

FABRÍCIO MARQUES MONTE
JONAS BRITO FORTUNATO

Desenvolvimento de um condomínio sustentável

Fabício Marques Monte

Jonas Brito Fortunato

Desenvolvimento 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.

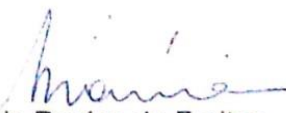
Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

M772d	Monte, Fabrício Marques Desenvolvimento de um condomínio sustentável / Fabrício Marques Monte ; Jonas Brito Fortunato – Guaratinguetá, 2019. 44 f. : il. Bibliografia : f. 40-42 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva 1. Construção sustentável. 2. Eficiência do uso da água. 3. Sustentabilidade. 4. Geração de energia fotovoltaica. I. Título CDU 69
-------	---

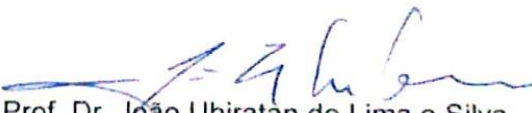
FABRÍCIO MARQUES MONTE
JONAS BRITO FORTUNATO

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

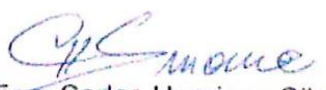
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO


Prof. Dra. Márcia Regina de Freitas

BANCA EXAMINADORA:


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


Eng. Victor Arruda Ferraz de Campos
UNESP/FEG


Eng. Carlos Henrique Silva Moura
UNESP/FEG

Guaratinguetá – SP

2019

AGRADECIMENTOS

Às nossas famílias e aos amigos que nos acompanharam e deram força durante todo o curso.

Ao nosso orientador, *Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva* que nos deu o suporte e o auxílio necessários para realizarmos esse trabalho.

Aos nossos professores de curso e todos os funcionários da universidade que nos ajudaram a chegar até aqui.

“Mas ainda resta tempo
De rever o então feito
Reviver o nosso rio
Tornando-o como perfeito

Só basta ter a vontade
Alguma determinação
Sair do velho reclame
E partir para a ação”

Benedito Gomes Rodrigues

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de apresentar soluções sustentáveis de construção civil por meio da elaboração do projeto de um condomínio residencial, na cidade de Cotia, São Paulo. O condomínio é composto por 10 casas idênticas, projetadas para 4 moradores por residência e uma área de lazer. São apresentadas ecotécnicas existentes que permitem gerar maior eficiência energética e menor impacto ambiental nas construções, como a utilização de telhados verdes, sistema de reuso de água da chuva para fins não potáveis, sistema de tratamento de esgoto in loco, com ajuda de uma fossa ecológica na área comum do condomínio e sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos. Além dessas técnicas, outras possibilidades foram apresentadas durante o trabalho e, algumas não foram incluídas no projeto do condomínio com o objetivo de reduzir custos. Todos as ecotécnicas inseridas no projeto apresentam estudos de orçamento de empresas reais que possuem os produtos e serviços necessários, para se obter uma conclusão mais próxima da realidade acerca dos custos. É possível concluir que as técnicas e materiais de construção sustentável apresentados podem apresentar um custo de implementação mais elevado, porém trazem economias aos usuários e ganhos ao meio ambiente bastante consideráveis, no longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Telhados verdes. Painéis fotovoltaicos. Tratamento de esgoto in loco.

ABSTRACT

This work presents sustainable solutions of construction by designing a residential condominium, in Cotia, São Paulo. The condominium has 10 identical houses, designed for 4 people each one, and a common area. Ecotechniques that provide energy efficiency and cause less harm to the environment are presented, such as green roofs, rainwater harvesting system, compact sewage treatment and solar photovoltaic power system. Other sustainable ecotechniques are also presented in this work but some are not included in the project due to their high costs. Every ecotechnique shown in the project had their prices studies obtained from real companies in order to achieve high accuracy conclusion when it comes to costs. These techniques and alternative materials can be more expensive in some cases, but they provide economic and environmental benefits in the long term.

KEYWORDS: Sustainability. Rainwater harvesting system. Compact sewage treatment plant reuse system. Solar photovoltaic power system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema de reuso de água pluvial.....	14
Figura 2 - Distribuição das atividades residências que utilizam água.....	14
Figura 3 - Índices pluviométricos de Cotia.....	16
Figura 4 - Exemplo de utilização de telhados verdes.....	17
Figura 5 - Tipos de telhados verdes.....	18
Figura 6 - Exemplos de tijolos Solo - Cimento.....	18
Figura 7 - Sistemas hidráulicos integrados com cimento Solo - Cimento.....	19
Figura 8 - Exemplo de utilização de tijolos Solo - Cimento.....	19
Figura 9 - Potencial de geração de energia fotovoltaica.....	20
Figura 10 - ETE compacta da MIZUMO.....	22
Figura 11 - Regulador de fluxo de chuveiro.....	23
Figura 12 - Duplo acionamento de descargas.....	23
Figura 13 - Localização do terreno.....	27
Figura 14 - Entrada do terreno.....	27
Figura 15 - Planta de locação dos lotes e infra-estrutura do condomínio.....	29
Figura 16 - Planta da residência modelo.....	30
Figura 17 - Planta humanizada da residência modelo.....	31
Figura 18 - Disposição do telhado da residência modelo.....	32
Figura 19 - Irradiação solar média mensal de Cotia.....	33
Figura 20 - Produção diária de esgoto por tipo de edificação.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de consumo de água por tipo de edificação.....	15
Tabela 2 - Dimensões do telhado da residência modelo.....	33
Tabela 3 – Média pluviométrica histórica em Cotia.....	35
Tabela 4 – Tarifas de água e para residências.....	36
Tabela 5 – Análise comparativa das Ecotécnicas.....	38
Tabela 6 – Custos de implementação das Ecotécnicas.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVO.....	11
3	METODOLOGIA.....	12
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1	ECOTÉCNICAS.....	13
4.1.1	Reuso da água da chuva	13
4.1.2	Sistema de iluminação	16
4.1.3	Telhados verdes.....	17
4.1.4	Tijolos de solo-cimento	18
4.1.5	Energia fotovoltaica.....	19
4.1.6	Tratamento de esgoto	21
4.1.7	Equipamentos hidráulicos.....	22
4.2	LEGISLAÇÃO	24
4.3	CERTIFICADOS E SOLOS SUSTENTÁVEIS	24
5	DESENVOLVIMENTO	26
5.1	DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	26
5.2	PROJETO RESIDENCIAL	26
5.3	SISTEMAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	30
5.4	SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO IN LOCO	31
5.5	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	33
5.5	TIJOLOS SOLO – CIMENTO	36
6	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS.....	40
	ANEXO A - Simulador de consumo residencial de energia da CEMIG	40
	ANEXO B - Tarifas de fornecimento de energia elétrica.....	40

1 INTRODUÇÃO

O ser humano vem desenvolvendo diversos métodos que visam diminuir o impacto ambiental em ações rotineiras de sua vida. Desde a mudança de comportamento de consumo de itens básicos à alteração de hábitos alimentares. A conscientização de que a ação humana gera danos constantes e irreversíveis ao meio ambiente vem se enraizando nas gerações atuais. Inserida nesse cenário, a construção civil também foi atingida por esse movimento. Novas técnicas de construções foram descobertas e passaram a ser utilizadas para diminuir o consumo de energia de residências, para empregar materiais renováveis, para fazer reuso de elementos que podem ser reciclados após processos de tratamento e para diminuir o acúmulo de resíduos e descarte de rejeitos.

Buscando manter e até aumentar os padrões de conforto e praticidade das construções e residências, essas novas técnicas construtivas vêm sendo desenvolvidas e aplicadas cada vez mais, na tentativa de harmonizar o desenvolvimento humano com a preservação do meio ambiente. Essas tecnologias, além de tentarem diminuir o impacto ambiental, também podem se mostrar mais eficientes do que os modelos tradicionais.

Um problema que projetistas e construtores enfrentavam ao tentar empregar as tecnologias que atendam aos requisitos citados anteriormente era o alto custo. No entanto, com o aumento da demanda, esses sistemas passaram a se tornar mais acessíveis.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar novas tecnologias e novos materiais, desenvolvidos com o propósito de serem sustentáveis, discutir seus benefícios e suas limitações e verificar as possibilidades de serem realmente empregados na prática em um condomínio residencial, para que possamos questionar os modelos tradicionais que causam impactos irreversíveis ao meio ambiente.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo, apresentar e discutir ecotécnicas que geram sustentabilidade e eficiência energética a partir de um projeto de um condomínio residencial. Apesar de apresentar a acessibilidade e custos dessas novas tecnologias, os cálculos de dimensionamento dos elementos estruturais não serão apresentados.

