno estimado.

## 4.2. Estudo de viabilidade de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial

No ano de 2018 o atual Ambulatório de Especialidades Médicas ofereceu cerca de 6.857 consultas/mês, o que equivale a 229 consultas/dia. O novo estabelecimento terá 43 salas de consultórios/exames, e uma média de 5,32 consultas/consultório/dia. Estão previstas sete salas administrativas, com área de trabalho para 23 funcionários. O histórico do consumo de água de 2018 da edificação em estudo indica que, naquele ano, foram consumidos, em média, 499m³ de água por mês. A Tabela 4 exibe os resultados da estimativa para o consumo de água do ambulatório após a transferência.

Tabela 4 – Estimativa do consumo mensal de água para o ambulatório

| Perfil | Equipamentos | Usuários | Usos/dia | Vazão (L/s) | Tempo (s) | Consumo (L/dia) | Consumo (m³/dia) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Funcionários administrativos | Vaso sanitário | 23 | 3 | 1,7 | 3,5 | 410,55 | 0,41 |
| | Lavatório | 23 | 3 | 0,15 | 15 | 155,25 | 0,16 |
| | Pia de copa | 23 | 1 | 0,25 | 15 | 86,25 | 0,09 |
| | **Total** | | | | | **652,05** | **0,65** |
| Profissionais de saúde | Vaso sanitário | 43 | 3 | 1,7 | 3,5 | 767,55 | 0,77 |
| | Lavatório | 43 | 9,32 | 0,15 | 15 | 901,71 | 0,90 |
| | Pia de copa | 43 | 1 | 0,25 | 15 | 161,25 | 0,16 |
| | Pia de dejetos | 43 | 1 | 1,7 | 3,5 | 255,85 | 0,26 |
| | **Total** | | | | | **2.086,36** | **2,09** |
| Pacientes e acompanhantes | Vaso sanitário | 458 | 0,5 | 1,7 | 3,5 | 1.362,55 | 1,36 |
| | Lavatório | 458 | 0,5 | 0,15 | 15 | 515,25 | 0,52 |
| | **Total** | | | | | **1.877,8** | **1,88** |
| **Consumo total - usuários** | | | | | | **4.616,21** | **4,61** |

| Limpeza/ Categoria | Área [m²] | Nº baldes | Volume do balde [L] | Rendimento [balde/ m²] | Frequência limpeza concorrente | Frequência limpeza terminal | Consumo (L/dia) | Consumo (m³/dia) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Área semicrítica | 426 | 2 | 16 | 10 | 1,5 | 0,07 | 2.136 | 2,14 |
| Área não crítica | 510 | 2 | 16 | 10 | 1 | 0,03 | 1.686 | 1,69 |
| **Consumo total - limpeza** | | | | | | | **3.822** | **3,82** |

| Consumo total - Ambulatório | Consumo [L] | Consumo [m³] |
|---|---|---|
| Total diário | 8.438 | 8 |
| Total mensal | 177.204 | 177 |
| Total anual | 2.126.449 | 2.126 |

De tal modo, a transferência do ambulatório acarretará um aumento próximo a 177m³ no consumo mensal de água. O resultado corresponde a um acréscimo de 35,5%. Logo, o consumo total de água da edificação passará a ser de, aproximadamente, 676m³/mês e 8.112m³/ano.

### *4.2.1. Dimensionamento de sistema de aproveitamento de água pluvial para a edificação*

As Tabelas 5 e 6 exibem, respectivamente, as estimativas para a demanda mensal de água para irrigação e para limpeza do piso do subsolo e das áreas externas da edificação. Os resultados indicam um valor de, aproximadamente, 60m³, o que corresponde a 8,88% do consumo total de água previsto para a edificação após a transferência do ambulatório.

