



**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE FERNANDÓPOLIS
FACULDADES INTEGRADAS DE FERNANDÓPOLIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ESTUDO DE VIABILIDADE DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

**FERNANDÓPOLIS – SP
2021**

**FERNANDO MATTEU LUCCHESI PANSANI
LUCA CARDOSO DOS SANTOS**

ESTUDO DE VIABILIDADE DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

Trabalho de conclusão apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Fernandópolis - FIFE.

Orientador (a): Profa. Ma. Anna Beatriz Alves de Mello

**FACULDADES INTEGRADAS FERNANDÓPOLIS
FERNANDÓPOLIS – SP**

2021

ESTUDO DE VIABILIDADE DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

Fernando Matteu Lucchese Pansani¹

Luca Cardoso dos Santos¹

Profa. Ma. Anna Beatriz Alves de Mello²

PANSANI, F. M. L.; SANTOS, L. C.; MELLO, A. B. A. Estudo de viabilidade de práticas sustentáveis.

Fernandópolis, 2021.

RESUMO: A implementação de práticas sustentáveis vem ganhando forças, assim como a crescente preocupação com os impactos ao meio ambiente. O objetivo do presente trabalho foi verificar a implementação de práticas sustentáveis na Engenharia Civil com o foco em instalações de coleta de águas pluviais, energia solar e o uso de telhado verde. Neste artigo, apresentam-se os resultados e discussões de um estudo sobre a viabilidade econômica quanto à utilização de um telhado verde para diminuição da radiação solar, melhora do conforto térmico, além do estudo econômico quanto a captação de água não potável e seu potencial para diminuir o consumo de água em uma residência unifamiliar e apresentar o estudo quanto à instalação de painel solar para a geração de energia elétrica, visando a economia de energia e com a finalidade de demonstrar o uso racional de energia, sendo proposto uma implantação que supra o uso energético em sua totalidade. Por fim concluiu-se que as práticas apresentadas neste artigo têm múltiplos benefícios e gera uma economia financeira após sua implantação a longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Telhado fibrocimento. Telhado biocobertura. Energia solar. Coleta de água.

¹Estudante graduando em Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE E-mail: fernandomatteu@hotmail.com

¹Estudante graduando em Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE E-mail: lucacardoso.s@gmail.com

²Mestra em Estruturas. Professora das Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE E-mail: abeatriz@fef.edu.br

*Endereço para correspondência: Rua Teotônio Vilela, 1.685 – Campus Universitário, Fernandópolis – SP, 15.608-380 Tel.: 3465 0000

FEASIBILITY STUDY OF SUSTAINABLE PRACTICES

ABSTRACT: The implementation of sustainable practices has been gaining panels, as well as the growing concern with the impacts on the environment. The objective was to verify the implementation of sustainable practices in Civil Engineering with a focus on rainwater collection facilities, solar energy and the use of green roofs. In this article, we present the results and performance of a study on the economic feasibility of using a green roof to reduce solar radiation, improve thermal comfort, in addition to the economic study on non-potable water collection and its potential for reduce water consumption in a single family home. Finally, the study is presented regarding the installation of a solar panel for the generation of electricity, specifying energy savings and with the due to demonstrate the rational use of energy, being proposed an implementation that exceeds the energy use in its entirety. Finally, it is known that the practice in this article has multiple benefits and generates financial savings after its long-term implementation.

KEYWORDS: Fiber cement roof . Biocover roof . Solar energy. Water coll

INTRODUÇÃO

A implementação de práticas sustentáveis na Engenharia Civil vem ganhando forças, assim como a crescente preocupação com os impactos ao meio ambiente. Os recursos indispensáveis para nosso dia a dia, mostram-se cada vez mais escassos, enquanto o potencial de produção se mantém o mesmo.

Segundo Tassi et al. (2014), com o constante desenvolvimento urbanístico, tanto as edificações quanto as obras de infraestrutura urbana, os quais abrangem ruas, estacionamentos, telhados, passeios públicos, entre outros, alteram de maneira significativa a topografia e a cobertura do solo. O clima urbano também sofre modificações, além dos impactos diretos aos ecossistemas terrestres e aquáticos.