3 METODOLOGIA

Durante o desenvolvimento do trabalho, serão descritos diversos tipos de ecotécnicas desenvolvidas no mercado da construção civil, abordando suas características e suas maneiras de serem aplicadas. Serão apresentados os benefícios gerados por essas técnicas, bem como possíveis desvantagens, também.

Após a abertura teórica desses sistemas sustentáveis, serão apresentados o terreno escolhido para receber o condomínio proposto em projeto, sua localização e a planta de locação dos lotes e outros componentes da construção. Além disso, serão explicitadas a planta da residência modelo proposta, a vista da fachada e a disposição dos telhados.

Algumas dessas soluções apresentadas na revisão bibliográfica serão escolhidas para integrarem o condomínio, visando a viabilidade do projeto. Serão abordadas as vantagens dessas tecnologias, seus modelos de instalação, custos e as comparações com os sistemas tradicionais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ECOTÉCNICAS

São técnicas e procedimentos que buscam diminuir os impactos ambientais gerados pelas construções através do uso consciente de energia e água e de um melhor aproveitamento de recursos e materiais (SILVA e MAGALHÃES,1993).

4.1.1 Reuso da água da chuva

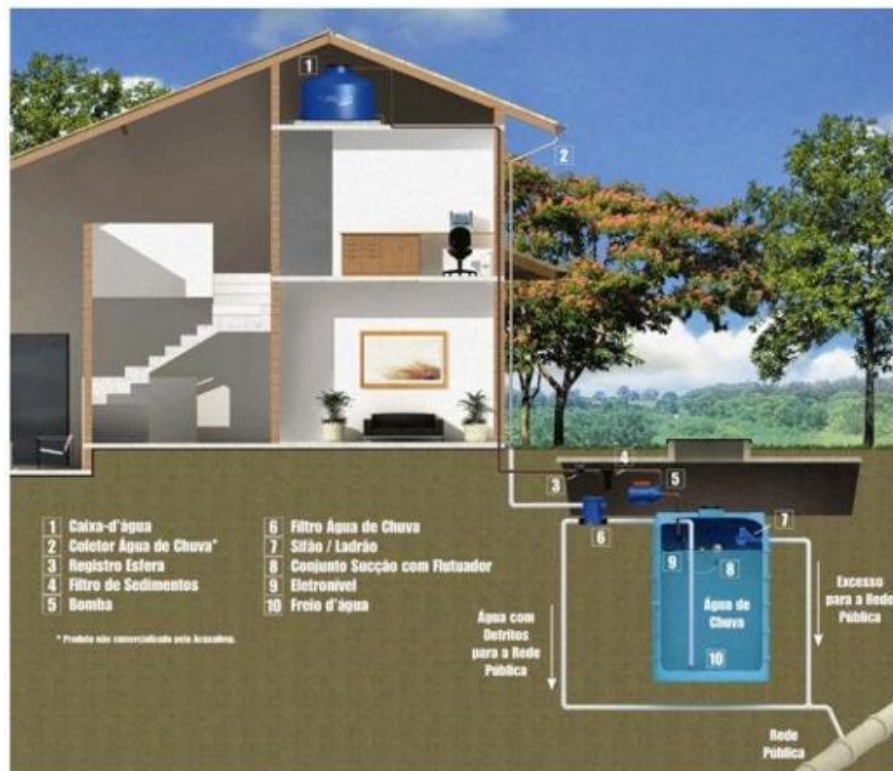
O reuso da água da chuva se encaixa perfeitamente nos princípios da construção sustentável, gerando economia no uso de água potável disponibilizada pela rede pública de abastecimento e tendo um impacto ambiental praticamente nulo aos recursos hídricos (SCHERER & FENDRICH, 2004).

Por isso, a aplicação de ecotécnicas durante o desenvolvimento de projetos, leva em consideração o reaproveitamento da água da chuva, após um processo de filtração. É necessário que a água de reuso passe por um tratamento adequado que permita seu consumo sem gerar problemas de saúde aos usuários. Assim, o projeto deve prever a construção de dois reservatórios: Um para armazenar a água captada da chuva e outro para receber água da companhia responsável pela distribuição local, facilitando a divisão do fornecimento de água para atividades que podem utilizar água de reuso e para atividades que não podem.

De acordo com Plínio Tomaz (2009), um sistema de captação de água da chuva, para posterior reuso, é formado pelos telhados que funcionam como área de captação, por calhas e condutores para transportar a água para o reservatório, por filtros para realizar o tratamento dessa água, por uma cisterna que funcionará como reservatório da água estocada e um extravasor (ladrão), para impedir o transbordamento da cisterna. Esse sistema está exemplificado na Figura 1.

A água da chuva que cai no telhado da residência é direcionada às calhas que, com a ajuda de tubulações, a leva para o reservatório, passando por filtros que realizam seu tratamento. Para a reutilização da água, é utilizado um sistema de bombeamento que a leva para os locais de reuso. A figura 1 ilustra como funciona esse sistema.

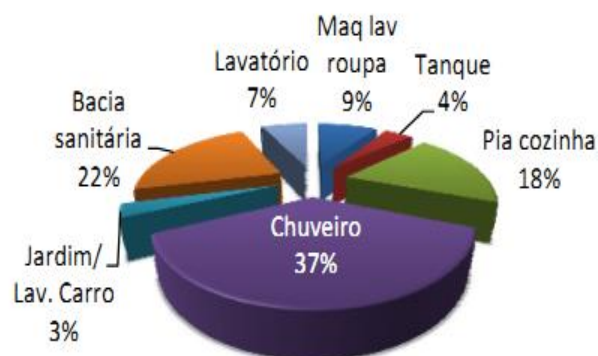
Figura 1 - Sistema de reuso de água pluvial



Fonte: Culturamix (2013).

Segundo Silva (2015), a descarga de vasos sanitários, lavagem de roupas e calçadas e irrigação de jardim não necessitam água potável e podem utilizar água pluvial. Assim, de acordo com a Figura 2, que ilustra a distribuição do uso de água por tipo de atividade residencial, pode – se observar que cerca de 40% da quantidade de água utilizada pode ter origem pluvial.

Figura 2 – Distribuição das atividades residências que utilizam água



Fonte: Hafner (2017).

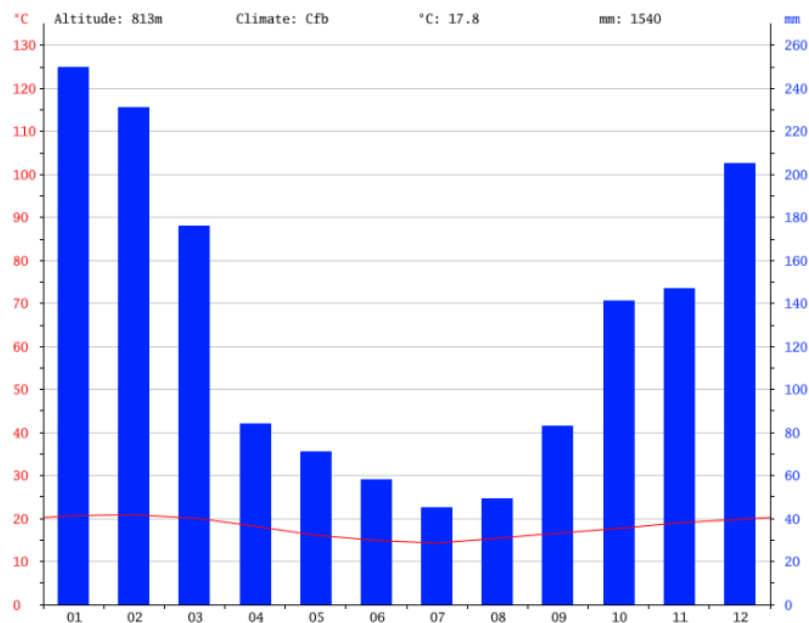
O dimensionamento desse sistema, deve ser baseado na demanda diária de água da residência. O projetista deve levar em consideração os valores de consumo predial, presentes na Tabela 1 e os índices pluviométricos da região da construção, ilustrados na Figura 3.

