

**VICTOR ARRUDA FERRAZ DE CAMPOS**

**Implantação de um condomínio sustentável**

Guaratinguetá - SP  
2016

**Victor Arruda Ferraz de Campos**

**Implantação de um condomínio sustentável**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

Guaratinguetá - SP  
2016

C198i	<p>Campos, Victor Arruda Ferraz de Implantação de um condomínio sustentável / Victor Arruda Ferraz de Campos – Guaratinguetá, 2016. 59 f. : il. Bibliografia : f. 50-52</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva</p> <p>1. Arquitetura sustentável. 2. Eficiência do uso da água. 3. Energia solar. 4. Construção civil. I. Título</p>
-------	--

VICTOR ARRUDA FERRAZ DE CAMPOS

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

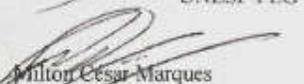
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

  
Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Msc. Daniel Silveira  
UNESP-FEG

  
Milton César Marques  
UNESP-FEG

Dezembro de 2016

Dedico este trabalho ao  
meu sobrinho Pedro Augusto.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à minha família, que sem o imensurável apoio não conseguiria prosseguir minha jornada. Em especial às mulheres de minha vida: Ana, Amanda, Darci e Lúdia. E ao meu pai, Ronaldo. Vocês são os pilares que me dão sustentação.

aos meus amigos que durante todos esses anos morando em Guaratinguetá se tornaram minha segunda família, compartilhando experiências e aprendizados que levarei para a vida toda. Obrigado Dona Maria e irmãos Augusto, Fábio, Gabriel, Lucas, Matheus, Pedro, Renan e Thiago.

ao meu orientador, *Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva* pelo incentivo à realização deste trabalho e pelas aulas ministradas durante minha graduação.

à família que ganhei no intercâmbio, que me presenteou com uma vida inteira dentro de um ano.

aos funcionários e professores da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela atenção e dedicação durante todos os anos de minha graduação.

Todos os dias agradeço a Deus por ter colocado em meu caminho as pessoas citadas acima. E serei eternamente grato.

“[...] Agora é encararmos o destino  
E salvamos o que resta;  
É aprendermos com o nordestino,  
Que pra seca se adestra;  
E termos como guias os indígenas,  
E determos o desmate,  
E não agirmos que nem alienígenas  
No nosso próprio habitat [...]”

**Carlos Rennó**

## RESUMO

Neste trabalho são apresentadas ecotécnicas aplicáveis à construção civil para aproveitamento da água da chuva, geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos e tratamento de esgoto. O objetivo do trabalho é a elaboração do projeto de um condomínio residencial com foco na sustentabilidade e eficiência energética. O condomínio é composto por dez casas que apresentam sistemas de captação de água pluvial através da implantação de telhados verdes, que também funcionam como reguladores térmicos e isolantes acústicos. O sistema possibilita o armazenamento da água da chuva para fins não potáveis em cisternas enterradas no solo. Integrados à cobertura verde, dimensionou-se sistemas de painéis fotovoltaicos para a microgeração de energia elétrica necessária para atender ao consumo mensal de cada residência, garantindo economia aos moradores. A rede coletora de esgoto foi dimensionada de tal forma que todas as residências recebem tratamento de esgoto *in loco*, com instalação de uma fossa séptica ecológica na área comum do condomínio. Verificou-se a viabilidade de implantação destas ecotécnicas a partir da análise dos custos de instalação e também das condições climáticas do local. Concluiu-se que as ecotécnicas apresentadas são alternativas que integram eficiência energética e sustentabilidade, garantindo economia e consciência ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade. Eficiência energética. Aproveitamento da água pluvial. Energia solar.

## ABSTRACT

This work presents ecotechnics applicable to civil construction for the use of rainwater harvesting, electric power generation from photovoltaic panels and sewage treatment. The objective of the work is the elaboration of the project of a residential condominium with focus on sustainability and energy efficiency. The condominium consists of ten houses that present pluvial water capture systems through the implantation of green roofs, which also function as thermal regulators and acoustic insulation. The system makes it possible to store rainwater for non-potable purposes in tanks buried in the soil. Integrated to the green roof, photovoltaic panels systems were designed for the microgeneration of electric energy needed to meet the monthly consumption of each residence, guaranteeing savings to the residents. The sewage collection network has been dimensioned in such a way that all residences receive sewage treatment *in loco*, with the installation of an ecological septic tank in the common area of the condominium. The feasibility of implementing these ecotechnics was verified by analyzing the installation costs and also the local climatic conditions. It was concluded that the ecotechnics presented are alternatives that integrate energy efficiency and sustainability, guaranteeing economy and environmental awareness.

**KEYWORDS:** Sustainability. Energy efficiency. Rainwater harvesting. Solar energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema Fotovoltaico conectado a rede .....	13
Figura 2 – Mapa solarimétrico brasileiro .....	14
Figura 3 – Temperatura superficial do solo em sistemas integrados e telhados verdes .....	16
Figura 4 – Geração de energia de painéis fotovoltaicos .....	16
Figura 5 – Sistema integrado telhado verde e painéis fotovoltaicos .....	17
Figura 6 – Sistema de captação de água da chuva .....	19
Figura 7 – Sistema alveolar leve.....	23
Figura 8 – Tijolos solo-cimento.....	26
Figura 9 – Tipos de tijolos solo-cimento.....	26
Figura 10 – Instalações hidráulicas e elétricas integradas à alvenaria solo-cimento.....	27
Figura 11 – Construção com utilização de tijolos solo-cimento .....	27
Figura 12 – Tijolos de solo-cimento com função estrutural.....	28
Figura 13 – Pastilhas de revestimento 100% recicláveis .....	29
Figura 14 – Bacia sanitária de duplo fluxo .....	29
Figura 15 – Reguladores de vazão.....	29
Figura 16 – Piso de borracha Pisoleve .....	30
Figura 17 – Sistema de tratamento de esgoto <i>in loco</i> .....	31
Figura 18 – Locação e dimensões do terreno .....	34
Figura 19 – Planta de locação dos lotes e infra-estrutura do condomínio .....	35
Figura 20 – Pavimentos inferior e superior das residências.....	36
Figura 21 – Direções do escoamento da água e projeção da vala para a cisterna .....	37
Figura 22 – Drenagem do telhado verde .....	38
Figura 23 – Representação das áreas de cobertura verde.....	39
Figura 24 – Irradiação solar diária média mensal.....	39
Figura 25 – Painéis voltados à direção Norte.....	43
Figura 26 – Trajetória do sol no verão .....	43
Figura 27 – Trajetória do sol no inverno.....	43
Figura 28 – Escavações da rede de esgoto .....	45
Figura 29 – Vista aérea do condomínio .....	46
Figura 30 – Interior do condomínio .....	46
Figura 31 – Comparativo de preço por m <sup>2</sup> de parede acabada .....	48
Figura 32 – Gráfico de porcentagens dos custos em relação ao total .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de água em diversas edificações .....	20
Tabela 2 – Tipos de telhados verdes e suas principais características .....	21
Tabela 3 – Tipos de substrato para telhados verdes .....	22
Tabela 4 – Comparativo de custo/benefício entre lâmpadas .....	24
Tabela 5 – Variação do coeficiente de Runoff em telhados verdes .....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
3.1	ECOTÉCNICAS .....	12
<b>3.1.1</b>	<b>Eficiência Energética</b> .....	12
3.1.1.1	Painéis fotovoltaicos.....	14
<b>3.1.2</b>	<b>Aproveitamento da água da chuva</b> .....	18
3.1.2.1	Telhado verde.....	21
<b>3.1.3</b>	<b>Iluminação</b> .....	24
<b>3.1.4</b>	<b>Materiais e equipamentos sustentáveis</b> .....	25
3.1.4.1	Tijolo solo-cimento.....	25
3.1.4.2	Pastilhas de revestimento .....	28
3.1.4.3	Equipamentos hidráulicos .....	28
3.1.4.4	Piso de borracha .....	29
<b>3.1.5</b>	<b>Tratamento de esgoto</b> .....	31
3.2	LEGISLAÇÃO .....	32
3.3	CERTIFICADOS E SELOS SUSTENTÁVEIS .....	32
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	34
4.1	DESCRIÇÃO DO PROJETO .....	35
4.2	PROJETO ARQUITETÔNICO .....	37
4.3	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	37
4.4	SISTEMA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS GRID-TIE .....	41
4.5	TRATAMENTO DE ESGOTO <i>IN LOCO</i> .....	44
4.6	CONCEPÇÃO FINAL DO CONDOMÍNIO .....	45
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE CUSTOS</b> .....	46
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	49
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	50
	<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b> .....	53
	<b>ANEXO A – ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DE VOTORANTIM</b> .....	54
	<b>ANEXO B – SIMULAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA</b> ..	56

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas recentes trazem expectativas pessimistas sobre o futuro do planeta e alertam para a necessidade do desenvolvimento sustentável, a começar pela forma como são construídas as residências e como são criados novos hábitos que visam à diminuição da degradação da natureza.

Ao longo dos anos a engenharia apresenta soluções para as necessidades que o homem tem para se desenvolver e viver em harmonia entre si e com o meio ambiente. A constante busca por um lar confortável, seguro e com privacidade fez com que não apenas novos materiais fossem desenvolvidos com o tempo, mas também novas técnicas construtivas fossem adotadas. Porém, há um importante fator limitante do emprego dessas técnicas: o elevado custo.

No entanto a realidade atual é do fomento das idéias sustentáveis que aos poucos vão ganhando cada vez mais espaço na construção civil, tornando-se importantes fatores na modernização das cidades e suas edificações. Os custos, até então muito elevados, começam a se tornar mais acessíveis haja vista a crescente demanda por novas técnicas e materiais mais sustentáveis.

Considerando o momento de incertezas quanto às conseqüências das mudanças climáticas e quais as atitudes que devem ser tomadas daqui para frente, é importante que a engenharia se adapte aos novos padrões e novos costumes que surgem. A sustentabilidade deve estar presente em todas as atividades humanas para que futuras gerações possam desfrutar dos mesmos recursos que hoje estão disponíveis na natureza.

Com tudo isso, a elaboração deste trabalho é conseqüência do questionamento das técnicas construtivas tradicionais no Brasil que, em geral, não demonstram preocupação com a eficiência energética e o uso consciente da água. Através do projeto deste condomínio sustentável faz-se uma abertura a novos pensamentos que podem alterar o curso da construção civil no Brasil, buscando construções mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é projetar um condomínio residencial com foco na sustentabilidade e eficiência energética, a partir da adoção de ecotécnicas para construção civil.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 ECOTÉCNICAS**

Existem diversas maneiras de aplicação das ecotécnicas, que de acordo com SILVA E MAGALHÃES (1993) “se constituem no embasamento infra-estrutural da compatibilização da cidade ao ambiente, minimizando o impacto das intervenções necessárias”. São técnicas construtivas que consideram o melhor aproveitamento dos materiais e recursos disponíveis, utilização consciente da água e da energia elétrica, bem como a preocupação com os impactos ambientais que podem ser evitados, garantindo uma construção sustentável e menos agressiva ao meio ambiente.

#### **3.1.1 Eficiência energética**

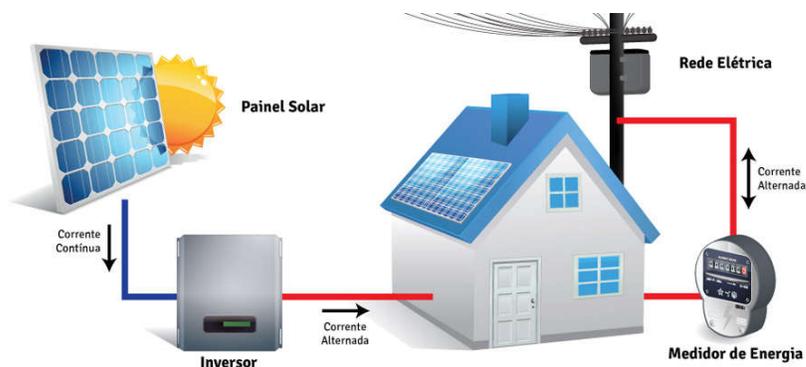
Os investimentos em energia limpa e renovável estão maiores a cada ano. No ano de 2015 o investimento global no setor atingiu o valor recorde de US\$ 286 bilhões, resultando em um acréscimo de 147 gigawatts à capacidade de geração de energia do planeta. Os avanços no setor resultaram também na redução dos custos da geração de energia renovável (MCGRATH, 2016).

Tais avanços permitiram que fossem desenvolvidos geradores em menor escala que podem ser utilizados em quaisquer tipos de edificações. Desde abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, os consumidores brasileiros são permitidos a gerar energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada, quando o excedente produzido é fornecido à rede de distribuição de energia elétrica do local. A microgeração ou minigeração distribuída de energia elétrica, que hoje está disponível para

residências ou propriedades maiores e afastadas da rede elétrica, é um avanço que alia economia financeira e consciência socioambiental.