Tabela 5 – Estimativa da demanda de água para irrigação

| Categoria | Área [m²] | Volume de água [L/m²] | Frequência | Consumo [L/dia] | Consumo [m³/dia] | Consumo [m³/mês] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Irrigação | 292 | 1,5 | 0,50 | 219 | 0,22 | 7 |

Tabela 6 – Estimativa da demanda de água para limpeza do piso do subsolo e das áreas externas da edificação

| Categoria | Área [m²] | Volume de água [L/m²] | Frequência limpeza concorrente | Frequência limpeza terminal | Consumo [L/dia] | Consumo [m³/dia] | Consumo [m³/mês] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Serviços | 287 | 3,2 | 1,00 | 0,03 | 949 | 0,95 | 28 |
| Estacionamento | 1255 | 1,5 | 0,29 | | 538 | 0,54 | 16 |
| Área externa | 634 | 1,5 | 0,29 | | 272 | 0,27 | 8 |
| Total | | | | | 1759 | 1,76 | 53 |

A área de captação de 810m² corresponde ao somatório das áreas de cobertura com caimento próximo ao local previsto para a instalação da cisterna, conforme apresentado na Figura 3. O reservatório teve o volume estimado em 10m³.

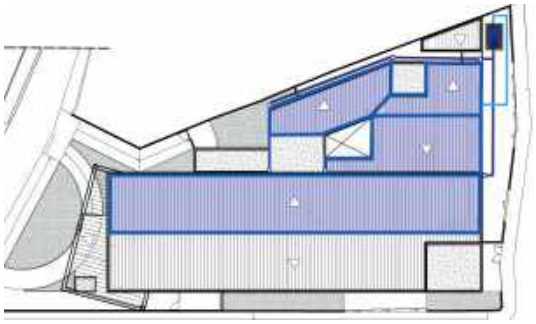


Figura 3 – Diagrama de cobertura com a área de captação de água pluvial e com a localização do reservatório

A eficiência do sistema está exposta na Tabela 7, adaptada de Thomaz (2007):

Tabela 7 – Dimensionamento de sistema aproveitamento de água pluvial

| Meses | Chuva média | Demanda mensal | Área de captação | Volume chuva em m³ c=0,8 | Volume do reservatório fixado | Volume do reservatório no tempo t-1 | Volume do reservatório no tempo t | Overflow | Provisão de água externa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan. | 329,1 | 60 | 810 | 213 | 10 | 0 | 10 | 143 | 0 |
| Fev. | 181,4 | 60 | 810 | 118 | 10 | 10 | 10 | 58 | 0 |
| Mar. | 198 | 60 | 810 | 128 | 10 | 10 | 10 | 68 | 0 |
| Abr. | 74,7 | 60 | 810 | 48 | 10 | 10 | -2 | 0 | 2 |
| Maio | 28,1 | 60 | 810 | 18 | 10 | 0 | -42 | 0 | 42 |
| Jun. | 9,7 | 60 | 810 | 6 | 10 | 0 | -54 | 0 | 54 |
| Jul. | 7,9 | 60 | 810 | 5 | 10 | 0 | -55 | 0 | 55 |
| Ago. | 14,8 | 60 | 810 | 10 | 10 | 0 | -50 | 0 | 50 |
| Set. | 55,5 | 60 | 810 | 36 | 10 | 0 | -24 | 0 | 24 |
| Out. | 104,7 | 60 | 810 | 68 | 10 | 0 | 8 | 0 | 0 |
| Nov. | 239,8 | 60 | 810 | 155 | 10 | 8 | 10 | 93 | 0 |
| Dez. | 358,9 | 60 | 810 | 233 | 10 | 10 | 10 | 173 | 0 |
| **Total** | **1.603,0** | **720** | | **1038** | | | | **535** | **226** |

O sistema é capaz de suprir a demanda de 60m³ durante 6 meses ao ano. Haverá necessidade de provisão de água externa nos meses de pouca chuva. O volume de 226m³ corresponde ao valor total de água externa necessária, equivalente a 31,45% da demanda anual. Assim, serão aproveitados 494m³/água/ano (68,55% da demanda; 6% do consumo total de água potável da edificação).

### *4.2.2. Estimativa do investimento e do retorno financeiro do aproveitamento da água pluvial*

A pesquisa de mercado sobre os custos da cisterna de 10m³ equipada com acessórios para a instalação do sistema chegou ao valor médio de R$12.301,64. A este valor foram acrescidos 50% para mão de obra e demais materiais e equipamentos essenciais à instalação. Os resultados (Tabela 8) mostram um retorno financeiro próximo de 3 anos e 5 meses. O volume de água poupado indica economia anual de R$5.405,25.