Tabela 1 - Estimativa de consumo de água por tipo de edificação

Uso do Edifício	Consumo Específico (litros/dia)
Alojamentos Provisórios	80 / hab
Casas Populares ou rurais	120 / hab
Residências	150 / hab
Apartamentos	200 / hab
Hotéis (s/cozinha e lavanderia)	120 / hóspede
Hospitais	250 / leito
Escolas – internato	150 / hab
Escolas – externato	50 / hab
Quartéis	150 / hab
Edifícios Públicos ou Comerciais	50 / hab
Escritórios	50 / hab
Cinemas e Teatros	2 / lugar
Templos	2 / lugar
Restaurantes e Similares	258 / refeição
Garagens	50 / auto
Lavanderias	30 / Kg roupa seca
Mercados	5 / m ²
Matadouros – animais de grande porte	300 / cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 / cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 / operário
Posto de Serviço para automóveis	150 / vaga
Cavalariças	100 / cavalo
Jardins	1,5 / m ²

Fonte: NBR 5626 (NB – 92) (1998).

Figura 3 - Índices pluviométricos de Cotia



Fonte: Climate-data (2019).

4.1.2 Sistema de iluminação

Um projeto de construção sustentável também deve buscar diminuir o consumo de energia elétrica através de escolhas conscientes das lâmpadas distribuídas pela residência. Para isso, podem ser utilizadas as lâmpadas LED, que fornecem uma iluminação com maior qualidade utilizando um menor consumo de energia (SANTOS et al, 2015), em relação às outras soluções de iluminação tradicionais. Além disso, não possuem filamentos metálicos, mercúrio ou qualquer substância que cause prejuízos ao meio ambiente. No longo prazo, gera também uma economia financeira, visto que sua durabilidade é superior aos outros modelos de iluminação (SANTOS et al, 2015).

Outro ponto importante, é desenhar o projeto da residência pensando em reduzir a necessidade de utilizar energia elétrica para iluminação durante o dia. Para isso, muitos projetistas optam pelo pé-direito duplo e por janelas maiores a fim de aumentar a incidência de luz natural no interior da residência.

4.1.3 Telhados verdes

Essa tecnologia consiste em um telhado de cobertura vegetal que pode ser projetado para qualquer tipo de construção. A cobertura com grama ou outros tipos de planta pode ser feito sobre lajes ou telhas. Acompanhado das placas fotovoltaicas, esse método construtivo está entre os mais disseminados no mundo da sustentabilidade. Suas características ajudam a evitar ilhas de calor, emissão de gases do efeito estufa e a conter alagamentos. A Figura 4 ilustra um exemplo de telhado verde.

Figura 4 - Exemplo de utilização de telhados verdes



Fonte: Dicas de arquitetura (2018).

Possui como principais vantagens a capacidade de regular drenagem de águas pluviais, o aprisionamento de gás carbônico e a produção de gás oxigênio, diminui a formação de ilhas de calor e atua como isolante térmico. O telhado verde possui uma variação de preço entre 100R\$/m² a 150R\$/m² dependendo do tipo e região, de acordo com a empresa Ecotelhados, custo mais elevado que telhados comuns. No entanto, se considerarmos seu ciclo de vida completo, sua duração é, em média, o dobro tempo.

Segundo a IGRA (International Green Roof Association) existem dois tipos principais dessa tecnologia: os Intensivo e os Extensivo, ilustrados na Figura 5. O primeiro, suporta plantas de níveis médio e grande e necessitam de uma estrutura que tenha uma capacidade maior de carga. Já o segundo, suporta plantas rasteiras de pequeno porte e possui uma vegetação de solo médio com filtro geotêxtil sintético de drenagem e retenção de umidade. Ainda há um terceiro tipo, o semi-intensivo, que é uma mescla dos outros dois tipos.

Figura 5 - Tipos de Telhado verde. A) ilustração de cultura intensiva;
B) ilustração de cultura extensiva.



Fonte: Igra (2016).

4.1.4 Tijolos de solo-cimento

Os tijolos ecológicos, ilustrados na Figura 6, recebem esse nome, pois não precisam ser levados ao forno. O processo de fabricação se dá por meio de prensagem, evitando emissão de gás carbônico. Além disso, têm como matéria prima apenas água, cimento, areia argilosa e resíduos da construção (PISANI).

A composição que o material possui, gera economia e agilidade na obra. Seus furos permitem o encaixe dos tijolos, diminuindo a utilização de colas e argamassa e dão a possibilidade de construir sistemas hidráulicos e elétricos sem a necessidade de quebrar as paredes, como exemplificado na Figura 7 e na Figura 8. Esses furos também os deixam mais leves, o que diminui a carga total que a fundação e a estrutura da residência receberá. O material também apresenta um isolamento termo-acústico superior aos convencionais.

Figura 6 - Exemplos de tijolos Solo - Cimento



Fonte: Dicas de arquitetura (2017).

Figura 7 - Sistemas hidráulicos integrados com cimento Solo - Cimento



Fonte: Tijolo solo-cimento (2013).

Figura 8 - Exemplo de utilização de tijolos Solo - Cimento



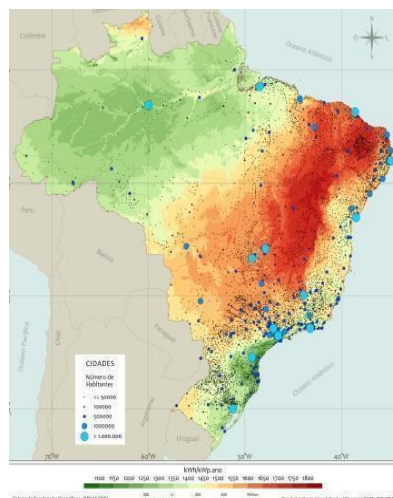
Fonte: Dicas de arquitetura (2017).

4.1.5 Energia fotovoltaica

A energia Fotovoltaica é obtida através da conversão da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico. Esse efeito consiste na criação de uma tensão elétrica após a exposição direta a uma radiação que possua energia suficiente. Na maioria dos casos, essa radiação é a própria luz solar, que dá origem a Energia Fotovoltaica.

Para a aplicação dessa alternativa energética, o Brasil apresenta características positivas, como observa-se na Figura 9. Aqui, existe uma baixa variação de radiação solar durante o ano, o que dá ao país um potencial de geração de energia superior ao de países em que a técnica já é bem desenvolvida. (PEREIRA et al, 2000).

Figura 9 - Potencial de geração de energia fotovoltaica.



Fonte: Atlas brasileiro de energia solar (2017).

Existem dois tipos de sistemas de sistemas de geração de energia fotovoltaica: Sistemas On-Grid, ou conectados à rede, e Off-Grid, ou isolados. Basicamente, a diferença entre os dois é que o primeiro está conectado à rede elétrica e o segundo, não. É necessário que a energia chegue às dependências da residência ou do edifício de forma constante, no entanto quando se utiliza energia solar, podem ocorrer interrupções nessa geração de energia devido às variações de clima, por exemplo. Por isso, os sistemas isolados contam com um banco de baterias que estabilizam o fluxo de energia. Assim, toda a energia vai para essas baterias, que alimentam a residência.

Já os sistemas conectados à rede, injetam a energia gerada diretamente na instalação elétrica das construções, sem passar por esse banco de baterias. Como estão interligados à rede, devem possuir restrições de tensão e frequência que possibilitem seu funcionamento.

Espera-se que o retorno financeiro de energia, tempo necessário para a economia de energia se equivaler à redução dos gastos, seja de até 5 anos. Tempo considerado curto, visto que os modelos disponíveis no mercado podem durar até mais de 20 anos. Além de duradouro, o sistema produz energia de forma renovável, não poluente e econômica. (RUTHER,2004).

Existem diversos fatores que influenciam diretamente no rendimento do sistema como inclinação, orientação e a incidência de radiação do local de instalação. Os sistemas devem estar posicionados para a direção de maior incidência de irradiação solar e inclinados de acordo com a latitude do local de instalação. A temperatura da região também pode afetar a produtividade de energia. Altas temperaturas acabam aumentando a condutividade dos

semicondutores presentes nos painéis, o que gera uma queda na voltagem das células voltaicas e, consequentemente uma queda na produção de energia. (HUI e CHAN, 2011).