Os Sistemas Fotovoltaicos (FV) podem ser classificados em duas categorias principais: isolados e conectados à rede. (PINHO;GALDINO, 2014).

Figura 1. Sistema fotovoltaico conectado à rede



Fonte: (REALSOLAR).

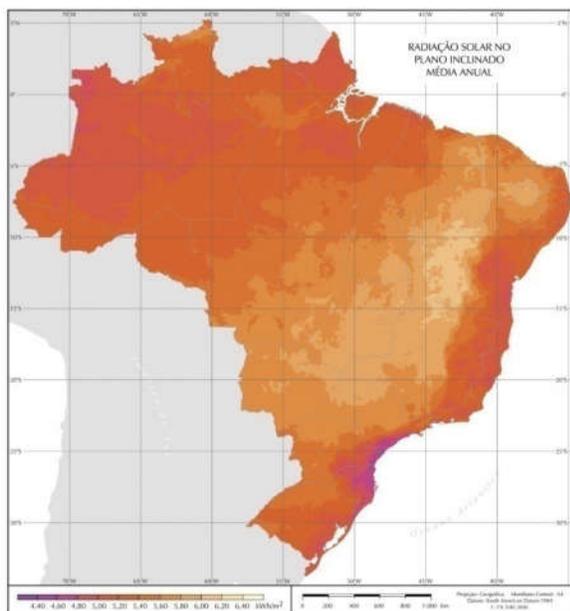
A Figura 1 exemplifica um modelo de microgeração de energia elétrica do tipo *grid-tie* e os principais componentes do sistema, que além dos painéis FV, também requer um inversor de corrente elétrica e um medidor de energia para contabilizar a quantidade de energia gerada. Este tipo de sistema é denominado *grid-tie*, pois é interligado à rede de energia elétrica local adicionando energia elétrica à rede como um todo. Assim sendo, a quantidade de energia elétrica que o consumidor compra da concessionária é menor, reduzindo o custo mensal das tarifas cobradas. Diferente do sistema *grid-tie*, o sistema *off-grid* é auto-suficiente e não é conectado à uma rede de energia elétrica. Este sistema apresenta maiores custos de instalação, visto que além de todos os equipamentos utilizados no sistema *grid-tie*, é necessário a adição de baterias que armazenarão a energia elétrica produzida durante o dia. Os sistemas de minigeração de energia *off-grid* são recomendados para regiões afastadas que não recebem energia elétrica ou que demandam muita energia elétrica. (PINHO;GALDINO, 2014).

### 3.1.1.1 Painéis Fotovoltaicos

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico é o ajuste entre a energia radiante recebida do sol pelos módulos fotovoltaicos e a necessidade de suprir a demanda de energia elétrica. (PINHO;GALDINO, 2014).

O Brasil está bem localizado para esse tipo de geração de energia, pois como pode ser visto na Figura 2, as taxas de irradiação solar no país são uniformemente distribuídas e possibilitam a aplicação da tecnologia não apenas devido à considerável disponibilidade de recurso energético, mas também graças à pequena variação sazonal ao longo do ano. (PEREIRA et al, 2000).

Figura 2. Mapa solarimétrico brasileiro



Fonte: (PEREIRA et al., 2000).

Nos sistemas FV *grid-tie* (interligados à rede), os painéis posicionados nos telhados dos edifícios, geram energia elétrica a partir da irradiação solar garantindo que menos energia proveniente da rede de distribuição local seja necessária. Segundo RÜTHER (2004) os módulos fotovoltaicos são fabricados para serem utilizados por longos períodos de tempo e em ambientes externos sob condições climáticas diversas.

O retorno financeiro de energia (tempo necessário para que o painel gere a energia que justifique sua fabricação) ocorre de dois a cinco anos, ao mesmo tempo em que a vida útil dos painéis disponíveis no mercado pode ultrapassar os 20 anos. Logo, a utilização de painéis FV para geração de energia é, além de silenciosa, renovável e não poluente, também é uma alternativa para economia financeira da residência. (RUTHER, 2004).

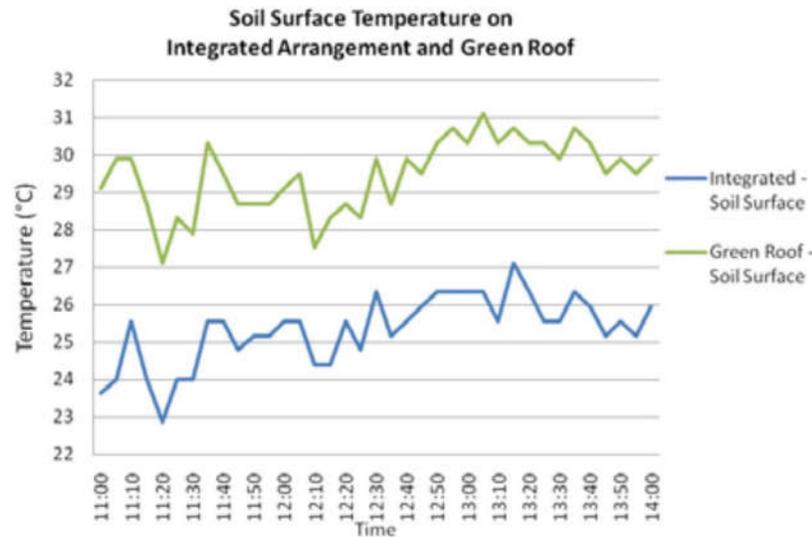
Estudos da Universidade de Hong Kong mostram que a eficiência dos painéis FV depende da temperatura superficial de onde estão instalados. Altas temperaturas podem reduzir em 25% a produtividade do painel, a uma taxa de -0,45% por grau Celsius. A baixa de produtividade dos painéis devido à temperatura se dá pelo fato de que elevadas temperaturas aumentam a condutividade do semicondutor cristalino do painel, o que inibe a separação de cargas e diminui a voltagem das células voltaicas. (HUI;CHAN, 2011).

De acordo com o artigo *Integration of Green roof and solar photovoltaic systems* de HUI E CHAN (2011), a integração entre telhados verdes e painéis FV pode gerar até 8,3% a mais de energia do que sistemas fotovoltaicos instalados em telhados convencionais.

O telhado verde diminui a temperatura no ambiente ao redor dos painéis, fazendo com que os mesmos funcionem de maneira mais eficiente. A integração deve ser feita com a utilização de cultura extensiva no telhado verde, visto que outras culturas podem crescer demasiadamente gerando sombras sobre os painéis FV. Os painéis podem ainda contribuir para a proteção da vegetação, uma vez que a sombra que os painéis fazem sobre a vegetação pode ser favorável a algumas plantas que se desenvolvem melhor com menos luminosidade. (HUI;CHAN, 2011).

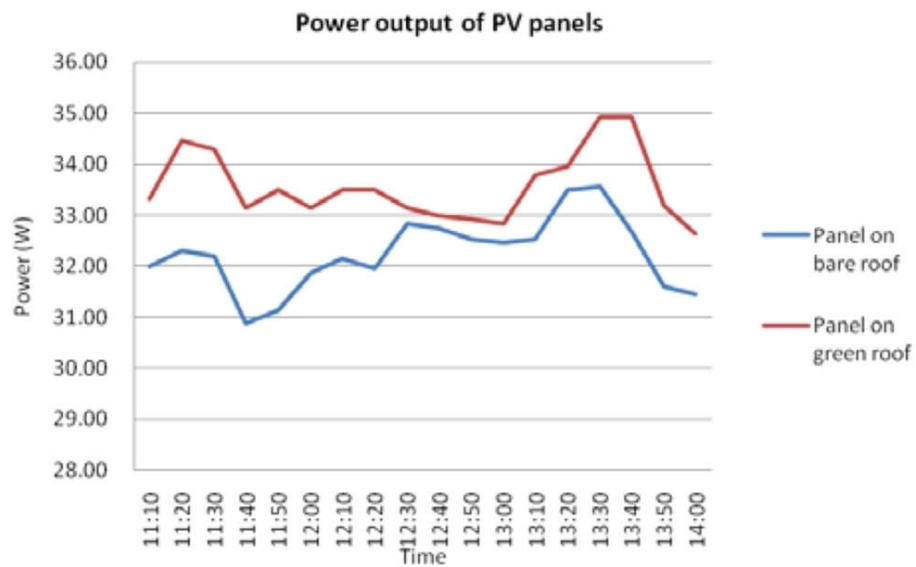
O gráfico da Figura 3 apresenta resultados da medição da temperatura superficial do solo (Soil surface temperature) em telhados verdes (Green roof) e telhados com integração de painéis FV (Integrated arrangement). As temperaturas menores na situação de integração podem significar melhorias na produtividade de energia elétrica, como mostrado no gráfico da Figura 4.

Figura 3. Temperatura superficial do solo em sistemas integrados e telhado verdes.



Fonte: (HUI; CHAN, 2011).

Figura 4. Geração de energia de painéis fotovoltaicos.



Fonte: (HUI; CHAN, 2011).

O gráfico acima demonstra a maior eficiência dos sistemas fotovoltaicos instalados sobre telhados verdes (Panel on Green roof) quando comparados com sistemas instalados em telhados sem a cobertura vegetal (Panel on bare roof).

No Brasil, a empresa Instituto Cidade Jardim apresenta produtos que fazem essa integração entre telhados verdes e painéis fotovoltaicos.

Figura 5. Sistema integrado telhado verde e painéis fotovoltaicos.



Fonte: (INSTITUTO CIDADE JARDIM).

De acordo com a empresa, a base de elevação/inclinação dos painéis deve ser fixada sobre as bandejas plásticas de drenagem do telhado verde. O substrato que é colocado sobre as bandejas plásticas tem função também de ancorar as bases dos painéis, garantindo a estabilidade do sistema integrado.

O posicionamento e inclinação dos painéis são fatores determinantes na produção de energia elétrica. Os painéis FV devem estar voltados para a direção que recebe mais incidência solar durante o dia além de estarem inclinados de acordo com a latitude de onde estão instalados. A trajetória do sol no hemisfério sul pode ser definida como nascendo no Leste, subindo inclinando-se ao Norte e se pondo no Oeste (CARVALHO, 2008). Logo, os painéis FV devem estar voltados a Norte para melhor eficiência energética.

A inclinação do painel pode ser dada como a latitude do local acrescida de  $10^\circ$ , e para o posicionamento em direção ao Norte deve-se levar em consideração a declinação magnética, que é a diferença entre o norte magnético e o norte geográfico. Ao localizar o norte magnético do local a ser instalado o sistema FV, deve-se fazer uma correção para que o aproveitamento

do sistema seja otimizado. A partir a declinação magnética, gira-se o painel para a esquerda ou para a direita, dependendo da localidade. (SOUZA;ABRAHÃO, 2013).

Para o dimensionamento da quantidade de painéis FV de uma edificação é necessário conhecer a taxa de irradiação solar de pico do local além de estimar a demanda de energia elétrica mensal da residência. A taxa de irradiação pode ser consultada diretamente no site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), que fornece os dados de cada região a partir dos valores de latitude e longitude. Os dados da latitude e longitude de um determinado local podem ser facilmente obtidos através do Google Maps.

É necessário fazer uma estimativa do consumo de energia elétrica da residência, baseando-se nos aparelhos eletrônicos que serão utilizados em cada um dos cômodos. Dentre as ferramentas para simulação de consumo de energia, a Companhia Paranaense de Energia (Copel) dispõe de um simulador online onde é possível informar os cômodos de uma casa e os aparelhos eletrônicos, assim como a frequência de utilização dos mesmos. A partir dos dados de entrada o simulador fornece o consumo mensal de energia elétrica da residência, importante para o dimensionamento dos painéis FV.

Os sistemas FV de microgeração de energia também possibilitam o desenvolvimento de postes de iluminação que não são conectados à rede elétrica. Com o posicionamento de painéis FV no topo dos postes e com o uso baterias, é possível armazenar a energia elétrica gerada durante o dia e utilizá-la para o funcionamento das lâmpadas durante a noite. A Empresa Solenerg desenvolveu um poste de iluminação que tem auto-suficiência de 2,5 dias graças às baterias nele instaladas, garantindo iluminação inclusive em dias com poucas horas de sol.