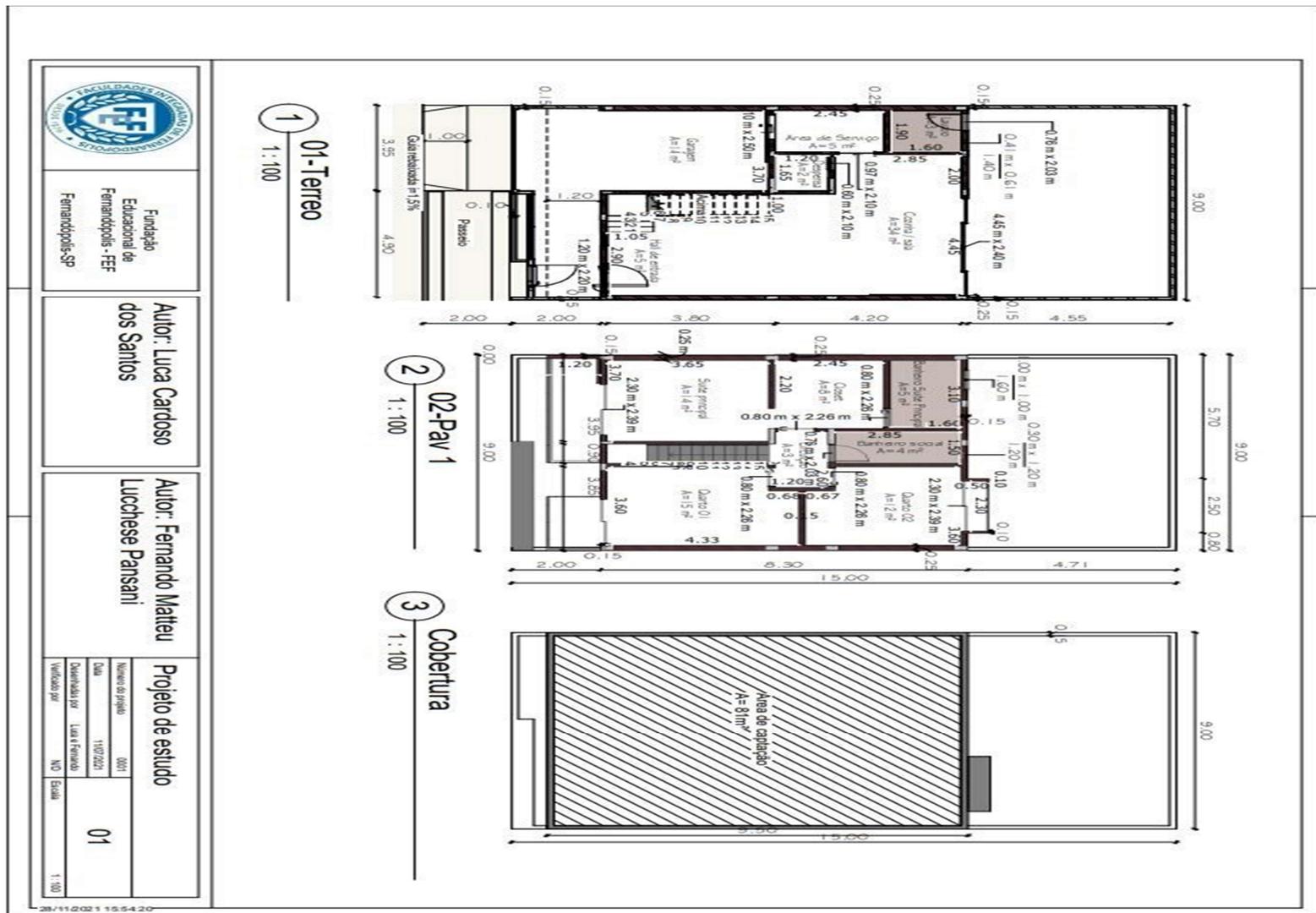
Tomando como premissa, o cenário apresentado, o artigo tem o objetivo de verificar a viabilidade de implementação de práticas sustentáveis na Engenharia Civil, com foco em instalações de coleta de água da chuva, energia solar e implementação de telhado verde, buscando comparar, tendo como base uma residência unifamiliar, custos de execução de obra, custos de instalações e tempo de retorno do investimento inicial, com métodos tradicionais, de modo a demonstrar sua viabilidade técnica e financeira.

O presente trabalho apresenta os conceitos fundamentais quanto a implementação do telhado de biocobertura para a redução de radiação solar e aumento do conforto térmico,

armazenamento de água por captação de chuvas através da cobertura citada anteriormente e por fim, demonstrar a viabilidade da geração de energia por painéis solares.

Tomando como base uma residência unifamiliar tipo sobrado sendo composta por sala de estar integrada à sala de jantar e a cozinha, área de serviço, despensa, lavabo, garagem e área externa no pavimento térreo e três quartos e três banheiros no pavimento superior totalizando uma área interna de 124 m², sua cobertura por completo acima do pavimento superior possui 81m², ainda, será considerado o número de ocupantes da residência como 4 pessoas, apoiando-se no último censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2010, que apresenta a média de moradores por residência como 3,3 pessoas. A Figura 1 apresenta a planta da residência.

FIGURA 1- Projeto de estudo



Fonte: Projeto de estudo.

Comparativo entre métodos de cobertura

Telhado de fibrocimento

O telhado da edificação de estudo é composto de telhas de fibrocimento convencional, material que apresenta custo relativamente baixo e simplicidade no processo de instalação. Tomando como premissa uma instalação que cumpre todos os requisitos descritos na ABNT NBR 7581-2, a qual determina as propriedades mecânicas e físicas de telhas onduladas de fibrocimento.