A combinação dos sistemas fotovoltaicos com os telhados verdes, já apresentados neste trabalho, pode gerar ganhos ainda maiores na produtividade de energia. Como já citado, os telhados verdes diminuem a temperatura dos ambientes próximos aos painéis fotovoltaicos, aumentando seus rendimentos. É importante que a integração seja feita com culturas extensivas nos telhados, já que os outros tipos podem gerar sombra sobre os painéis e diminuir a produtividade. (HUI e CHAN, 2011).

Para a instalação e o correto funcionamento do sistema, é necessário saber a taxa incidência de irradiação solar do local e a demanda energética da construção.

4.1.6 Tratamento de esgoto

A reutilização da água proveniente do esgoto doméstico, após um tratamento prévio, se mostrou uma alternativa eficiente para usos em bacias sanitárias, em jardinagem e em processos de limpeza de quintal, a fim de direcionar água potável apenas para usos mais nobres. Esse reuso de esgoto, pode gerar economias de até 1/3 do volume de água que atende o consumo doméstico, diminuindo o despejo de efluentes no meio ambiente e a utilização de água potável. (MAY,2009).

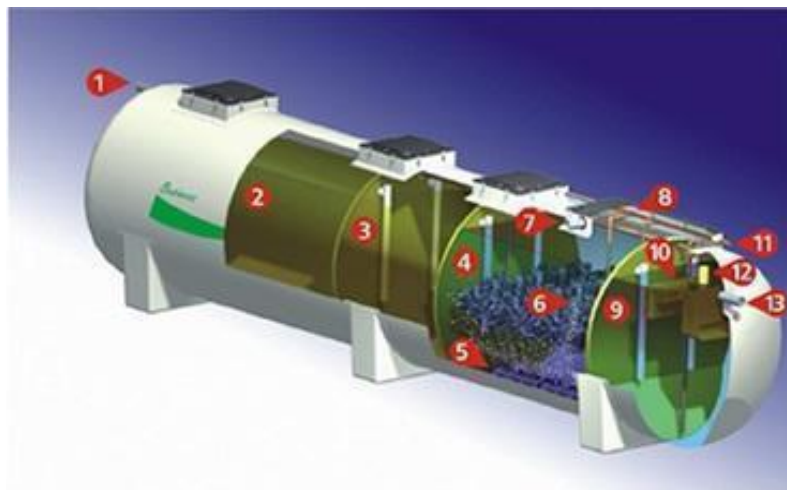
As variáveis a serem estudadas e analisadas para que um sistema de tratamento de esgoto seja implantado em uma residência são: volume de esgoto produzido diariamente, o quanto de água pode ser substituído pelo esgoto tratado, e os custos de instalação e manutenção do sistema.

Um sistema bastante utilizado para esse tratamento é a estação compacta de tratamento de esgoto. Tem como diferencial a necessidade de utilizar pouco espaço em comparação aos sistemas convencionais e não há necessidade de um operador em tempo integral para operá-lo, já que não é automatizado. Além disso, atende aos requisitos de diminuir a contaminação de lençóis freáticos e rios e possibilita a reutilização da água para fins não potáveis.

Esse sistema funciona, basicamente, em quatro etapas. Há a etapa anaeróbica (1), em que micro-organismos que se reproduzem em ambientes sem oxigênio são responsáveis por diminuir o nível de matéria orgânica do efluente. Em seguida, há a etapa aeróbica (2), em que o processo é bastante parecido, com a diferença que ocorre em um ambiente com presença de oxigênio e o produto final não há produção de metano, ao contrário da primeira etapa. A etapa de decantação (3), fica responsável por separar as substâncias líquidas das sólidas para que

ocorra a desinfecção (4) química por pastilhas de cloro. Esse processo é exemplificado na Figura 10, abaixo.

Figura 10 - ETE compacta da MIZUMO



Fonte: Ecocasa (2018).

1. Entrada de esgoto
2. Etapa anaeróbica 1
3. Etapa anaeróbica 2
4. Etapa aeróbica
5. Difusor de ar
6. Anel *Pall*
7. Tubulação de biogás
8. Retorno de lodo (sistema *air lift*)
9. Decantação
10. Calha vertedora
11. Entrada de ar
12. Desinfecção
13. Saída do efluente tratado

4.1.7 Equipamentos hidráulicos

A redução do consumo de água também pode ser potencializada com a utilização de equipamentos hidráulicos que regulem pressões e vazões, como por exemplo os reguladores de fluxo de chuveiro e o sistema de duplo acionamento de descarga.

Os reguladores de fluxo de chuveiro, ilustrados na figura 11, controlam a intensidade da saída de água das duchas, reduzindo de 30% a 50% a vazão do equipamento, sem diminuir a

qualidade do banho. O preço dos equipamentos pode ser encontrado no site da loja Leroy Merlin e varia entre R\$25,00 e R\$70,00. Não é necessária a presença de um técnico para a instalação. Os mesmos reguladores podem ser utilizados em torneiras, também.

Figura 11 - Regulador de fluxo de chuveiro



Fonte: Leroy Merlin (2019).

O sistema de duplo acionamento de descarga, exemplificado na figura 12, permite ao usuário escolher entre um acionamento parcial ou acionamento total, dependendo do tipo de resíduo. Esse equipamento evita o consumo do volume total da caixa, gerando uma economia de cerca de 35% da água utilizada nas descargas residenciais.

Figura 12 - Sistema de duplo acionamento de descargas



Fonte : Casa & Construção (2018).

4.2 LEGISLAÇÃO

De maneira resumida, um condomínio fechado é composto por um sistema residencial, dividido em construções com lotes individuais, distribuídas em uma determinada área. Deve possuir acesso restrito, infraestrutura, equipamentos urbanos e de lazer individuais e ruas internas. Sob esse tipo de ecossistema descrito, a legislação vigente no Brasil se dá por meio da Lei Federal 4.591/1964, de acordo com informações fornecidas pelo site do Planalto do Governo.

Dentre todas as exigências da legislação, destacamos como prioritária o dever de apresentação de um projeto contendo todas as características da construção (descrição dos lotes e áreas comuns) que deve ser aceito pela municipalidade. Além disso, a Lei também exige estudos de custos de infraestrutura, anotações de responsabilidade técnica e aprovações de órgãos competentes.

4.3 CERTIFICADOS E SOLOS SUSTENTÁVEIS

Com a expansão internacional de técnicas de construção sustentável, surgiu a necessidade da existência de padrões que pudessem direcionar projetistas envolvidos nesse mercado. Para isso, foram desenvolvidos certificados e selos sustentáveis ao redor do mundo que ajudam na padronização dessas técnicas. No Brasil, existem 5 principais certificados em vigência, de acordo com a jornalista Brenda Bressan.

O Casa Azul, desenvolvido pela Caixa Econômica Federal, avalia os projetos habitacionais que financia. São 53 critérios de avaliação divididos em nível de eficiência energética, gestão de água, conservação de recursos naturais, qualidade urbana, conforto oferecido aos usuários e práticas sociais.

O segundo é o processo AQUA, desenvolvido a partir da certificação francesa Démarche HQE e aplicada no país pela Fundação Vanzolini. A certificação é dada a partir de auditorias presenciais através da avaliação de 14 critérios em todas as fases do projeto: Programa, Concepção, Obra e Operação.

A terceira certificação, podemos citar a LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). É um sistema de certificação e orientação ambiental para edificações e, no Brasil, é supervisionada pelo GBCB (Green Building Council Brasil). Essa organização atua no incentivo de adoção de práticas Green Building no processo de planejamento, construção e manutenção de edificações. Essa certificação possui 7 níveis de avaliação: Eficiência do uso

da água, eficiência energética, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos, particularidades regionais e sustentabilidade do espaço utilizado.

Em seguida, temos o Selo Procel Edifica, instituído em 2003 pela Eletrobras. Esse programa promove o uso eficiente de recursos naturais em construções, para reduzir impactos ambientais e mitigar desperdícios. A certificação exige que a construção seja eficiente desde a etapa de projeto e sua metodologia de avaliação varia com cada tipo de empreendimento. Em geral, são avaliados os sistemas de iluminação, de aquecimento de água e do condicionamento de ar.

Por último, encontramos a FSC Brasil (Forest Stewardship Council), organização sem fins lucrativos criada para promover o manejo florestal ao redor do mundo. Essa certificação é uma verificação do uso de materiais e produtos que possuem madeiras originadas do manejo responsável de florestas.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto tem a finalidade de aplicar os conceitos de ecotécnicas na construção de um condomínio residencial. Conforme será mostrado a seguir, todas as residências são iguais e possuem um sistema de reaproveitamento de água da chuva individual e um sistema de tratamento de esgoto in loco compartilhado. Assim, espera-se que com esse estudo, seja possível alavancar ideias que tragam benefícios ambientais e econômicos aos proprietários das residências.