### **3.1.2 Aproveitamento da água da chuva**

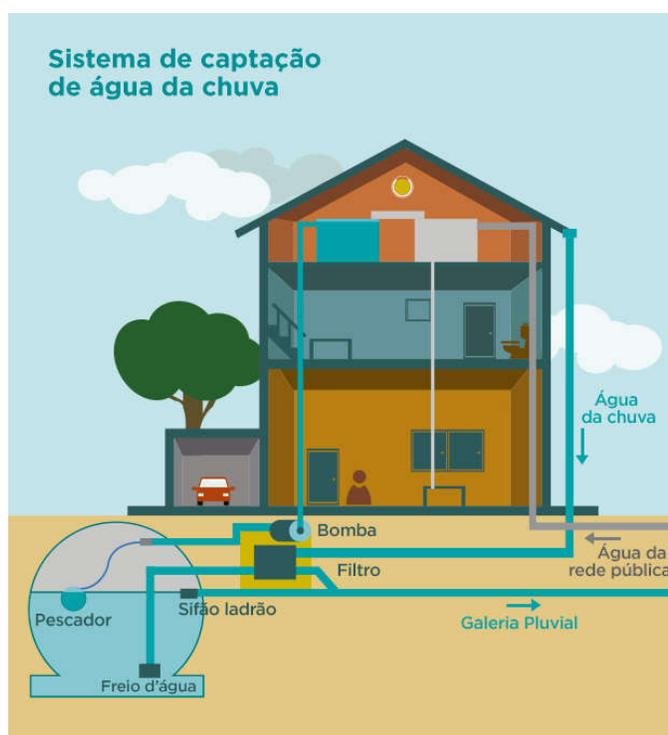
O aproveitamento da água da chuva vem ganhando espaço nos projetos modernos visto que as mudanças climáticas afetam diretamente o ciclo hidrológico, fazendo com que regiões que não sofriam com a seca começassem a se deparar com tal problema.

A grande expansão populacional experimentada pela humanidade a partir do século XX agravou os problemas ligados ao uso predatório dos recursos hídricos existentes em nosso planeta. (FERREIRA, 2014).

Com tudo isso, no desenvolvimento de projetos sustentáveis deve-se levar em conta a captação da água da chuva que pode ser utilizada, após processo de filtração, para o uso nas

descargas dos banheiros e também para uso nas áreas externas da residência. A água da chuva não deve ser consumida sem antes passar por tratamento adequado que garanta sua potabilidade, por isso o projeto deve garantir que existam dois reservatórios: o de água tratada oriunda da companhia de distribuição de água da cidade e um reservatório para a água de captação pluvial. Essa divisão garante a economia de água na residência, que além de reduzir os gastos também estimula o estilo de vida sustentável em respeito ao meio ambiente. A Figura 6 representa de maneira simplificada o descrito acima.

Figura 6. Sistema de captação de água da chuva



Fonte: (GEDORE).

As vantagens do aproveitamento da água da chuva vão além do uso dentro da residência, sendo que estes sistemas ajudam na contenção das enchentes e da erosão. De maneira simplificada, um sistema de aproveitamento de água da chuva deve seguir o fluxo captação – pré-filtro – tratamento da água – filtro – cisterna de armazenamento. (FERREIRA, 2014).

Para o dimensionamento do sistema de captação da água da chuva deve-se levar em consideração a demanda diária de água da edificação. A Tabela 1 apresenta valores de

consumo predial (em litros/dia), que em conjunto com os dados dos índices pluviométricos do local são suficientes para dimensionar a cisterna de armazenamento.

Tabela 1. Consumo de água em diversas edificações.

	Consumo (Litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 <i>per capita</i>
Casas populares ou rurais	120 <i>per capita</i>
Residências	150 <i>per capita</i>
Apartamentos	200 <i>per capita</i>
Hotéis (s/ cozinha e s/ lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas (Internatos)	150 <i>per capita</i>
Escolas (Externatos)	50 <i>per capita</i>
Quartéis	150 <i>per capita</i>
Edifícios públicos ou comerciais	50 <i>per capita</i>
Escritórios	50 <i>per capita</i>
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Mercados	5 por m <sup>2</sup> de área
Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Postos de serviço para automóveis	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m <sup>2</sup>

Fonte: (TOMAZ, 2000).

### 2.1.2.1 Telhado Verde

Os telhados verdes se tornaram componentes importantes de desenvolvimento urbano dentro dos últimos trinta anos. A crescente consciência ambiental e as vantagens econômicas e ecológicas foram determinantes para o avanço desta alternativa, que hoje pode ser encontrada na maioria das grandes cidades ao redor do mundo. (IGRA, 2016).

O *International Green Roof Assosiation* (Associação Internacional de Telhados Verdes) é uma associação que visa à disseminação de informações sobre telhados verdes ao redor do mundo, divulgando notícias e novas tecnologias desenvolvidas por profissionais da área. De acordo com a associação, os telhados verdes podem apresentar muitos benefícios, que vão da redução de poluição sonora e melhora do isolamento térmico até o ganho de área verde no edifício.

A melhora no isolamento acústico pode chegar à até 8 dB (de redução), característica relevante para edifícios próximos à aeroportos, distritos industriais e discotecas. Quanto ao isolamento térmico, lajes convencionais podem chegar a variações de 100° C durante o ano, enquanto coberturas verdes reduzem essa variação para 35° C durante o ano, e variações de 15° num período de 24 horas são raramente excedidas. (IGRA, 2016).

Os telhados verdes são divididos em três tipos, de acordo com o Guia Rápido para Telhados Verdes (*A quick guide to Green roofs, 2016*). Cada tipo é caracterizado pela cultura utilizada, que pode ser extensiva, semi-intensiva ou intensiva.

Tabela 2. Tipos de telhados verdes e suas principais características.

	<b>Tipo de cultura</b>		
	<b>Extensiva</b>	<b>Semi-intensiva</b>	<b>Intensiva</b>
<b>Manutenção</b>	Baixa	Periódica	Alta
<b>Irrigação</b>	Ausente	Periódica	Regular
<b>Plantas</b>	Musgos, sedum e gramíneas	Gramíneas e arbustos	Gramados, plantas perenes, arbustos e árvores
<b>Altura do sistema</b>	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm
<b>Sobrecarga</b>	60 - 150 kg/m <sup>2</sup>	120 - 200 kg/m <sup>2</sup>	180 - 500 kg/m <sup>2</sup>
<b>Custo</b>	Baixo	Médio	Alto

Fonte: (IGRA, 2016).

Outro fator importante para a instalação do telhado verde é a da escolha do substrato (solo) de acordo com o tipo de telhado e do edifício. Na tabela 3 encontram-se alguns tipos de substratos e suas características.

Tabela 3. Tipos de substratos para telhados verdes.

<b>Substratos</b>	
<b>Material</b>	<b>Características</b>
<b>Naturais</b>	
Areia	Textura fina pode resultar na falta de espaço de poros e problemas de saturação do substrato. Por outro lado, as areias grossas podem exigir irrigação constante.
Pedra -pomes	Leve e muito porosa
Cascalho	Relativamente mais pesado
<b>Artificiais</b>	
Vermiculita	Muito leve, não retém água. Pode se desintegrar com o tempo.
Xisto expandido	Leves, produzem grandes quantidades de espaço poroso devido ao seu tamanho e absorvem água devido à sua natureza porosa.
Lã de rocha	Muito leve. Alto consumo de energia para sua produção. Material não retém nutrientes.
<b>Reciclados</b>	
Ladrilhos de argila/Tijolos	Estável e uniforme. Possui alguma retenção de nutrientes e água. Restos de argamassa podem aumentar o pH do substrato.
Subsolo	Pesado e de baixa fertilidade. Pode ser obtido como subproduto da construção.

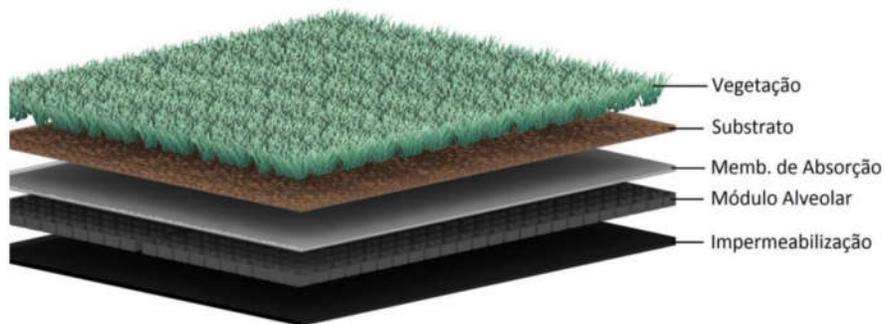
Fonte: (ROBERTSON et al., 2005).

Abaixo da camada do substrato são posicionados moldes de plásticos que formam alvéolos que garantem uma drenagem linear, além de armazenar pequenas quantidades de água que, por capilaridade, chegam às raízes da cultura cultivada na camada superior em períodos de seca. É muito comum a utilização de mantas geotêxteis que podem ter funções tais como filtração, proteção, impermeabilização e como elemento de separação entre as camadas. (ECOTELHADO).

Existem inúmeras alternativas para a elaboração do projeto de um telhado ecológico, sendo que cada situação apresenta uma necessidade e respectivas condições limitantes para a realização do telhado. Aspectos importantes como a escolha de mão de obra especializada e dos materiais apropriados são determinantes da qualidade e eficiência do resultado final.

Há no mercado diversas empresas do ramo. Duas das principais, a Ecotelhado (Porto Alegre) e o Instituto Cidade Jardim (Itu), já desenvolveram diversas opções de telhados que podem ser aplicadas em superfícies planas e inclinadas, nos mais variados tipos de edificações. O sistema alveolar leve, oferecido pela Ecotelhado, é recomendado por fornecer conforto térmico e acústico para ambientes internos e é ilustrado na Figura 7.

Figura 7. Sistema alveolar leve



Fonte: (ECOTELHADO).

O sistema pode receber vegetação extensiva, que suporta longos períodos de seca, e garante, assim, uma alternativa que não exige manutenções frequentes. O meio drenante, devidamente instalado conforme a ABNT / NBR 10844 que trata das instalações prediais de águas pluviais, pode ser posicionado na camada do substrato para garantir o escoamento da água para a tubulação de captação. (ECOTELHADO).

### 3.1.3 Iluminação

Um aspecto muito importante na construção sustentável é a preocupação com a luminosidade interna da residência. Ao projetar a residência deve-se levar em consideração a incidência luminosa e sua distribuição pelo interior da casa. Uma solução muito adotada na arquitetura para aumentar a incidência luminosa é a opção por pé-direito duplo, fazendo com que as janelas do alto das paredes forneçam luz durante todo o dia para os ambientes internos, reduzindo a necessidade do uso constante de energia elétrica para a iluminação.

A escolha das lâmpadas influencia substancialmente no consumo de energia elétrica. De acordo com o Instituto Nacional de Eficiência Energética, as lâmpadas mais modernas no mercado e que apresentam melhor eficiência energética são as lâmpadas LED, que fornecem melhor iluminação com menor consumo energético. (SANTOS et al., 2015).

Além disso, a composição das lâmpadas de LED não é nociva, pois não apresenta metais pesados em sua fabricação, além de ter maior durabilidade quando comparada a outras lâmpadas, o que reduz o número de lâmpadas a serem descartadas. (SANTOS et al., 2015).

Tabela 4. Comparativo de custo/benefício entre lâmpadas.

Lâmpada	Potência (W)	Preço (R\$)	Gastos em kWh (24 horas)	Gasto em 30 dias (R\$ 0,366040 kWh)	Retorno Investimento
Incandescente	60	1,75	1,428	15,68	-
Fluorescente	15	790	0,335	3,67	1 mês
LED	4,5	65,90	0,095	1,04	5 meses

Fonte: (SANTOS et al., 2015).

A Tabela 2, retirada do artigo técnico *Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais*, apresenta a significativa redução nos gastos mensais com a utilização de lâmpadas de LED quando comparadas com os modelos incandescentes (aproximadamente quinze vezes menor) e fluorescentes (aproximadamente três vezes menor).

Os elevados custos das lâmpadas de LED dificultam a aceitação dos consumidores na escolha desse modelo, porém o período de retorno de cinco meses é consideravelmente pequeno levando-se em consideração o tempo de vida útil dessas lâmpadas, que pode chegar a cinquenta mil horas (pouco menos de quatro anos de uso contínuo), valor muito maior do que a vida útil dos modelos tradicionais. (SANTOS et al., 2015).

### 3.1.4 Materiais e equipamentos sustentáveis

O consumo de materiais de construção vem aumentando quase que ininterruptamente nos últimos 100 anos, e mantidas as atuais soluções tecnológicas, será necessário multiplicar por 2,5 vezes a produção de cimento, bem como dos demais materiais de construção entre 2010 e 2050. (AGOPYAN, 2011).

Não existem materiais que não tenham qualquer impacto ambiental. Ao longo do ciclo de vida de qualquer produto, da extração das matérias-primas passando pelo uso e finalmente pela desmobilização ao final da vida útil, são gerados diferentes impactos no ambiente como, por exemplo, colaborando para a destruição de biomassa, consumindo quantidades significativas de energia, liberando poluentes diversos no ar e na água, além de resíduos sólidos. (AGOPYAN, 2011).