Tabela 8 – Investimento e retorno financeiro para o sistema de aproveitamento de água pluvial

| Volume de água economizado ao ano [m³] | Investimento [R$] | Tarifa Copasa [R$/m³] | Retorno financeiro [anos] |
|---|---|---|---|
| 494 | 18.452,47 | 10,942 | 3,41 |

## 4.3. Análise dos sistemas a partir dos critérios de avaliação do Referencial AQUA.

O Quadro 1 apresenta a avaliação dos resultados obtidos, a partir dos critérios e níveis de desempenho do Referencial AQUA - Organizações de Saúde, para o uso de energias renováveis e para a redução do uso de água potável, com aproveitamento da água da chuva. B representa nível bom, S superior e E nível excelente. Nos itens analisados são indicados referenciais apenas para B e E, não havendo indicação para nível S.

Quadro 1 – Análise dos sistemas dimensionados a partir dos critérios estabelecidos no Referencial AQUA

| | **Critérios de avaliação** | | | **Desempenho** | | **Resultados** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | **Critérios de avaliação** | **Desempenho** | |
| | | | | **Nível** | **Pontos em E** | | **Nível** | **Pontos em E** |
| Sistema Fotovoltaico | Estudo de viabilidade sobre o uso das energias renováveis locais | | | B | | Estudo de viabilidade realizado | B | |
| | Exploração de modalidades energéticas locais de origem renovável | Explicitar a porcentagem de cobertura das necessidades por energias locais renováveis | | E | 1 | 27,38% | E | 1 |
| | | Justificativa da pertinência da modalidade | Porcentagem de cobertura das necessidades ( ≥ 5%) | | | Atende | | |
| | | | Uso final para o qual a modalidade é utilizada | | | Atende | | |
| | | | Eficácia dos equipamentos | | | Atende | | |
| | | | Impacto ambiental | | | Atende | | |
| | | | Tempo de retorno do investimento (< 10 anos) | | | Atende = 2 anos e 11 meses | | |
| | Pontuação complementar - Nível de desempenho da modalidade | Produção de eletricidade acima de 25KWh/ano/m² | | E | 2 | Atende = 43KWh/ano/m² | E | 2 |
| Água Pluvial | Limitar o uso de água potável | Implantação de sistema de recuperação de águas pluviais para usos que não necessitem das características de potabilidade | | E | 4 | Atende | E | 4 |
| | Garantir economia de água potável para irrigação dos espaços verdes e limpeza das áreas | Respeitar requisitos regulamentares | | B | | Atende | B | |
| | | Medidas justificadas e satisfatórias para economizar água potável para irrigação e limpeza (≥40% de economia/consumo total) | | E | 5 | Não atende | - | - |

O sistema fotovoltaico atingiu todos os requisitos para o uso de energias renováveis: O estudo de viabilidade foi realizado e o sistema cobriu 27,38% das necessidades; a porcentagem de cobertura está acima do valor mínimo citado no referencial (5%); o uso final da modalidade é pertinente, devido ao uso contínuo e simultâneo de vários equipamentos, o que gera alto consumo de energia elétrica; embora o referencial não explicite um parâmetro de eficácia para equipamentos, os módulos atuais de 330Wp possuem eficiência próxima de 17% e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia classifica como "A" módulos com eficiência energética acima de 13,5% (INMETRO, 2017); a energia solar é uma fonte renovável e as placas possuem vida útil longa, onde a geração de energia limpa compensa o impacto do processo de fabricação dos módulos; o tempo de retorno financeiro é inferior a 10 anos; a produção de eletricidade de 43KWh/ano/m$^2$ está acima do valor mínimo estipulado pelo referencial.

O referencial garante 4 pontos para a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial. Porém, o sistema não alcançou todos requisitos para o nível Excelente porque a economia de água potável correspondeu a 6% do consumo total previsto para a edificação e o referencial recomenda no mínimo 40%.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados apontam para a importância de estudar a viabilidade de investir em sustentabilidade para edificações de saúde, através de um referencial. O estudo compreendeu a análise de duas medidas sustentáveis, sendo uma na gestão da energia e outra na gestão da água.