O terreno escolhido para a realização do projeto, presentes nas Figuras 13 e 14, encontra-se na cidade de Cotia, na região da grande São Paulo. Todo o projeto foi desenvolvido em AutoCad.

5.2 PROJETO RESIDENCIAL

O terreno total escolhido possui 5.000m², sendo a área útil de construção 3.500m², 70% da área total. Foram projetadas 1 área de lazer e recreação para os moradores e uma área de tratamento de esgoto, que totalizam 600 m² de construção. O condomínio foi dividido em 10 lotes, sendo, portanto, 10 casas sustentáveis projetadas.

Figura 13 - Localização do terreno



Fonte: Google Maps (2019).

Figura 14 - Entrada do terreno



Fonte: Autoria Própria.

O terreno de cada casa possui, aproximadamente, 290m^2 ($16 \times 18\text{m}^2$). A área construída da casa, com o deck incluso, possui, aproximadamente, 130m^2 . Foram adotados recuos laterais de 1,60m para cada lado, devido a presença de janelas. A distância até a rua (frente da casa) deve possuir ao menos 3m, de acordo com as normas brasileiras. Para esta casa, devido a presença do deck e espaço disponível no terreno, foram adotados 5m. O recuo no fundo possui 3,95m.

Layout do condomínio com 10 lotes, área de lazer e tratamento de esgoto.

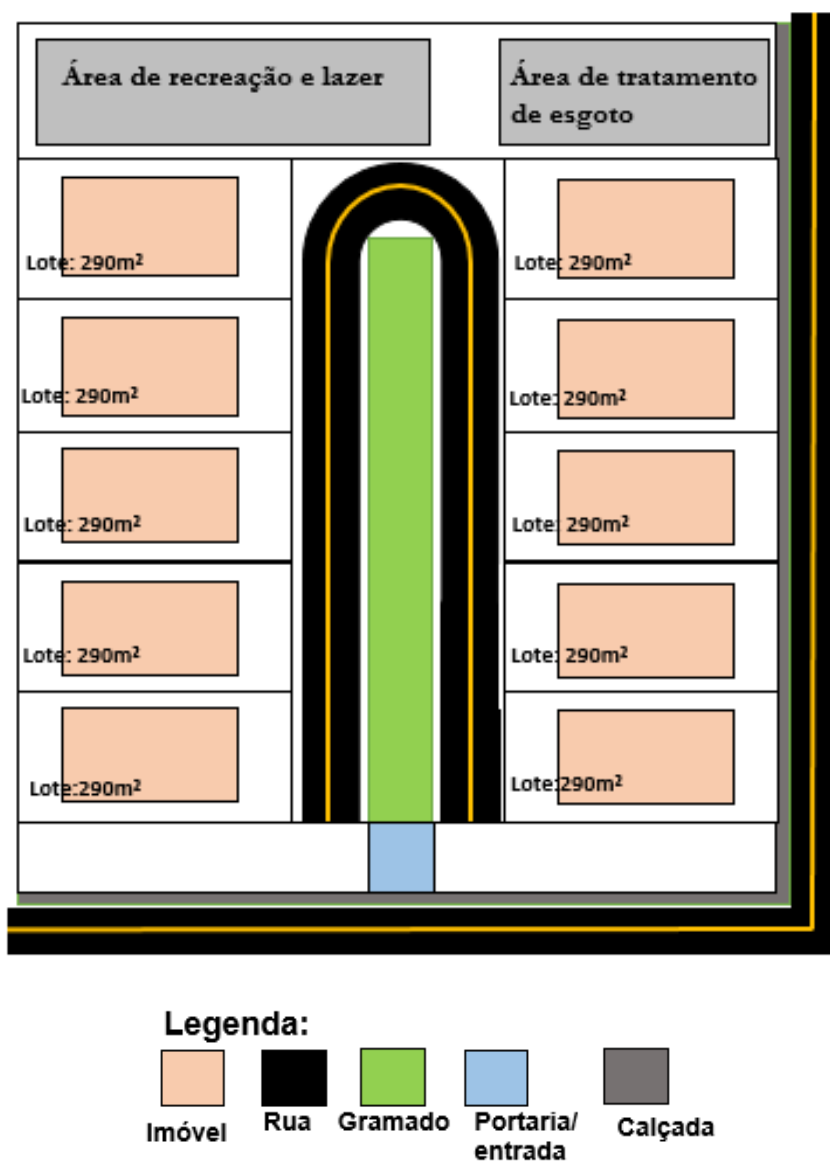
Casa:

A casa possui 130 m² e os seguinte cômodos:

- 3 quartos (1 suíte);
- 1 banheiro de uso comum;
- 1 Sala de estar com saída para deck;
- 1 Sala de jantar;
- 1 cozinha;
- 1 área de serviço;
- 1 garagem para 1 (um) carro;

A cozinha projetada foi a americana, integrada à sala de jantar. Também não há divisões da sala de jantar e sala de estar. A área externa tem ligação com a área interna através de uma porta-janela entre a sala de jantar e churrasqueira, o que amplia o ambiente e transforma a garagem em um ambiente externo, uma área gourmet, com churrasqueira.

Figura 15 - Planta de locação dos lotes e infra-estrutura do condomínio



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 16 apresenta a planta da casa, com dimensões em metros, e também uma proposta de planta humanizada da casa, na Figura 17, para decoração interna e externa. Este projeto foi retirado do site Plantas de Casas.

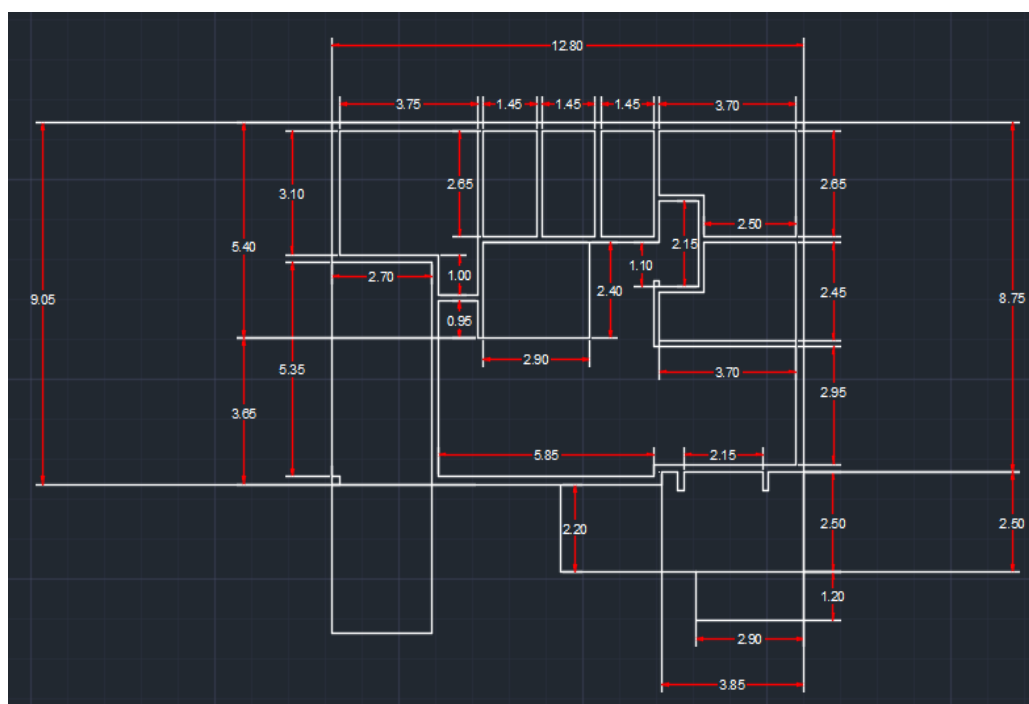
A partir da planta da casa, foram definidas as dimensões do telhado, possuindo 4 águas, conforme a Figura 18, e a Tabela 2 com as respectivas dimensões.