À medida que a tecnologia avança diversos materiais são desenvolvidos visando maior durabilidade, bem como processos de reciclagem que possibilitam a criação de novos materiais para a construção civil. Além disso, novos equipamentos aliam avanços tecnológicos para reduzir o consumo de água e desperdícios usuais em edificações.

#### 3.1.4.1 Tijolo solo-cimento

O crescimento das populações, e de suas atividades, tem gerado há séculos grandes violências contra o meio ambiente, por isso é importante a busca por arquiteturas mais sustentáveis, visto que os recursos do planeta são finitos. O solo-cimento é utilizado desde o início do século XX, nos Estados Unidos, e as pesquisas pioneiras sobre o material datam de 1935, feitas junto a PCA – *Portland Cement Association*. (PISANI).

Ainda de acordo com Pisani, os furos nos tijolos de solo-cimento podem ter como objetivo a praticidade e economia na construção. Os furos possibilitam o encaixe dos tijolos uns sobre os outros, o que torna a execução mais rápida e com menos utilização de colas e argamassa. Além disso, os furos deixam os tijolos mais leves, diminuindo a carga que é aplicada na estrutura e na fundação. A câmara de ar que se ocasiona no âmbito da alvenaria aumenta o isolamento termo-acústico, representando mais um benefício da utilização dos tijolos de solo-cimento. A figura 8 apresenta alguns tipos de tijolos disponíveis no mercado. (PISANI).

Na Figura 8 exemplificam-se três tipos de tijolos solo-cimento, sendo o superior da esquerda do tipo canaleta, à direita um ½ tijolo com encaixes e na parte inferior um tijolo com dois furos e encaixes.

Figura 8. Tijolos solo-cimento



Fonte: (TIJOLO ECO).

Existem diferentes formas que podem ser moldados os elementos de solo-cimento, a figura 9 apresenta um descritivo das dimensões e principais características dos tipos de tijolos disponíveis no mercado brasileiro.

Figura 9. Tipos de tijolos solo-cimento

Tipo	Dimensões	Características
Maciço comum	5 X 10 X 20 cm 5 X 10 X 21 cm	Assentamento com consumo de argamassa similar dos tijolos maciços comuns.
Maciço com encaixes	5 X 10 X 21 cm 5 X 11 X 23 cm	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa.
½ tijolo com encaixes	5 X 10 X 10,5 cm 5 X 11 X 11,5 cm	Elemento produzido para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas.
Tijolos com dois furos e encaixes	5 X 10 X 20 cm 6,25 X 12,5 X 25 cm 7,5 X 15 X 30 cm	Assentamento a seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos verticais.
½ tijolo com furo e encaixe	5 X 10 X 10 cm 6,25 X 12,5 X 12,5 cm 7,5 X 15 X 15 cm	Elemento produzido para acertar os aparelhos, sem a necessidade de quebras.
Canaletas	5 X 10 X 20 cm 6,25 X 12,5 X 25 cm 7,5 X 15 X 30 cm	Elemento empregado para execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e passagens de tubulações horizontais.

Fonte: (PALADINOBR).

A agilidade transmitida à obra devido ao uso desta alvenaria deve-se à capacidade da mesma de receber as instalações hidráulicas e elétricas, além de funcionar como alvenaria estrutural quando do preenchimento dos furos com concreto e armadura de aço. (PISANI).

As Figuras 10 e 11 a seguir ilustram as maneiras de integrar estes sistemas.

Figura 10. Instalações hidráulicas e elétricas integradas à alvenaria solo-cimento.



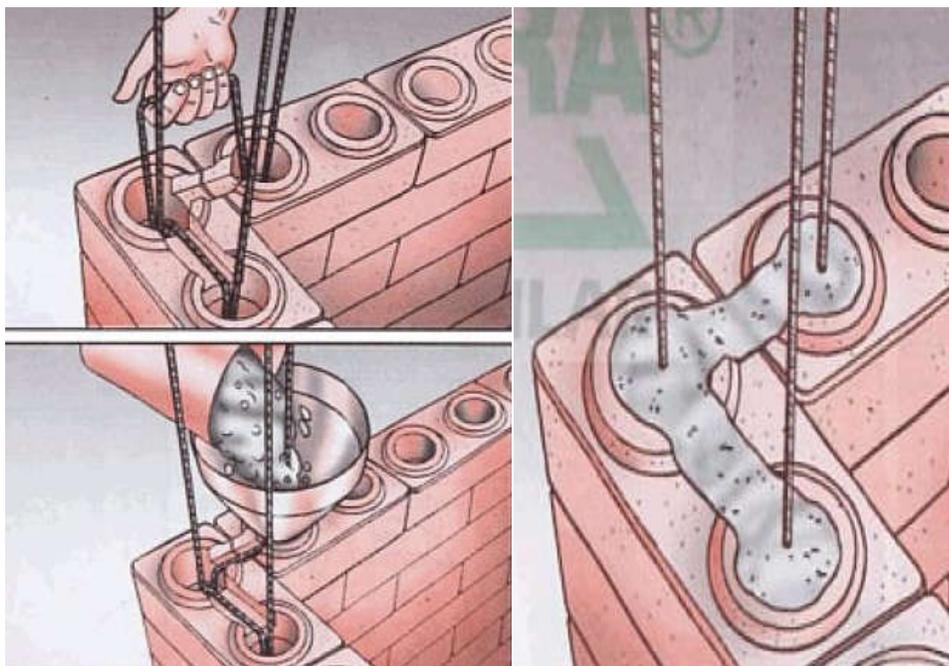
Fonte: (PALADINOBR).

Figura 11. Construção com utilização de tijolos solo-cimento.



Fonte: (PALADINOBR).

Figura 12. Tijolos de solo-cimento com função estrutural.



Fonte: (PALADINOBR).

A função estrutural dos tijolos torna a obra mais econômica, visto que não são necessárias fôrmas para os elementos de concreto armado. Além disso, a alvenaria de solo-cimento pode receber revestimento ou então ser utilizada à vista.

#### 3.1.4.2 Pastilhas de revestimento

As pastilhas de revestimento Rivesti são 100% recicláveis e são feitas a partir da reciclagem de garrafas PET. São recomendadas devido à facilidade de instalação, pois são apenas coladas sobre as paredes lisas ou antigos revestimentos, incentivando uma reforma limpa e sem entulhos.

Figura 13. Pastilhas de revestimento 100% recicláveis.



Fonte: (RIVESTI).

Com mais de 30 cores disponíveis e variados formatos, as pastilhas podem cobrir paredes e pisos de baixa circulação.

#### 3.1.4.3 Equipamentos hidráulicos

Além de materiais construtivos e de acabamento, existem no mercado equipamentos que foram desenvolvidos para a economia de água e para evitar desperdícios. Por exemplo pode-se citar bacia sanitária de duplo fluxo e os reguladores de fluxo de chuveiros.

A bacia sanitária de duplo fluxo permite que se escolha entre os volumes de 3 ou 6 litros ao acionar a descarga, o que pode representar 60% de redução no consumo de água tendo em vista o uso de quase 18 litros de água das bacias sanitárias tradicionais.

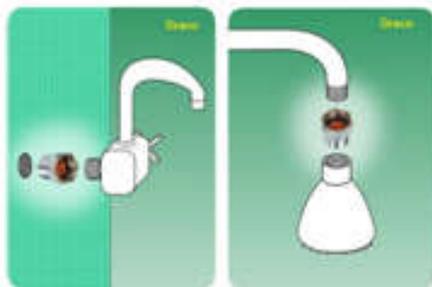
Figura 14. Bacia sanitária de duplo fluxo.



Fonte: (CONDOMÍNIO SUSTENTÁVEL).

Os reguladores de fluxo para chuveiros permitem o controle da intensidade do jato das duchas, reduzindo o consumo de água de 20 litros/minuto para valores em torno de 8 a 14 litros/minuto sem que o banho se torne desagradável.

Figura 15. Reguladores de vazão.



Fonte: (CONDOMÍNIO SUSTENTÁVEL).

#### 3.1.4.4 Piso de borracha

Os pisos de borracha da empresa brasileira Pisoleve são feitos 100% de pneus reciclados, que contam com proteção UV e antichama, proporcionando vantagens sobre o concreto e os demais pisos. É um piso seguro e flexível devido à sua multicamada, e não apresenta rejuntas nem emendas, permitindo uma gama de cores, densidades e designs. (SUSTENTARQUI).

Devido à sua propriedade drenante, o piso de borracha da Pisoleve é recomendado para áreas de recreação como playgrounds, calçadas, pistas de tracking, caminhadas e corridas, por reduzir o impacto nas articulações dos joelhos e tornozelos.

Figura 16. Piso de borracha Pisoleve.



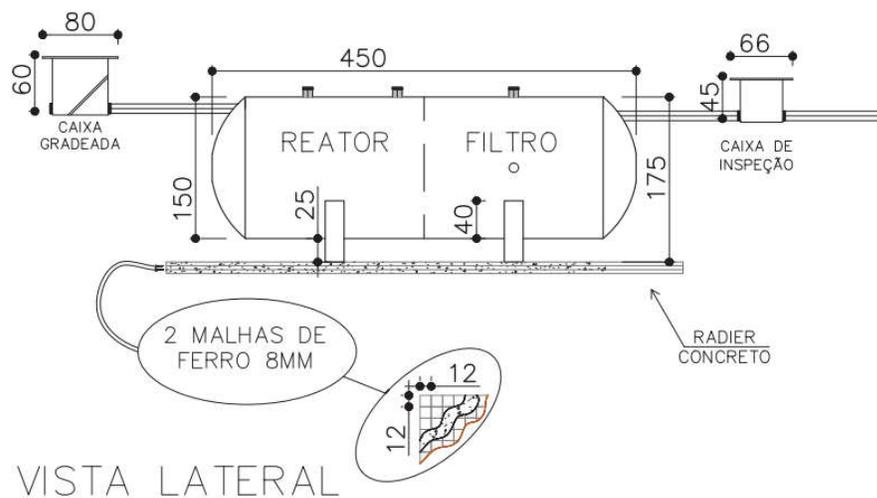
Fonte: (SUSTENTARQUI).

### 3.1.5 Tratamento de esgoto

Em relação ao uso residencial, os dois principais sistemas para coleta de esgoto utilizados no Brasil são a rede coletora tradicional (sob responsabilidade do poder público) e as fossas sépticas construídas *in loco* (dispensa a rede pública). A última realiza o tratamento do esgoto no mesmo local de geração, devendo haver um projeto adequado respeitando determinados padrões hidrossanitários estabelecidos pelo poder público. (FERREIRA, 2014)

A empresa brasileira Ecofossa apresenta soluções de sistemas de tratamento de esgoto *in loco* para consumidores que variam de casas populares para 5 pessoas até grandes edificações com mais de 64 usuários. Através de um reator anaeróbico do tipo UASB, que maximiza as ações de bactérias e não utiliza energia elétrica ou qualquer elemento químico, o sistema possui também o Ecofiltro, um pós-tratamento anaeróbico de fluxo ascendente em leito fixo, que juntamente com a Ecofossa, devolve para o meio ambiente uma água inócua.

Figura 17. Sistema de tratamento de esgoto *in loco*.



Fonte: (ECOFOSSA).

Entre as vantagens do sistema de tratamento de esgoto *in loco*, pode ser citada a facilidade de instalação e a não necessidade de limpeza, o que reduz os gastos com caminhões sugadores de fossas sanitárias.

### 3.2 LEGISLAÇÃO

É importante a verificação da legislação vigente para o projeto de condomínios e loteamentos fechados no Brasil, tendo como base a Lei nº 4.591 de 16 de Dezembro de 1964, que dispõe sobre os condomínios em edificações e as incorporações imobiliárias, disponível para consulta no site do Planalto Federal.

De acordo com a lei de 1964, para a incorporação de condomínios em lotes é necessário apresentar um projeto devidamente aceito pela municipalidade, contendo todas as particularidades do empreendimento (descrição dos lotes, áreas dos lotes e das áreas comuns e as frações correspondentes em relação à área total). Além do estudo dos custos de infraestrutura, anotações de responsabilidade técnica e aprovação das autoridades competentes.

### 3.3 CERTIFICADOS E SELOS SUSTENTÁVEIS

À medida que o desenvolvimento sustentável foi ganhando força e a preocupação com o meio ambiente tornou-se assunto de reuniões internacionais, desenvolveu-se certificados que garantem a sustentabilidade de construções e estabelecem padrões a serem seguidos para prosseguir com os avanços na sustentabilidade global.