O sistema fotovoltaico apresentou economia considerável e período de retorno de investimento pequeno. Como a estimativa de consumo foi dimensionada para dias de verão, quando o uso de aparelhos de ar condicionado é mais frequente, nas demais estações do ano o sistema poderá gerar uma economia maior.

Por outro lado, o sistema de aproveitamento de água pluvial não alcançou o nível de desempenho estipulado pelo Referencial AQUA, em grande parte, devido à baixa demanda utilizada para o dimensionamento, que considerou o uso de água pluvial apenas para irrigação e lavagem de pisos das áreas externas e subsolo. Cabe ressaltar que a análise do Referencial AQUA avalia a eficiência do sistema a partir do consumo global da edificação. Assim, devido ao grande porte do empreendimento, a eficiência do sistema

foi considerada relativamente baixa. Entretanto, considerou-se que a implantação do sistema teria um custo razoável, com tempo de retorno de investimento inferior a 5 anos e que não necessitaria de grandes intervenções na rede hidrossanitária instalada. Com isso, independentemente do nível de desempenho atingido, seria interessante a implantação do sistema.

Por fim, o estudo mostrou que existem tecnologias capazes de reduzir os impactos ambientais de edificações, com curto tempo de retorno sobre o investimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.8p.

_____. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.41p.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies.** Brasília: ANVISA, 2012

ARSAE-MG - AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MINAS GERAIS. Resolução ARSAE-MG 111, de 28 de junho de 2018. **Autoriza a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa a aplicar aos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados as tarifas constantes do Anexo desta Resolução e dá outras providências**.

BOGONI, J. J.; PAN, A. C. **Sistema fotovoltaico conectado à rede em um prédio residencial localizado em Porto Alegre**. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018, Gramado. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.

BITERCOURT, F. A sustentabilidade em ambientes de serviços de saúde: um componente de utopia ou de sobrevivência? In: CARVALHO, A. **Quem tem medo da Arquitetura Hospitalar?** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2006. p. 13-48.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

CEMIG. **Potência média de aparelhos residenciais e comerciais**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/POT%C3%8ANCIA%20M%C3%89DIA%20DE%20APARELHOS%20RESIDENCIAIS%20E%20COMERCIAIS.pdf>, acesso em 25 de fevereiro de 2019.

CHIVELET, N; SOLLA, I. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura.** Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010.

COSTA, R. Água: um bem público de valor econômico, In: COSTA, R; Telles, D. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007

CONASS - CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE. **Manual de higienização e limpeza**. Brasília: CONASS, 2015.

CRESESB. Potencial Solar - SunData v 3.0. **CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**, 2019. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 02 de março de 2019.

GAUZIN-MULLER, D. **Arquitetura Ecológica**. Tradução de Celina Olga de Souza e Caroline Fretin de Freitas. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011.

IDEAL – Instituto para Desenvolvimento de Energias Renováveis na América Latina. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica**. 2018. Disponível em: < https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/estudofv2018_digital3>. Acesso em 5 de julho de 2019.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010**. Brasília: Edição Digital, 2018. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br/portal/normais_climatologicas/mobile/index.html#p=5>. Acesso em 15 de março de 2019.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de eficiência energética – sistema de energia fotovoltaica – módulos**, 2017. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf>. Acesso em 10 de abril de 2019.

LOBO, A.V. **Ferramenta de avaliação de sustentabilidade ambiental em edificações hospitalares na região metropolitana de Curitiba**. 2010. 269f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. **Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: Estudo de caso do Edifício sede do CREA-SC**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável & X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. P 678-691. São Paulo, 2004.

PROCEL. **Manual para aplicação do RTQ-C Comercial, de serviço e público**. V4. Rio de Janeiro: Procel/Eletrobrás, 2017. Disponível: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf>. Acesso em 15 de março de 2019.

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. Produção de Edificações Sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em área s urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto**. 6° Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva. Belo Horizonte: 2007.

VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE, 2019**. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe>. Acesso em 20 de março de 2019.

_____. **Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA - Organizações de Saúde**. São Paulo: FCAV, 2011. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2018/08/RT-organizac%CC%A7o%CC%83es_de_saude_v0_junho2011.pdf>. Acesso em 26 de fevereiro de 2019.