5.3 SISTEMAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

O dimensionamento dos sistemas de Painéis Fotovoltaicos teve como base o modelo conectado à rede de energia elétrica, denominado *on grid*. Para o cálculo da quantidade necessária de Painéis Fotovoltaicos que são suficientes para compensar o consumo energético de cada residência, será levado em conta o consumo médio mensal de energia de cada residência. Com o auxílio do simulador do consumo de energia da Cemig, Companhia Energética de Minas Gerais, ilustrado no anexo A, é possível estimar que cada uma das residências, com uma suíte, sala de jantar, sala de estar, cozinha, garagem, lâmpadas fluorescentes, computadores, aparelhos de som, televisores, micro-ondas e outros eletrodomésticos, tem o consumo de 350kWh/mês.

Um outro parâmetro necessário para o dimensionamento do sistema fotovoltaico é a taxa de irradiação solar do local. Tal fator, pode ser obtido com auxílio CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Elétrica, ao fornecermos dados de longitude e latitude. Para a localização do terreno do projeto temos como localização 23°43'37.8"S e 46°57'35.9"W e taxa de irradiação solar média diária de 4,38 kwh/m².dia, conforme vemos na tabela da figura 19.

Figura 16 - Planta da residência modelo



Fonte: Autoria Própria.

Na tabela, é possível perceber a diminuição dessa taxa durante os meses de inverno, justamente quando o consumo de energia é maior. Por isso, o dimensionamento é realizado considerando o valor médio de irradiação solar durante o ano. A partir desse valor, será estimada a quantidade de painéis fotovoltaicos que conseguirão atender a demanda de consumo.

Ao dividir o valor de consumo mensal de cada residência de 350 kwh, ou 11,67 kwh/dia pela taxa média de irradiação solar de 4,38 kWh/m².dia, obtém-se 2,66 kW de potência de pico do sistema, ou seja, a potência necessária para atender todo a demanda de consumo da residência. De acordo com PINHO & GALDINO(2014), cada painel fotovoltaico possui 250W de potência. Assim, para atender cada residência do projeto, serão necessários 11 painéis.

Através de cotação na empresa Solenerg, o custo de um sistema com 11 painéis fotovoltaicos tem o valor próximo de R\$15.000,00. Nesse mesmo processo, também foram cotados um conjunto de 10 postes solares desenvolvido pela empresa no valor de R\$ 6.000,00, para serem instalados nas ruas do condomínio.

Figura 17 - Planta humanizada da residência modelo



Fonte: Plantas de casas (2019).

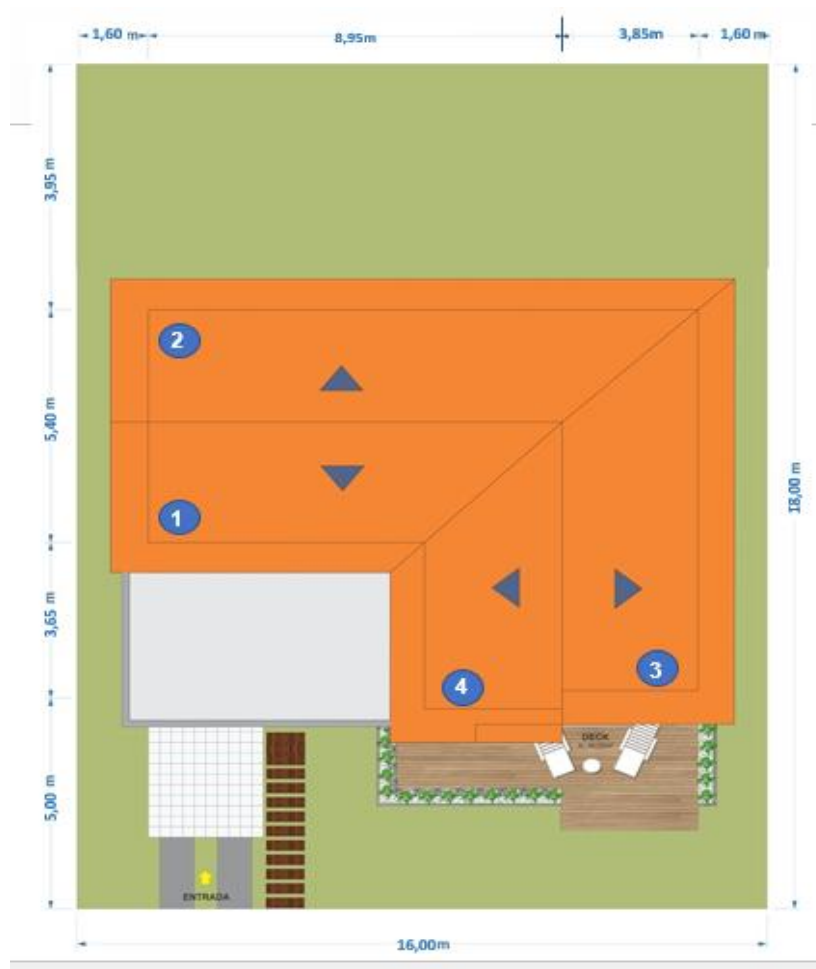
5.4 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO IN LOCO

Devido à disposição do terreno, foi possível projetar a instalação de um sistema de tratamento de esgoto in loco através de fossas ecológicas.

Nesse tipo de sistema, o reator anaeróbio do tipo UASB potencializa a ação de bactérias durante a biodigestão e remove mais de 80% de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), tornando a disposição do efluente tratado no solo ideal. Além disso, não devem sofrer com processos corrosivos internos ou externos, preservando suas estruturas do sistema (Ecofossa).

A tabela da figura 20, mostrada abaixo, apresenta os valores de produção diária de esgoto, dependendo do tipo de edificação. Para o projeto do condomínio, serão consideradas casas de padrão médio, onde serão gerados 130 litros por dia por pessoa de esgoto, totalizando 520 litros por dia por moradia, considerando a média de 4 moradores por residência. Assim, no final do mês cada casa produzirá cerca de 15.600 litros de esgoto.

Figura 18 - Disposição do telhado da residência modelo



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Dimensões do telhado da residência modelo

Águas	Área - m ²
1	17,42
2	29,36
3	29,65
4	13,50
Total:	89,93

Fonte: Autoria própria

Figura 19 - Irradiação solar média mensal

Latitude: 23,727032° S
Longitude: 46,960076° O

Longitude: 46,950079 °																						
#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta	
☒	Cotia	Cotia	SP	BRASIL	23,701° S	46,949° O		3,1	5,13	5,42	4,64	4,16	3,36	3,13	3,21	4,17	4,15	4,58	5,07	5,58	4,38	2,45
☐	Sao Lourenco da Serra	Sao Lourenco da Serra	SP	BRASIL	23,801° S	46,949° O		8,3	5,03	5,30	4,49	4,05	3,29	3,09	3,14	4,07	4,00	4,36	4,88	5,41	4,26	2,32
☐	Cotia	Cotia	SP	BRASIL	23,701° S	47,049° O		9,5	5,19	5,46	4,69	4,17	3,39	3,19	3,25	4,21	4,22	4,68	5,13	5,65	4,44	2,47

Fonte: CRESESB (2019).

A empresa Ecofossa fornece o sistema com as condições descritas ao custo, aproximadamente, R\$ R\$15.000,00, cerca de R\$1.500,00 por residência. Deve - se somar isso ao custo das obras de instalação dos equipamentos comprados e das tubulações utilizadas. A norma NBR 9649 - Projetos de Redes de Esgoto direciona o dimensionamento dessas redes, de modo a respeitar os diâmetros das tubulações que transportam o esgoto das residências à tubulação principal, bem como o diâmetro da tubulação principal e define a profundidade da instalação dessas tubulações.

5.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Para a análise da implementação do sistema de captação de água da chuva para posterior reuso, serão definidos alguns parâmetros como área do telhado da residência (área de captação), consumo de água per capita, índice pluviométrico de Cotia, local de projeto do

condomínio, custo da tarifa aplicada pela distribuidora de água da região, volume de água potável que pode ser substituído por água de reuso e custo da implementação do sistema.

Utilizando os dados da tabela de consumo predial, é possível obter o volume da demanda diária. De acordo com a Tabela 3, o consumo *per capita* é de 150L. Dessa maneira, a demanda diária de água de cada residência, projetada para 4 moradores, será de 600L ou 0,6m³.

A área de captação da água da chuva será equivalente a área do telhado de cada casa. Para auxiliar esse processo, serão utilizados telhados verdes. De acordo com a figura 16, que mostra a disposição do telhado da residência modelo, obtém-se a área de captação de água de 89,93m².