Em 1987 foi publicado pela ONU o Relatório de Brundtland, documento intitulado de Nosso Futuro Comum (Our common future), que traz questionamentos em relação à incompatibilidade do desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes na época, e que ainda pode representar os padrões atuais. Atualmente existem diversos certificados e selos de sustentabilidade que de maneira similar tentam incentivar o desenvolvimento sustentável e novos padrões de produção e consumo.

Em 1993, a organização Green Building Council, dos EUA, desenvolveu o certificado **LEED – Leadership in Energy and Environmental Design**, que certifica novas construções e projetos de renovações, além de edifícios habitacionais, comerciais e unidades de saúde. Dentre os critérios estão a eficiência do consumo da água, espaço sustentável, materiais e recursos, eficiência do uso de energia, melhoria na qualidade do usuário e redução do impacto ambiental durante a vida útil.

O **Processo AQUA – Construção Sustentável** é de origem brasileira e foi desenvolvido em 2007 pelos professores da Escola Politécnica da USP e possui certificação para edifícios habitacionais, escritórios e edifícios escolares, bairros e loteamentos. São 14

critérios que avaliam a gestão ambiental das obras e as especificidades técnicas e arquitetônicas.

A organização inglesa Building Research Establishment criou em 1990 a certificação **BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method**, para edifícios públicos, comerciais e residências em geral, assim como bairros e loteamentos. São avaliados critérios referentes à gestão da construção, consumo de água, consumo de energia, contaminação, materiais, transporte, saúde e bem-estar, gestão de resíduos e uso do terreno. No Reino Unido, edifícios certificados pelo BREEAM recebem benefícios fiscais, incentivando a prática de alternativas sustentáveis.

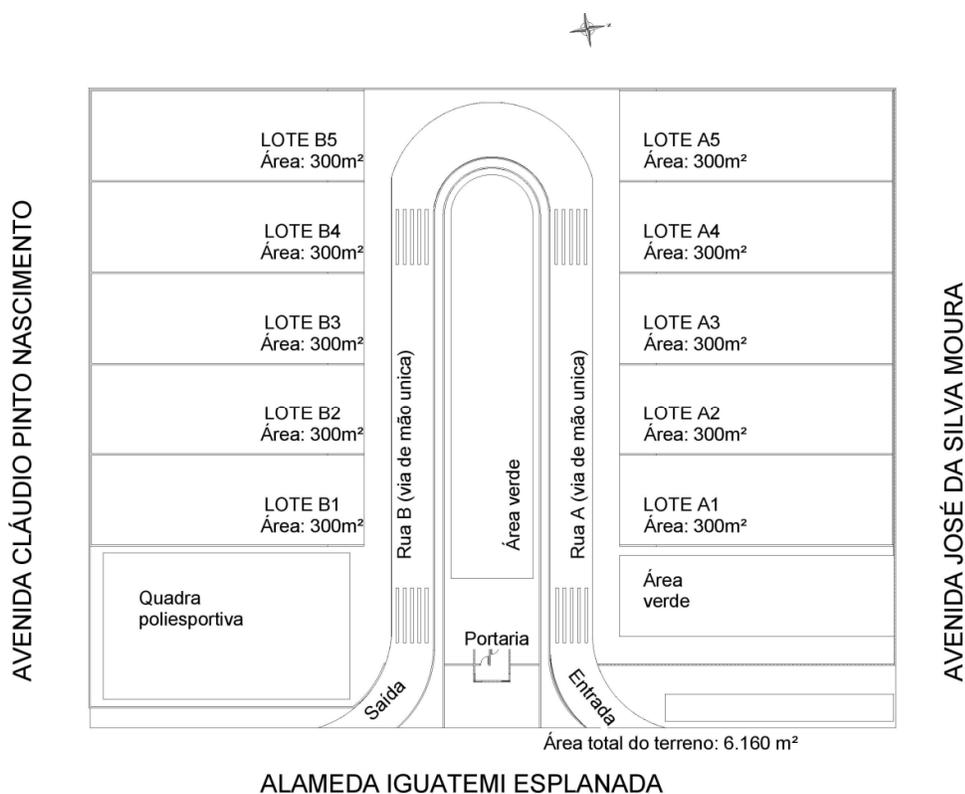
A Caixa Econômica Federal desenvolveu em 2008 o certificado **Casa Azul**, para edifícios habitacionais. Os critérios de avaliação são qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos naturais, gestão da água e práticas sociais.



## 4.2 PROJETO ARQUITETÔNICO

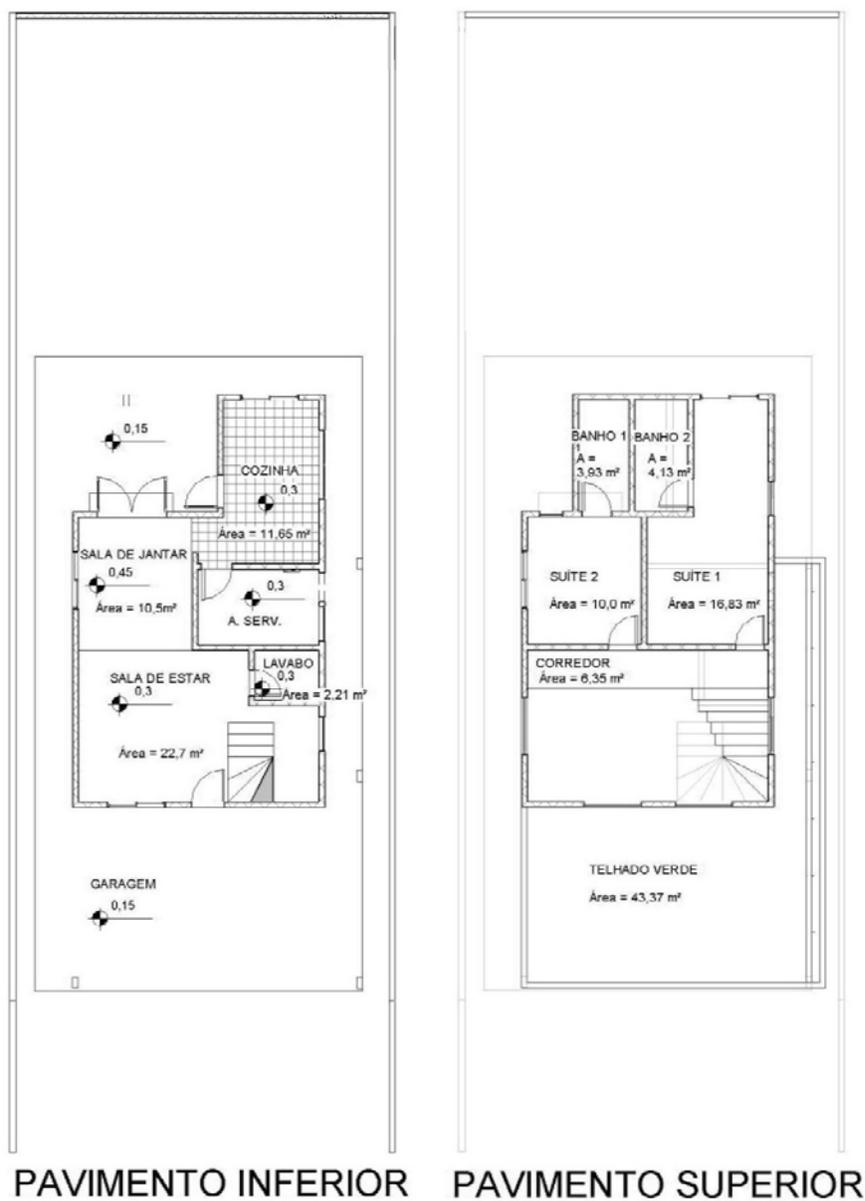
Dada as dimensões do terreno, estabeleceu-se o projeto de 10 residências, sendo então necessária a divisão do terreno no mesmo número de lotes. Cada um dos dez lotes têm dimensões de 10 x 30 metros, com 5 lotes de cada lado da rua principal do condomínio, dividida em lado A e lado B. A entrada e a saída do condomínio são localizadas na mesma rua, Alameda Iguatemi Esplanada.

Figura 19. Planta de locação dos lotes e infra-estrutura do condomínio.



Para a execução do projeto arquitetônico das residências considerou-se como prováveis moradores famílias de até 4 pessoas. Sendo assim, no pavimento inferior da residência foi projetada uma sala de estar, lavabo, sala de jantar, cozinha, área de serviço e área de lazer externa. No pavimento superior, duas suítes, enquanto que a sala de estar possui pé-direito duplo.

Figura 20. Pavimentos inferior e superior das residências.



Fonte: Autor

### 4.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

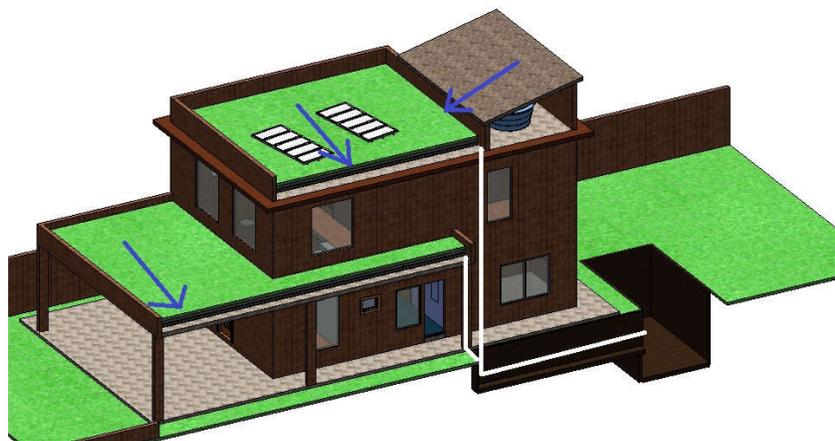
O sistema adotado para a captação da água da chuva das residências consiste na elaboração de um telhado verde, que também funciona como regulador térmico do interior da residência. O telhado, baseado no sistema alveolar leve da Ecotelhados, foi dimensionado com um sistema de drenagem com utilização de canaletas que receberão a água escoada, que será transportada até uma cisterna enterrada no solo.

Antes de chegar à cisterna, a água da chuva deve passar por um filtro para que somente depois seja bombeada até a caixa d'água localizada no telhado da residência. Desta forma a água da chuva pode ser utilizada para as descargas dos vasos sanitários e para as torneiras externas (sem destinação para consumo humano).

O sistema conta com duas caixas d'águas de mil litros de capacidade, uma que será abastecida pela rede de distribuição de água da cidade e a outra com a água de origem pluvial. É importante a separação em dois reservatórios para que não haja a mistura das duas águas, visto que a água pluvial não passará por processo que garanta sua potabilidade.

Observou-se a possibilidade de aumentar a área de captação de água pluvial com a aplicação do conceito do telhado verde também na cobertura da garagem da residência. Desta forma a área de captação de água da chuva é a soma das áreas do telhado e da cobertura da garagem, aumentando a capacidade de captação de água pluvial. Além do telhado verde, o telhado sobre as caixas d'água foi projetado para ter inclinação direcionada ao telhado verde, assim a água pluvial é toda direcionada à cobertura vegetal.

Figura 21. Direções do escoamento da água e projeção da vala para a cisterna.



Fonte: Autor.

Para a drenagem do telhado são instalados tubos na camada de substrato, pois ao cair sobre a vegetação a água tenderá a escoar na direção da inclinação sobre a manta geotêxtil, passando pelos tubos e sendo despejada na canaleta e posteriormente no ralo. A Figura 22 mostra um corte no telhado e os tubos que atravessam a parede que delimita o sistema do telhado verde, e o ralo por onde a água escoará.

Figura 22. Drenagem do telhado verde.