Em contato com a empresa Ecotelhado foi gerado um orçamento para o telhado verde projetado, ao custo de 115 R\$/m². Assim, para cada residência o custo de instalação do sistema de telhados ecológicos é de, aproximadamente R\$ 10.400,00.

Figura 20 - Produção diária de esgoto por tipo de edificação – Tanques Sépticos.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto L/d	Contribuição de carga orgânica gDBO _{5,20} /d
1. Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	50
Padrão médio	Pessoa	130	45
Padrão baixo	Pessoa	100	40
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	30
Alojamento provisório	Pessoa	80	30
2. Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Pessoa	70	25
Escritório	Pessoa	50	25
Edifício público ou comercial	Pessoa	50	25
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	20
Bares	Pessoa	6	6
Restaurantes e similares	Pessoa	25	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	1
Sanitários públicos ¹⁾	Bacia sanitária	480	120
¹⁾ Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio de esportes, locais para eventos etc.).			

Fonte: NBR 13969 (1997).

O índice pluviométrico da região de Cotia, será calculado com base na Figura 13, apresentada anteriormente e na Tabela 3, apresentada a seguir.

Com base nesses dados, tem-se que o mês de maior incidência de chuva é Janeiro, com cerca de 211mm e a precipitação anual é de, aproximadamente 1.380mm³.

Com base na Figura 2, apresentada no item 4.1.1, estima-se que cerca de 40% da água consumida em uma residência possa ser substituída por água de reuso. Dessa maneira, dos 0,6m³ de consumo diário, 0,24m³ poderão ser fornecidos pelo sistema.

Para o cálculo das tarifas de distribuição de água, foi consultado o site da Sabesp, responsável pelo serviço em cotia. Os dados encontram-se na tabela 4, a seguir.

Através da metodologia descrita na NBR 15527 (ABNT, 2007), é calculado o volume máximo de armazenamento de água. Tem-se, então que a capacidade de armazenamento será de, aproximadamente, 8m³ (Precipitação anual x área de captação x coeficiente de cálculo).

Segundo Plínio Tomaz (2009), o custo de instalação do sistema está próximo de 200 dólares por metro cúbico de água armazenada. Com a cotação da moeda atual, (R\$4,10, em setembro de 2019), o custo de instalação do sistema de reuso de água é de, aproximadamente, R\$6.560,00.

Tabela 3 - Média pluviométrica histórica em Cotia – SP

MÊS	CHUVA (mm)
JAN	210,9
FEV	196
MAR	151,9
ABR	78
MAI	64,3
JUN	55,6
JUL	41,1
AGO	41,3
SET	79,1
OUT	125,3
NOV	149
DEZ	185

Fonte: CEPAGRI (2017).

O cálculo do volume de água captado pelo sistema por ano, leva em consideração apenas os 6 meses mais chuvosos. Para Cotia, cidade escolhida para o projeto, a soma da quantidade de chuva dos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Outubro, Novembro e Dezembro é de, aproximadamente, 1.020L/m². Levando em consideração a área de captação do telhado de 89,92m², chega-se a um volume de cerca de 92m³ de água captada pelo sistema ao ano. Aproximadamente, 7,6m³ mensais.

5.5 TIJOLOS SOLO – CIMENTO

Para a constituição das paredes da residência, serão orçados tijolos de composição solo-cimento, pelo fato de causarem menor impacto ambiental em relação aos de origem de cerâmica.

Através de uma análise da planta da casa obtém-se, aproximadamente, 200m² de paredes em cada casa. A empresa fabricante Trindade, oferece tijolos solo-cimento ao valor de R\$105/m², aproximadamente. Portanto, o custo dessa implantação em cada residência terá o valor de R\$ 21.000,00, sem considerar os valores do transporte dos materiais e da mão – de obra. A mesma área de paredes, com tijolos do tipo baiano 9, são vendidos pela Trindade por cerca de R\$115,00/m², resultando em um valor de R\$23.000,00.

Tabela 4 - Tarifas de água e para residências.

Categoria	Classes de consumo m ³ /mês	Tarifas de água - (em R\$)	Tarifas de esgoto - (em R\$)
Residencial / Comum			
	0 a 10	26,18 /mês	26,18 /mês
	11 a 20	4,10 /m ³	4,10 /m ³
	21 a 30	10,23 /m ³	10,23 /m ³
	31 a 50	10,23 /m ³	10,23 /m ³
	acima de 50	11,27 /m ³	11,27 /m ³
Residencial / Social			
	0 a 10	8,88 /mês	8,88 /mês
	11 a 20	1,53 /m ³	1,53 /m ³
	21 a 30	5,43 /m ³	5,43 /m ³
	31 a 50	7,74 /m ³	7,74 /m ³
	acima de 50	8,55 /m ³	8,55 /m ³

Fonte: SABESP (2019).

6 CONCLUSÕES

Este trabalho tem como objetivo apresentar as principais técnicas sustentáveis de construção e desenvolver um projeto de condomínio fechado de casas com essas tecnologias aplicadas. É possível observar a discussão e a viabilidade de técnicas como o tratamento de esgoto in loco, sistema de reuso de águas pluviais, utilização de tijolo solo-cimento e sistema de painéis fotovoltaicos. Além da teoria de implementação, também foram analisados os ganhos ambientais e econômicos dessas ecotécnicas.

No que diz respeito ao meio ambiente, são muito evidentes os ganhos gerados pelo uso desses sistemas, por conta da diminuição de fatores como poluição do ar, poluição de recursos hídricos e geração de resíduos.

A utilização de um sistema para a produção de energia fotovoltaica, por exemplo, gera um baixo impacto ambiental, devido à pouca quantidade de resíduos durante o processo, o que minimiza a poluição despejada na atmosfera e nas fontes de resíduos hídricos. O tratamento de esgoto realizado in loco e o reuso de água pluvial também geram diminuição da geração de resíduos e reduzem a demanda por água potável. Por isso, é muito importante a utilização dessas técnicas nas construções modernas.

Do ponto de vista econômico, a utilização desses sistemas propostos pode parecer mais custosa, em um curto prazo. No entanto, os ganhos com economia de energia, economia de água e diminuição da geração de resíduos compensam num prazo maior.

Como abordado no item 5.5, o custo de implementação do telhado verde para a área do telhado da casa, com cerca de 90m², será de R\$10.400,00. Em pesquisas de mercado, é possível obter valores de implementação de telhados comuns entre 60R\$/m² e 70R\$/m², podendo ser maior ou menor dependendo do material utilizado, resultando em, aproximadamente, R\$6.300,00, para a casa modelo. Esse valor mais alto para os telhados verdes é compensado pelo fato de sua vida útil ser quase o dobro em relação aos modelos tradicionais, como apresentado na página 15, e por ajudar a otimizar os sistemas de reuso de água e de geração de energia fotovoltaica.

De acordo com a Tabela 4, referente ao tarifário da Sabesp, presente no item 5.5, o custo do valor a ser pago pelo consumo de água, estipulado em 18m³ mensais, em cada residência seria composto pelos seguintes fatores: R\$ 26,18 pelos 10m³ iniciais consumidos, R\$ 4,10 multiplicado pelos 8m³, gerando R\$ 58,98. Porém, com o sistema de reuso de água, obtém-se uma economia de 7,6m³ mensais, resultando em um volume fornecido pela Sabesp

de 10,4m³, a um custo de R\$27,82, gerando uma redução de, aproximadamente, 53% do valor a ser pago pelos moradores.

Além disso, como observado no item 5.4, cada residência produzirá 15,6m³ de esgoto. Considerando o fato de que o sistema escolhido de tratamento de esgoto para o projeto apresenta uma eficiência de 80%, apresentado no mesmo item, o volume de esgoto tratado será de 12,5m³, aproximadamente, deixando 3,1m³ para serem tratados pelo sistema da SABESP. Assim, o valor tarifário a ser pago pelos moradores de cada residência diminui de R\$ 49,14 para R\$ 26,18, correspondente a uma economia de 47% e a um tempo de retorno de pouco mais de 5 anos, já que o custo desse sistema será de R\$1.500,00 por residência.

Já em relação ao fornecimento de energia elétrica para as casas, em consulta às tarifas cobradas pela Eletropaulo, distribuidora responsável por Cotia, presentes no anexo B e utilizando o consumo de energia mensal de 350 kwh, calculado no item 5.3, cada residência teria um custo de R\$157,2 mensal. Como o sistema de geração de energia fotovoltaica será projetado para suprir toda a demanda residencial, não haverá cobrança de nenhuma tarifa para o fornecimento de energia, gerando uma economia total desse valor. O sistema de energia fotovoltaica possui um valor manutenção quase nulo, cerca de 0,5% ao ano do valor de instalação. Considerando o valor de implementação de R\$15.000,00 desse sistema por residência, o tempo de retorno será de, aproximadamente, 8 anos. Esse é um indicador positivo, levando-se em conta que esses sistemas podem durar cerca de 20 anos.

Além de o projeto se mostrar viável ambientalmente, também é vantajoso economicamente, conforme a Tabela 5, abaixo.

Tabela 5 - Análise comparativa das Ecotécnicas

Ecotécnicas	Economia Mensal Tarifária (R\$)	Representatividade	Tempo de Retorno (anos)
Sistema de Reuso de Água	31	15%	18
Sistema de Tratamento de Esgoto	23	11%	5
Sistema de Geração de Energia Fotovoltaica	157	74%	8
Total	211	-	-

Fonte: Autoria Própria.

Um ponto a ser observado, é que o reuso de água está considerando apenas o volume captado de águas pluviais. Caso faça sentido para as residências, pode ser realizado um estudo de reutilização da água proveniente do tratamento de esgoto, visando aumentar a economia mensal gerada e reduzir o tempo de retorno do sistema de reuso de água.

A tabela 6 unifica os custos gerados pela implementação das ecotécnicas propostas e suas respectivas participações. Além disso, pode ser feito um estudo mais aprofundado sobre os custos da construção de cada residência considerando os materiais, recursos e mão de obra para os outros sistemas além das tecnologias sustentáveis apresentadas.

Tabela 6 - Custos de implementação das Ecotécnicas

Ecotécnicas	Custo de instalação (R\$)	Representatividade Custos
Sistema de Reuso de Água	6560	12%
Sistema de Tratamento de Esgoto	1500	3%
Sistema de Geração de Energia Fotovoltaica	15000	28%
Telhado Verde	10400	19%
Tijolo Solo - Cimento	21000	39%
Total	54460	-

Fonte: Autoria Própria

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 - NB – 92**: instalação predial de água fria. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-05626-1998-instalac3a7c3a3o-predial-de-c3a1gua-fria.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986. 7 p. Disponível em: www.licenciadoambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf. Acesso em: 25 ago. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação.

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017. **Potencial de geração de energia fotovoltaica**. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/atlas-brasileiro-de-energia-solar-2a-edicao.html>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BRESSAN, Brenda. **5 selos de sustentabilidade que agregam valor às suas obras**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/selos-de-sustentabilidade-agregando-valor-as-suas-obras/>. Acesso em : 20 out. 2019.

CASA & CONSTRUÇÃO. **Válvulas**. Disponível em : <https://www.cec.com.br/metais-e-acessorios/valvulas>. Acesso em: 28 out. 2019.

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais). **Simulador de consumo residencial de energia da Cemig**. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Documents/SimuladorDeConsumo>. Acesso em : 19 set. 2019.

CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura). **Clima dos municípios paulistas**: Cotia. Disponível em: www.cepagri.unicamp.br. Acesso em: 20 ago. 2010.

CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CRESESB (Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito). **Irradiação solar média**. Disponível em: www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&. Acesso em: 25 out. 2019.

CULTURA Mix. **Reuso de águas**. Disponível em: <https://meioambiente.culturamix.com/natureza/reuso-das-aguas>. Acesso em: 05 set. 2019.

DICAS DE Arquitetura. **Tijolo ecológico**. Disponível em: <https://dicasdearquitetura.com.br/tag/tijolo-ecologico/>. Acesso em : 11 ago. 2019.

ECOCASA. **Mizumo Plus**. Disponível em : <https://www.ecocasa.com.br/etes-compactas-mizumo-plus>. Acesso em : 12 ago. 2019.

ECOFOSSA. **Descubra qual a melhor solução de fossa ecológica para o seu empreendimento**. Disponível em: www.ecofossa.com/produtos. Acesso em: 25 ago. 2019.

ECOTELHADO. **Sistema modular alveolar leve**. Disponível em: <https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2019/04/manual-e-especificacoes-sistema-alveolar-leve.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2019.

ELETROPAULO. **Tarifas de fornecimento de energia elétrica**. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/para-sua-casa/tarifa-de-energia-eletrica>. Acesso em: 21 out. 2019.

GOOGLE MAPS. **Localização do terreno**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/preview>. Acesso em: 23 jul. 2019.

HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações**: experiências nacionais e internacionais. Rio de Janeiro, 2007. 177 p.

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. Acesso em: 20 set. 2019.

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. Acesso em: 15 out. 2019.

LEROY MERLIN. **Reguladores de vazão**. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/regulador-de-vazao>. Acesso em: 15 out. 2019.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. São Paulo, 2009. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Universidade Politécnica de São Paulo, 2009.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. INPE, 2006. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf. Acesso em: 25 ago. 2019.

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: 25 ago. 2019.

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. Acesso em: 25 ago. 2019.

PLANTAS DE CASA. **Plantas de casas térreas e sobrados**. Disponível em: <https://www.plantasdecasas.com/>. Acesso em: 05 set. 2019.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos**: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 2004. Disponível em: <https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2019.

SABESP. **Serviços**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaoId=179>. Acesso em 20 set. 2019.

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. 2019.

SCHERER, F. A.; FENDRICH, R. Aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis em edifícios escolares. **Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia**, v. 06, n. 5, p. 49-58, 2004.

SILVA, Cássio. **Análise técnica e econômica da captação e reuso de águas pluviais em residências de Formiga – MG**. Formiga, 2015. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Centro Universitário de Formiga, 2015.

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

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. Acesso em: 25 ago. 2019.

TRINDADE TIJOLOS ECOLÓGICOS. **Comparativo entre tijolos ecológicos e outras alvenarias**. Disponível em: <http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/comparativo-entre-%20tijolos-ecologicos-e-outras-alvenarias/>. Acesso em: 25 ago. 2019.

ANEXO A - Simulador de consumo residencial de energia da Cemig

Simulador de Consumo							
Equipamento	Quantidade	Potência	Dias de Uso	Tempo de Uso		Total	
Ar Condicionado		1400 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Aspirador de Pó		600 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Batedeira		180 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Cafeteira		1000 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Carregador de Celular		15 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Chuveiro		4400 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Computador		200 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Cortador de Grama		600 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Depilador		150 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Ebulidor		1100 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Enoadeira		250 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Fax		10 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Ferro de Passar		1000 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Fogão Elétrico		1500 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Forno Elétrico		1500 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Freezer		170 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Furadeira		480 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Geladeira		190 W	Dias/mês 30	Hr. 16	Min.		
Impressora		25 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Lâmpada Inc. 100w		100 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Lâmpada Inc. 60w		60 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Lâmpada Flu. 40w		40 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Lâmpada Flu. 20w		20 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Lavadora de Roupa		1000 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Lavadora de Louça		1400 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Liquidificador		300 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Máquina de Costura		100 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Microondas		1500 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Micro System		15 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Mini System		220 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Nebulizador		20 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Rádio Relógio		5 W	Dias/mês 30	Hr. 24	Min.		
Repelente Elétrico		5 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Sanduícheira		750 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		
Sauna		11000 W	Dias/mês 30	Hr.	Min.		

Fonte: CEMIG (2019).

ANEXO B - Tarifas de fornecimento de Energia Elétrica

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL		
SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE (R\$/kWh)	Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) (R\$/kWh)	Tarifa de Energia TE (R\$/kWh)
B1 - RESIDENCIAL	0,25971	0,25588
B1 - RESIDENCIAL - BAIXA RENDA		
Consumo mensal até 30kWh	0,06759	0,08956
Consumo mensal entre 31 e 100kWh	0,11586	0,15353
Consumo mensal entre 101 e 220kWh	0,17380	0,23029
Consumo mensal superior a 220kWh	0,19311	0,25588
B2 - RURAL	0,19738	0,19447
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	0,19738	0,19447
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	0,17660	0,17400
B3 - DEMAIS CLASSES	0,25971	0,25588
B4 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA		
Iluminação Pública (B4a)	0,14284	0,14073
Iluminação Pública (B4b)	0,15583	0,15353

Fonte: Eletropaulo (2019).