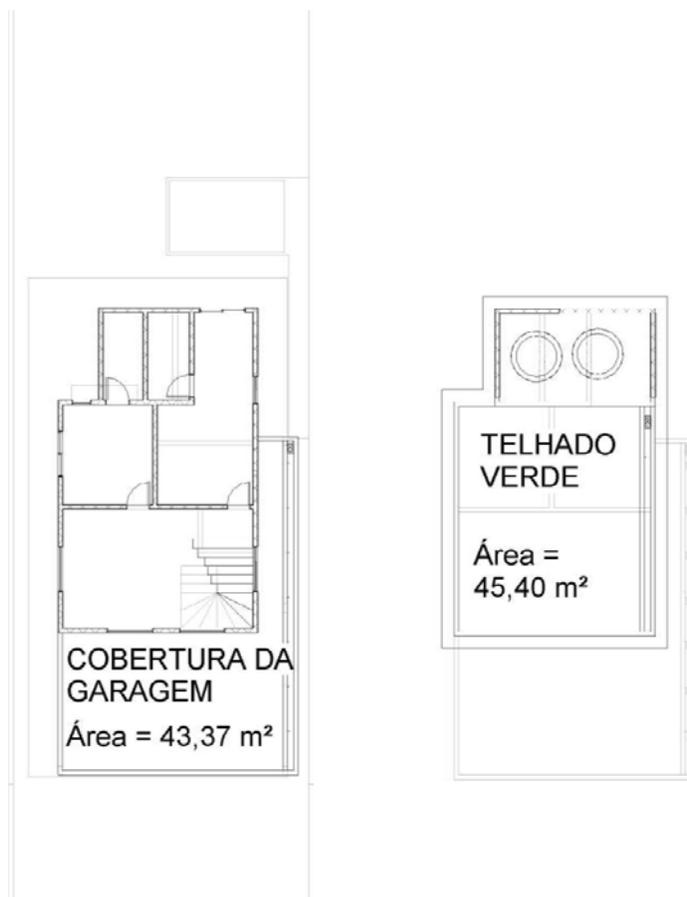
Fonte: Autor

A partir dos dados sobre consumo predial apresentados, pode-se determinar o volume de demanda  $V_d$  de cada residência sabendo que serão considerados 4 moradores. De acordo com a Tabela 1 p. 22 o consumo *per capita* em residências é de 150 litros, ou seja, ou volume de demanda diária da residência  $V_d$  é igual a  $4 \times 150 = 600$  litros.

Com este volume de demanda pode-se dimensionar o volume da cisterna que armazenará a água da chuva, considerando também os índices pluviométricos da região. Outro fator importante para o dimensionamento da cisterna de armazenamento é a área de captação do telhado.

Com a utilização dos desenhos pode-se determinar a área de captação do telhado, que é de  $45,40 \text{ m}^2$ . A área da cobertura da garagem é de  $43,37 \text{ m}^2$ , totalizando uma área de captação de  $88,77 \text{ m}^2$ . Esta área de cobertura representa aproximadamente 35% da área do terreno.

Figura 23. Representação das áreas de cobertura verde.



Fonte: Autor.

A empresa Ecotelhados ofereceu um orçamento para o telhado verde projetado, no qual o custo por metro quadrado de telhado é R\$ 115,00/m<sup>2</sup>, ou seja, para cada residência o custo de instalação do sistema alveolar leve é de aproximadamente R\$ 10.200,00.

O estudo do dimensionamento da cisterna de armazenamento do sistema de captação de água da chuva deve ser iniciado calculando-se o volume de água que será captada pela cobertura verde. Este volume depende do coeficiente de Runoff, que varia de acordo com o tipo de material da superfície de escoamento. O estudo da Universidade de Stanford, na Califórnia, para a determinação de coeficientes de Runoff em telhados verdes apresentou os resultados conforme observado na Tabela 5 p. 42.

Tabela 5: Variação do coeficiente de Runoff em telhados verdes.

<b>Classificação</b>	<b>Quantidade de chuva</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>
Muito baixa	< 13 mm	0,07
Média	13 mm - 25 mm	0,13
Alta	25 mm - 39 mm	0,25
Muito Alta	> 39 mm	0,55

Fonte: (ROBERTSON et al., 2005).

É necessário também conhecer os índices pluviométricos da cidade de Votorantim para que seja calculado o volume de água aproveitado durante os meses chuvosos. O anexo A apresenta uma tabela retirada do site do governo de Votorantim que fornece os valores diários de precipitação durante o ano de 2010, último ano com registros pluviométricos. A partir destes dados pode-se estimar qual seria o volume de água captado no mês mais chuvoso (Janeiro), que registrou um total de 519,1 mm de precipitação no ano de 2010.

Tendo determinado que a área de captação é de 88,7 m<sup>2</sup>, adotando o coeficiente de runoff de 0,55 e a precipitação média de 520 mm, calcula-se o volume de água aproveitado fazendo a multiplicação destes valores, assim sendo temos um volume aproveitado de 25 m<sup>3</sup>.

Este volume representa todo o volume de água aproveitado no mês de maior precipitação do ano. Porém, para o dimensionamento deve-se descontar o consumo da residência que ocorre simultaneamente, ou seja, à medida que chove os moradores também consomem água diariamente. Levando em consideração o mesmo volume de demanda de 600 litros/dia, tem-se que num mês o consumo de água é de 18 m<sup>3</sup>, ou seja, ao menos 7 m<sup>3</sup> de água devem ser armazenados no mês de maior precipitação.

Considerando este volume de água que deve ser armazenado (7 m<sup>3</sup>), verifica-se no mercado os tipos de cisternas disponíveis que atendem à essa demanda. Dentre os tanques de armazenamento disponíveis no mercado o mais próximo que atende esta demanda é o de 10 m<sup>3</sup> de capacidade de armazenamento, o que representa uma capacidade suficiente para a captação de água da chuva de uma residência.

Em orçamento oferecido pela empresa EcoCasa, uma cisterna horizontal de capacidade de 10m<sup>3</sup> custa R\$ 10.050,00 e é entregue com os seguintes equipamentos: filtro para água da chuva, freio d'água, bomba centrífuga submersa, pressostato de comando da bomba, instalação hidráulica interna da cisterna e instalações elétricas internas da cisterna. Segundo a empresa, a única obra necessária é a abertura da vala para instalação da cisterna.

#### 4.4 SISTEMA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS *GRID-TIE*

O dimensionamento do sistema fotovoltaico baseou-se no sistema do tipo *grid-tie* por seu menor custo em relação ao sistema *off-grid*. Para o dimensionamento, deve-se levar em consideração o consumo médio mensal de energia elétrica da residência. A partir do consumo médio mensal é possível determinar o número necessário de células fotovoltaicas para que a energia elétrica proveniente do sistema *grid-tie* seja suficiente para compensar o consumo da residência, assim sendo o consumidor terá descontos na conta mensal, que pode ser zerada devido à produção de energia.

Utilizando o simulador de consumo de energia elétrica da Copel, pode-se estimar que cada uma das residências projetadas neste trabalho, distribuídas em duas suítes, lavabo, sala de estar, sala de jantar, cozinha e garagem e com os eletrodomésticos típicos de tais cômodos, considerando aparelhos televisores, aparelho de som, chuveiros elétricos, geladeira, forno de microondas e lâmpadas fluorescentes dentre outros, consumirá em média de 325 kWh por mês. O anexo B apresenta a simulação feita através do Simulador da Copel, onde foram considerados todos os cômodos da residência.

Para prosseguir com o dimensionamento do sistema FV é necessário obter a taxa de irradiação solar do local, que pode ser obtido pelo site da CRESESB entrando com os valores de latitude e longitude da localização do condomínio. Utilizando o Google Maps é possível selecionar um ponto (dentro do terreno) e na opção “O que há aqui?” é possível encontrar tais dados. A partir desta ferramenta determinou-se que a latitude do local é de 23,56° Sul e a longitude de 47,46° Oeste.

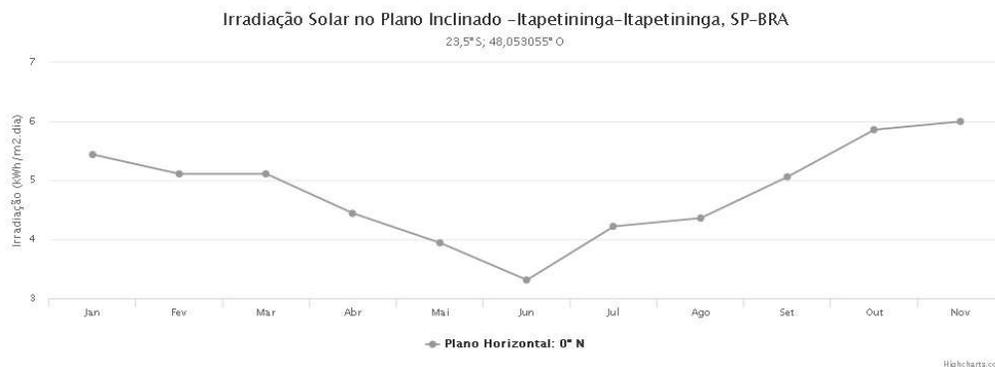
Uma vez conhecidos os valores de latitude e longitude do local é possível determinar a taxa de irradiação média pelos dados fornecidos pela CRESEB. Os dados encontrados da cidade mais próxima à da região em questão são pertencentes à cidade de Itapetininga, que se encontram na Figura 24.

Figura 24. Irradiação solar diária média mensal.

## Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Itapetininga  
 Município: Itapetininga, SP - BRA  
 Latitude: 23,5° S  
 Longitude: 48,053055° O  
 Distância do ponto de ref. (23,63° S; 47,48° O): 60,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec		
☑	Plano Horizontal	0° N	5,44	5,11	5,11	4,44	3,94	3,31	3,75	4,22	4,36	5,06	5,86	6,00	4,72	2,68
☐	Ângulo igual a latitude	24° N	4,91	4,67	5,27	5,07	4,96	4,34	4,86	5,02	4,64	4,94	5,34	5,31	4,96	1,00
☐	Maior média anual	22° N	4,97	4,91	5,28	5,04	4,91	4,28	4,81	4,98	4,64	4,97	5,41	5,39	4,97	1,13
☐	Maior mínimo mensal	33° N	4,57	4,63	5,16	5,14	5,20	4,88	5,13	5,15	4,60	4,73	4,99	4,90	4,90	,62



Fonte: (CRESESB).

É importante notar a diminuição das taxas de irradiação durante os meses de inverno, o que representa menor produção de energia elétrica. Sendo assim, o dimensionamento é feito considerando-se um valor médio de irradiação diária, que como observado na tabela acima é de 4,72 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Este valor de irradiação pode ser compreendido como sendo a potência total proveniente do sol por metro quadrado, e a partir deste valor é possível estimar a quantidade de painéis FV que converterão essa irradiação em energia elétrica.

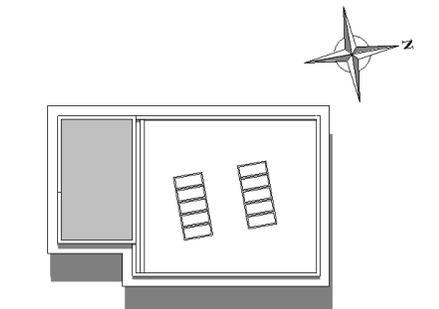
A partir do consumo estimado pelo simulador da Copel, arredondado para 350 kWh por mês, ou então 11,7 kWh por dia, e da taxa de irradiação média de 4,72 kWh/m<sup>2</sup>.dia, pode-se estimar qual a potência à pico do sistema. Dividindo-se o consumo pela taxa de irradiação temos um valor de potência de 2,5 kW, ou seja, esta é a potência do sistema para que sejam gerados os 350 kWh por mês. Segundo PINHO & GALDINO (2014) cada painel FV possui potência de 250 W, portanto o sistema FV deve dispor de 10 painéis no total.

A empresa Solenerg dimensiona kits de sistemas FV para diferentes demandas de energia elétrica. De acordo com a empresa, o custo de um sistema de 10 painéis FV é de aproximadamente R\$ 15.000,00. Além dos painéis, também foi orçado os postes solares desenvolvidos pela empresa, sendo que o kit completo custa aproximadamente R\$ 6.000,00.

Para a realização do desenho, ajustou-se no Revit o posicionamento do Norte para que os painéis fossem posicionados corretamente em direção à posição de maior irradiação. Além

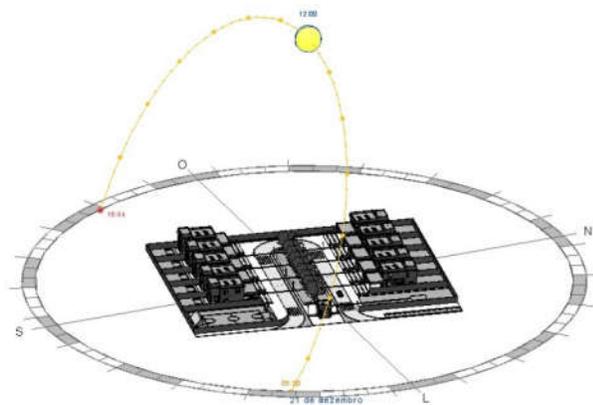
disso, o software auxilia na verificação da trajetória do sol e como isso influencia dentro da residência.

Figura 25. Painéis voltados à direção Norte.



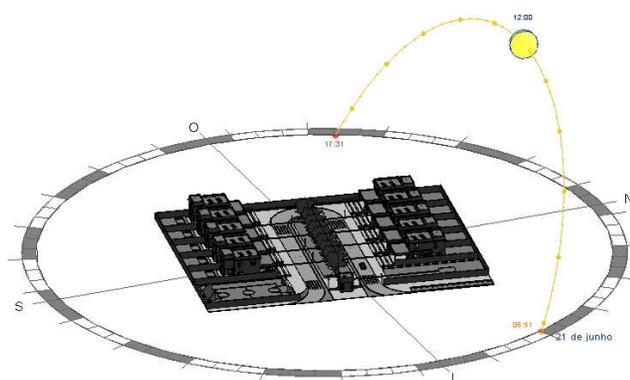
Fonte: Autor.

Figura 26. Trajetória do sol no verão.



Fonte: Autor.

Figura 27. Trajetória do sol no inverno.



Fonte: Autor.

#### 4.5 TRATAMENTO DE ESGOTO *IN LOCO*

Visto que a distribuição dos lotes no terreno do condomínio ocasionou no surgimento de duas áreas verdes sem construção, observou-se a possibilidade de aproveitamento de uma dessas áreas para a instalação do sistema de tratamento de esgoto *in loco*, que é feito a partir dos conceitos de fossas ecológicas.

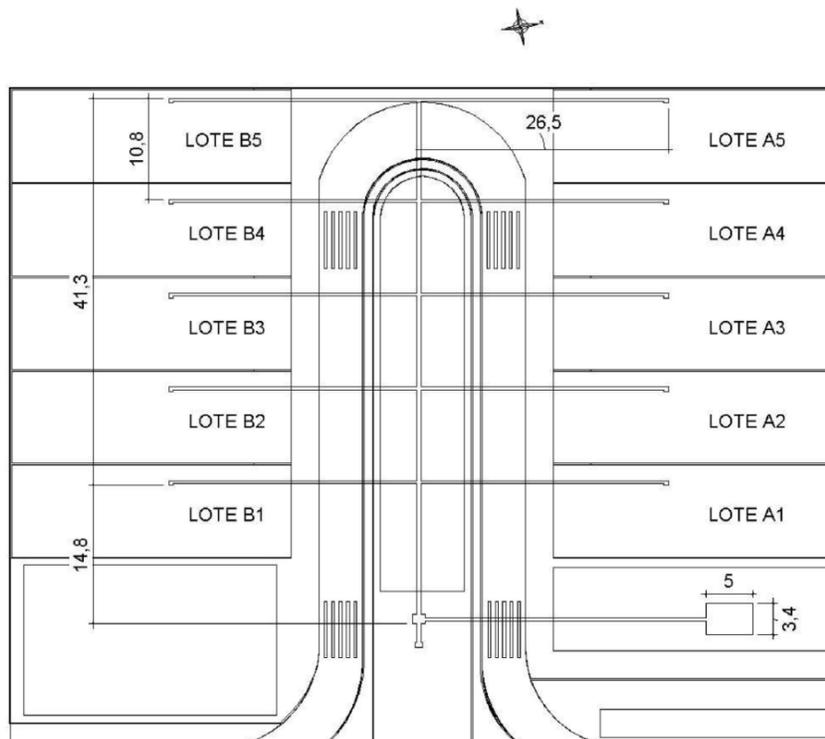
A partir do pressuposto que cada residência contará com 4 moradores, então o condomínio, em sua totalidade, deve ser dimensionado para tratar do esgoto de 40 usuários. De acordo com o orçamento fornecido pela empresa Ecofossa, para tratar do esgoto de 40 usuários, é necessário um equipamento com capacidade de 4.000 litros.

Segundo o material enviado pela empresa, o reator anaeróbico do tipo UASB maximiza as ações das bactérias anaeróbias causando a biodigestão, removendo entre 80,0% e 85,0% de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), percentuais tidos como ideais para a disposição do efluente tratado no solo ou em um corpo receptor. Os equipamentos não sofrem corrosão química genérica, galvânica, corrosão intergranular ou grafítica que afetam diretamente as estruturas metálicas, de alvenaria e de concreto tanto internamente com externamente, pois são inertes para os principais agentes corrosivos. Além disso, a superfície interna totalmente lisa e em resina poliéster oferece uma resistência à abrasão interna e externa.

O custo do sistema para os 40 usuários segundo a empresa é de R\$ 8.475,14. Este valor engloba apenas a compra dos equipamentos, visto que são necessárias obras de instalação. De acordo com as dimensões do sistema de tratamento apresentados na Figura 17, deve realizar uma vala para que o sistema seja enterrado, além de alocar apropriadamente o sistema.

A rede de esgoto deve ser dimensionada de acordo com a norma NBR 9649 – Projeto de Redes de Esgoto, respeitando os diâmetros das tubulações dos ramais (tubulações que transportam o esgoto das residências até tubulação principal), as profundidades das valas que devem ser escavadas para a instalação das tubulações e as dimensões da tubulação principal que conecta os ramais à fossa ecológica. A Figura 28 p. 47 apresenta o desenho das escavações que vão receber as tubulações da rede de esgoto bem como a vala onde deve ser instalada a fossa ecológica, com dimensões de 5 m x 3,4 m x 3,0 m (comprimento x largura x profundidade).

Figura 28. Escavações da rede de esgoto.



Fonte: Autor.

Ao todo, serão necessários aproximadamente 300 metros de tubulação para a rede de coleta de esgoto do condomínio.

#### 4.6 CONCEPÇÃO FINAL DO CONDOMÍNIO

A concepção final do condomínio pode ser observada nas renderizações geradas no REVIT que se encontram na página 48. Sugere-se que a quadra poliesportiva seja executada com a utilização de piso de borracha, visto suas propriedades que o recomendam para uso em áreas de lazer. No projeto foram locados postes de iluminação partindo do conceito dos postes solares, que utilizam painéis FV em seu topo para produção de energia elétrica e, portanto não são conectados à rede elétrica. Também fora projetada uma ciclovia adjunta à rua principal do condomínio.

Figura 29. Vista aérea do condomínio sustentável.



Fonte: Autor.

Figura 30. Interior do condomínio.



Fonte: Autor.

## 5 ANÁLISE DE CUSTOS

A partir dos orçamentos realizados é possível fazer uma análise referente aos custos dos sistemas dimensionados. É importante para a análise de viabilidade de qualquer projeto estudar as condições locais da obra e quais os recursos disponíveis.

Analisando o sistema de captação de água pelo telhado verde percebe-se que telhados convencionais podem captar mais volumes de água, principalmente pela ausência da vegetação e do substrato, que inevitavelmente consomem uma parcela da água pluvial, e consequentemente do relativo baixo valor do coeficiente de Runnof. Porém, o conforto

térmico-acústico que este tipo de telhado possibilita, aliado à captação de água pluvial, viabiliza a aplicação do sistema de telhado verde, pois o conjunto do sistema acaba por reduzir não apenas o consumo de água, mas também o consumo de energia elétrica.

Considerando o orçamento da Ecotelhados, o custo de cada telhado verde seria de aproximadamente R\$ 10.200,00, valor que não se distancia demasiadamente dos custos de construção de telhados convencionais. Considerando que a vida útil destes telhados é indeterminada, desde que sendo feitas inspeções periodicamente, o sistema alveolar leve se mostrou recomendado para aplicação nas residências do condomínio.

Quanto ao sistema FV algumas considerações são importantes, principalmente quanto às taxas de irradiação solar do local. A viabilidade de instalação destes sistemas está diretamente relacionada à essas taxas, que podem variar muito de uma região para outra. Com acesso à conta de energia elétrica da cidade de Votorantim, que é administrada pela CPFL Piratininga, é possível verificar o custo da energia elétrica cobrado pela concessionária. Uma conta de uma residência da cidade apresenta consumo de 160 kWh e valor de R\$ 98,73, ou seja, o preço médio por kWh consumido é de R\$ 0,6170. A partir deste preço médio, e considerando o mesmo valor de consumo de 350 kWh adotado no dimensionamento do sistema FV, chega-se ao valor mensal de R\$ 216,00 referentes ao consumo de energia elétrica da residência.

Visto que o custo do kit dimensionado é de R\$ 15.000,00, nota-se que o tempo de retorno do investimento em painéis FV é de 70 meses, aproximadamente 6 anos. O tempo de retorno é considerado vantajoso, visto que o kit de painéis FV possui garantia de 15 anos após a instalação. Deve-se levar em conta a integração proposta neste trabalho entre telhado verde e sistemas FV, que pode melhorar em 8,3% a eficiência dos painéis. Considerando este aumento de eficiência e conseqüentemente de produtividade de energia elétrica, o sistema de cada casa produziria 360 kWh a mais no período de um ano, reduzindo o tempo de retorno de investimento para aproximadamente 5 anos.

Os custos referentes à instalação da Ecofossa também mostram vantagens de aplicação no projeto, visto que o valor de aproximadamente R\$ 9.000,00 seria o custo de instalação para tratamento de esgoto das 10 residências, ou seja, aproximadamente R\$ 900,00 para cada edificação. Considerando a praticidade durante a vida útil do sistema, que não exige manutenções frequentes, o sistema mostrou-se viável para aplicação no tratamento de esgoto do condomínio.

A partir do projeto do software REVIT pode-se obter as quantidades dos materiais aplicados nos desenhos. Assim sendo, verificou-se a quantidade de tijolos solo-cimento necessários para a construção do condomínio, assim como para apenas uma residência. Para apenas uma residência, registrou-se a área total de paredes de 345,94 m<sup>2</sup> e comprimento total de 171,05 metros. Enquanto isso, a área total de paredes do condomínio é de 5.026,53 m<sup>2</sup>, este valor é maior que 10x a área de uma residência, o que era esperado visto que estão sendo contabilizadas as paredes da portaria e os muros do condomínio.

De acordo com um estudo desenvolvido pela Tijolos Ecológicos Trindade, o tijolo ecológico de solo-cimento pode ser até 15% mais barato do que os tijolos tradicionais. A Figura 31 apresenta um comparativo entre os valores de parede acabada para cada tipo de tijolo.

Figura 31. Comparativo de preço por m<sup>2</sup> de parede acabada.

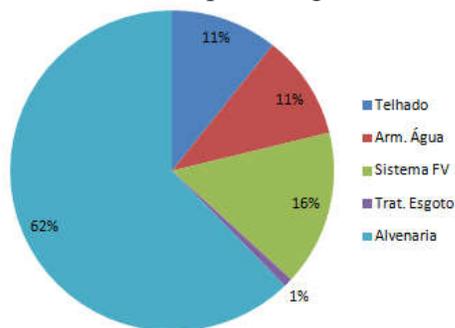
PREÇO POR M <sup>2</sup> DE PAREDE ACABADA		
R\$	115,18	TIJOLO CERÂMICO (TIJOLO BAIANO DE 9 EM TODAS AS PAREDES) C/PINTURA
R\$	122,04	TIJOLO CERÂMICO (BAIANO DE 9 INTERNO E BAIANO DE 15 EXTERNO) C/PINTURA
R\$	124,72	TIJOLO CERÂMICO (TIJOLO BAIANO DE 15 EM TODAS AS PAREDES) C/ PINTURA
R\$	120,71	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL C/ PINTURA
R\$	88,83	TIJOLO ECOLÓGICO S/ PINTURA INTERNA, C/ REJUNTE (INT E EXT), C/ RESINA (INT E EXT)
R\$	118,45	TIJOLO ECOLÓGICO C/ EMBOÇO E PINTURAS INTERNOS, RESINAM. E REJUNTAM. EXTERNOS
R\$	104,38	TIJ. ECOLÓGICO C/ RESIN.E REJUNT. EXT.E C/ REJUNT.E PINT. INT. (S/EMBOÇO E S/ RESIN. INT.)
R\$	78,89	TIJOLO ECOLÓGICO S/ REJUNTAM., RESINAM. E PINTURA INT. E EXT.

Fonte: (TRINDADE TIJOLOS ECOLÓGICOS).

Considerando o valor de R\$ 118,45 por m<sup>2</sup> de parede, ou seja, tijolo ecológico com emboço e pintura, o custo de construção de uma residência é de 345,94 m<sup>2</sup> x R\$ 118,45, logo, R\$ 40.976,594. Baseando-se no mesmo tipo de tijolo, temos que o custo de construção do condomínio, referente à alvenaria de solo-cimento, é de R\$ 595.392,48.

Portanto, o custo total de implantação das ecotécnicas apresentadas é de R\$ 956.372,64.

Figura 32. Gráfico de porcentagens dos custos em relação ao total.



Fonte: Autor.

## 6 CONCLUSÃO

A sustentabilidade vem sendo tratada por muitos como uma necessidade para a manutenção da vida no planeta, que ao longo dos anos vem apresentando mudanças climáticas sem precedentes e com consequências irreversíveis. A engenharia, como sendo responsável por assegurar a economia e segurança de obras, deve também incluir em seu escopo de projeto a adoção de técnicas que ajudem a minimizar os impactos causados pelo crescimento populacional e o uso racional de recursos naturais finitos.

Durante a elaboração deste trabalho atentou-se na grande diversidade de material encontrado na internet e na literatura sobre o tema, mostrando que a preocupação com o meio ambiente tange a todas as áreas, que juntas desenvolvem sistemas de integração que apresentam eficiência maior do que quando isolados. Esta tendência interdisciplinar contribui para o desenvolvimento tecnológico e social da sociedade, que pode se beneficiar de tecnologias antes muito caras e difíceis de encontrar.

A integração entre as coberturas verdes em telhados com sistemas de painéis fotovoltaicos pode representar um grande avanço na eficiência energética de edificações, melhorando em até 8,3% a produtividade dos painéis graças às menores temperaturas superficiais do solo. A microgeração de energia representa economia aos moradores e o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente cinco anos.

Através da análise dos custos, pode-se concluir que as ecotécnicas empregadas no projeto são viáveis para implantação, sendo que do total de aproximadamente 1 milhão de reais, 62% dos custos referem-se à alvenaria solo-cimento, 16% aos sistemas fotovoltaicos, 11% aos sistemas de armazenamento de água pluvial, 11% aos telhados verdes e menos de 1% referente ao tratamento de esgoto dos 40 moradores do condomínio.

Com tudo isso, fez-se perceptível a possibilidade do uso de materiais e técnicas que contribuem para a redução dos impactos ambientais causados pela construção civil. Além das características sustentáveis, os projetos podem apresentar melhor eficiência energética, através de sistemas integrados que otimizam o uso de água e energia elétrica das residências.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:1989**: instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4510>>. Acesso em: 30 out. 2016.

AGOPYAN, V. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. v. 5.

CARVALHO, E. A. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I**: geografia. Natal, RN: EDUFRN, 2008. Disponível em: <[http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras\\_cartograficas/Le\\_Ca\\_A07\\_J\\_GR\\_260508.pdf](http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras_cartograficas/Le_Ca_A07_J_GR_260508.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2016.

CONDOMÍNIO SUSTENTÁVEL. **Boas práticas**. Disponível em: <[www.condominiosustentavel.org/boas-praticas](http://www.condominiosustentavel.org/boas-praticas)>. Acesso em 29 out. 2016.

COPEL. **Simulador de consumo de energia elétrica**. Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/simulador/>>. Acesso em: 10 set. 2016.

CRESESB (Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito). **Potencial solar**: SunData. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&)>. Acesso em: 03 nov. 2016.

ECOFOSSA. **Descubra qual a melhor solução de fossa ecológica para o seu empreendimento**. Disponível em: <[www.ecofossa.com/produtos/](http://www.ecofossa.com/produtos/)>. Acesso em: 22 out. 2016.

ECOTELHADO. **Sistema alveolar leve**. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2013/09/Manual-e-especificac%CC%A7o%CC%83es-Sistema-Alveolar-Leve.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

FERREIRA, A. D. D. **Habitação autossuficiente**: interligação e integração de sistemas alternativos. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FIQUEROLA, V. Alvenaria de solo cimento. **Revista Técnica**, v. 85, abr. 2004. Disponível em: <<http://technepini.com.br/engenharia-civil/85/artigo286284-1.aspx>>. Acesso em: 12 out. 2016.

GEDORE. **Residências utilizam de forma inteligente a água da chuva e reduzem as contas no fim do mês**. Disponível em: <<http://www.gedore.com.br/blog/residencias-utilizam-de-forma-inteligente-a-agua-da-chuva-e-reduzem-as-contas-no-fim-do-mes/>>. Acesso em: 08 out. 2016.

HUI, S. C. M.; CHAN, S. C. Integration of green roof and solar photovoltaic systems. In: INTEGRATED BUILDING DESIGN IN THE NEW ERA OF SUSTENTABILITY, 2011, Hong Kong. **Anais...** Hong Kong, 2011. Disponível em: <[https://web.hku.hk/~cmhui/JS-2011-samhui\\_fullpaper01.pdf](https://web.hku.hk/~cmhui/JS-2011-samhui_fullpaper01.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2016.

IGRA (International Green Roof Association). **A quick guide to green roofs**, 2016. Disponível em: <[http://www.igra-world.com/links\\_and\\_downloads/images\\_dynamic/IGRA\\_Green\\_Roof\\_Pocket\\_Guide\\_2014.pdf](http://www.igra-world.com/links_and_downloads/images_dynamic/IGRA_Green_Roof_Pocket_Guide_2014.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2016.

INSTITUTO CIDADE JARDIM. **Telhado verde e energia solar fotovoltaica: juntos e 8,3% mais eletricidade**. Disponível em: <<http://institutocidadejardim.com.br/2016/01/11/telhado-verde-e-energia-solar-fotovoltaica-juntos-e-83-mais-eletricidade/>>. Acesso em 20 set. 2016.

MCGRATH, M. Países emergentes ‘superam pela 1ª vez’ os mais ricos em investimento em energia limpa. **BBC**, Londres, 5 jun. 2016. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-36448964>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

PALADINOBR. **Tijolo ecológico**. Disponível em: <<http://paladinobr.blogspot.com.br/2011/04/tijolo-ecologico.html>>. Acesso em 20 out. 2016.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. INPE, 2016. Disponível em: <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil\\_solar\\_atlas\\_R1.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf)> Acesso em: 10 set. 2016.

PINHO, J. T; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**, 2014. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2016

PISANI, M. A. J.; **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento**. Disponível em: <[http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1\\_artigo\\_tijolos\\_solo\\_cimento.pdf](http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1_artigo_tijolos_solo_cimento.pdf)>. Acesso em 12 out. 2016.

REALSOLAR. **Energia renovável do brasil**. Disponível em: <<http://real-solar.com/como-funciona.php>>. Acesso em: 10 set. 2016.

RIVESTI. **Instruções para instalação das pastilhas Rivesti com cola de contato**. Disponível em: <[www.rivesti.com.com/files/instrucoes-para-instalacao-das-pastilhas-rivesti.pdf](http://www.rivesti.com.com/files/instrucoes-para-instalacao-das-pastilhas-rivesti.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2016.

ROBERTSON, S. et al. **Stanford's University green dorm water system management project**. Stanford, California, 2005. Disponível em: <<http://web.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/Projects/greendorm/water/GraywaterCD/CapstoneFinalReports/2005%20class/LEP%20Report%20-%20FINAL.doc>>. Acesso em 10 out. 2016.

RÜTHER, R. **Edifícios solares sotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2016.

SANTOS, T. L. et al. **Análise a eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00595.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

SILVA, R. S.; MAGALHÃES, Horus. Ecotécnicas urbanas. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 4, n. 7, p. 33 – 42, 1993.

SOUZA, T. M. de; ABRAHÃO, C. Aplicativo para dimensionamento de aquecedor de água de garrafas PET e canos PVC. **Revista SODEBRAS**, v. 8, n. 90, jun. 2013. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N90.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016.

SUSTENTARQUI. **Piso base para parede de escalada e áreas de recreação**. Redação sustentarqui. Disponível em: < <http://sustentarqui.com.br/produtos/piso-base-para-parede-de-escalada-e-areas-de-recreacao/>>. Acesso em: 08 out. 2016.

TIJOLO ECO. **Produtos ecológicos para sua casa ecológica**. Disponível em: <[www.tijolo.eco.br/tijolo-ecologico/conheca-o-tijolo-ecologico/](http://www.tijolo.eco.br/tijolo-ecologico/conheca-o-tijolo-ecologico/)>. Acesso em: 12 out. 2016.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**: interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_previsao\\_%20de\\_%20consumo\\_agua\\_170114/previsao\\_de\\_consumo\\_de\\_agua.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_previsao_%20de_%20consumo_agua_170114/previsao_de_consumo_de_agua.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2016.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: projeto de redes de esgoto. Disponível em: < [www.licenciadoambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf](http://www.licenciadoambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2016.

BRITO, L. T. de L. et al. **Cisternas domiciliares**: água para consumo humano, 2007. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/semiarido/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159652/cisternas-domiciliares-agua-para-consumo-humano>>. Acesso em: 10 out. 2016.

TRINDADE TIJOLOS ECOLÓGICOS. **Comparativo entre tijolos ecológicos e outras alvenarias**. Disponível em: <<http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/comparativo-entre-tijolos-ecologicos-e-outras-alvenarias/>>. Acesso em: 22 out. 2016.

**ANEXO A – Índices pluviométricos de Votorantim**

 		Índice Pluviométrico 2010										
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	8,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
3	0,0	3,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	10,5
4	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7
6	17,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0
7	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	13,0	0,0	0,0
8	5,0	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	12,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	7,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
14	16,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0
15	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	87,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	30,0
17	19,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	17,0
18	37,0	4,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
20	46,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
21	10,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	15,0
22	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	19,0
23	57,0	4,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
25	18,5	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	28,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	13,0
27	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
28	44,0	2,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	44,0		40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
30	42,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	18,0	0,0
31	12,0		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0
<b>TOTAL</b>	<b>519,1</b>	<b>34,0</b>	<b>140,0</b>	<b>65,0</b>	<b>42,0</b>	<b>16,0</b>	<b>53,5</b>	<b>0,0</b>	<b>101,0</b>	<b>93,5</b>	<b>134,5</b>	<b>189,8</b>

TOTAL DO ANO
1388,4

**ANEXO B – Simulação de consumo de energia elétrica**



## Simulador de Consumo

\*Verificar os valores no site

### Cozinha

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Geladeira	1	130	1440	Minutos/Dia	83,60	R\$ 80,41
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Liquidificador	1	300	15	Minutos/Dia	2,25	R\$ 1,45
Microondas	1	1200	20	Minutos/Dia	12,00	R\$ 7,75
Sandueira	1	750	5	Minutos/Dia	1,88	R\$ 1,21
<b>TOTAL:</b>					<b>111,08</b>	<b>R\$ 71,69</b>

### Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Rádio Relógio	1	5	1440	Minutos/Dia	3,60	R\$ 2,32
Telefone sem fio	1	100	80	Minutos/Dia	3,00	R\$ 1,91
Televisor	1	100	110	Minutos/Dia	6,50	R\$ 3,66
TV a cabo	1	80	540	Minutos/Dia	21,80	R\$ 13,91
<b>TOTAL:</b>					<b>36,05</b>	<b>R\$ 22,62</b>

### Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Computador	1	300	160	Minutos/Dia	27,00	R\$ 17,43
Rádio Relógio	1	5	1440	Minutos/Dia	3,60	R\$ 2,32
<b>TOTAL:</b>					<b>31,95</b>	<b>R\$ 20,62</b>

### Banheiro

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Chuveiro	1	3500	10	Minutos/Dia	17,50	R\$ 11,30
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Chapinha/Prancha alisadora	1	1500	10	Minutos/Dia	7,50	R\$ 4,84
Secador de cabelo	1	1400	10	Minutos/Dia	7,00	R\$ 4,52
<b>TOTAL:</b>					<b>33,35</b>	<b>R\$ 21,63</b>

### Banheiro

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Chuveiro	1	3500	10	Minutos/Dia	17,50	R\$ 11,30
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
Secador de cabelo	1	1400	10	Minutos/Dia	7,00	R\$ 4,52
Chapinha/Prancha alisadora	1	1500	10	Minutos/Dia	7,50	R\$ 4,84
<b>TOTAL:</b>					<b>33,35</b>	<b>R\$ 21,53</b>

### Banheiro

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	300	Minutos/Dia	1,35	R\$ 0,87
<b>TOTAL:</b>					<b>1,35</b>	<b>R\$ 0,87</b>

### Sala

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Aparelho de DVD	1	50	120	Minutos/Dia	3,00	R\$ 1,94
Aparelho de Som	1	60	180	Minutos/Dia	7,20	R\$ 4,66
Home Theater	1	350	120	Minutos/Dia	21,00	R\$ 13,55
Lâmpada Fluorescente	2	9	300	Minutos/Dia	2,70	R\$ 1,74
Televisor	1	100	110	Minutos/Dia	5,50	R\$ 3,55
TV a cabo	1	60	540	Minutos/Dia	21,60	R\$ 13,94
<b>TOTAL:</b>					<b>61,00</b>	<b>R\$ 39,37</b>

### Garagem

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Bomba D'água 3/4 CV	1	848	30	Minutos/Dia	12,74	R\$ 8,22
Lâmpada Fluorescente	2	9	300	Minutos/Dia	2,70	R\$ 1,74
<b>TOTAL:</b>					<b>NaN</b>	<b>R\$ NaN</b>

---

**Sala**

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	2	9	300	Minutos/Dia	2,70	R\$ 1,74
<b>TOTAL:</b>					NaN	R\$ NaN

---

**Resultado da Simulação - tarifa com data de: 24/06/2016**

Soma total dos aparelhos elétricos adicionados em cada cômodo

Consumo aproximado da conta de luz: Valor aproximado:

325,27 kWh
------------

R\$ 209,93
------------