Telhado Biocobertura

O telhado de biocobertura, conhecido também como telhado ecológico ou telhado vivo, é um sistema concebido a partir da impermeabilização da laje ou de telhados convencionais para a implantação de uma área verde com plantas, ou hortaliças, dependendo da condição climática (BENETTI, 2013).

Os telhados de biocobertura podem ser idealizados com diferentes conceitos, sendo esses, diretamente relacionados ao uso, e ao tipo de vegetação que a cobertura comportará. É possível separar os diferentes tipos de telhados verdes em duas grandes categorias: os sistemas extensivos e sistemas intensivos (HYDROTEC, 2007).

Telhados verdes conseguem reter de 15% a 70% das águas pluviais, reduzindo os picos de enchentes onde sob o telhado a variação de temperatura oscila entre 1,7°C até 3,9°C, reduzindo em 10% os custos com sistemas de ar-condicionado (TOMAZ, 2005).

Métodos de execução da Biocobertura

Parte crucial do processo de instalação do telhado biocobertura se dá na impermeabilização, processo este que consiste em aplicação de manta asfáltica, faz-se também necessário um bom sistema de drenagem.

Geomembranas

Soma (2009) afirma que de acordo com a ABNT NBR 16199, as geomembranas apresentam uma alta densidade. Apresentando conexões com soldagem por termofusão.

Segundo Alberto (2012) também há a necessidade de um estudo para analisar a carga que a estrutura irá receber e, se necessário, fazer um reforço estrutural.

Coleta e armazenamento de água não potável

Levantamento de dados

Realizou-se um estudo de viabilidade técnico-econômico da implantação de um sistema de coleta de água da chuva, para fins não potáveis, com foco somente na reutilização para limpeza da residência, e para fins de cálculo e dimensionamento, todas as outras fontes de consumo foram desconsideradas (TOMAZ, 2005).

A partir de uma média de chuva da região onde o sistema será implementado foi determinada a quantidade de água a ser armazenada mensalmente, utilizando-se da medição de dados pluviométricos locais.

Método para dimensionamento de reservatório

A ANBT NBR 15527 “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”, em seu anexo apresenta 6 (seis) métodos de dimensionamento para volume do reservatório, sendo estes: Método Azevedo Neto, Método da Simulação, Método Prático Inglês, Método Prático Alemão, Método de Rippl e Método Prático Australiano. Ficando a critério do projetista a escolha do método de dimensionamento. Para o estudo, foi escolhido o método da simulação, pois através deste é possível comparar quantidade máxima a ser armazenada e o essencial a ser armazenado, apresentando também a quantidade de água de chuva necessária a ser descartada do sistema.

Geração de energia elétrica por painel solar

Com a finalidade de demonstrar o uso racional de energia, foi proposto a implantação do uso de energia solar para suprir o uso energético em sua totalidade.

Os eletrodomésticos, que compõem o quadro de consumo da residência, são considerados de alta eficiência, buscando maior economia.

O sistema fotovoltaico foi dimensionado e instalado a fim de se obter a maior produtividade possível; e os módulos deveram ser instalados com inclinação voltada ao norte geográfico da residência de estudo.

MATERIAL E MÉTODO

Tendo como objetivo verificar a viabilidade econômica, tais quais seus respectivos métodos construtivos, usou-se como base a pesquisa bibliográfica anteriormente apresentada, a qual fora utilizada como base para análise a seguir.

O objeto de estudo foi o projeto fictício, constante na parte B, do lote 01(um), da quadra 32 (trinta e dois), do Bairro Centro, situado na Rua Flores de Novembro, município de Indiaporã, São Paulo, apresentado anteriormente.

Biocobertura

Visando comparar a viabilidade de implantação, dois orçamentos foram realizados, sendo o primeiro, tomando como base a tabela do Sistema Nacional de Preços para a Construção Civil - SINAPI (Set, 2021), o orçamento do telhado executado com telhas de fibrocimento, e o segundo, executado através de biocobertura onde o custo foi fornecido por meio do contato com a empresa especializada na venda e instalação do produto.

Captação de água não potável.

O objetivo do estudo foi determinar a quantidade de água não potável utilizada, considerando fins de limpeza e manutenção e assim implementar um sistema de captação de água de chuva coletada através do telhado biocobertura, que suprisse a necessidade de abastecimento.

Energia solar

Este, buscou estudar a viabilidade quanto à instalação de painéis fotovoltaicos com intuito de suprir as necessidades energéticas do projeto de estudo apresentado anteriormente.

Foi realizado um dimensionamento dos painéis solares com base no consumo elétrico determinado pela quantidade e tipos de pares elétricos e iluminação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos itens a seguir, foram analisados os custos envolvidos na execução de um telhado, com telhas de fibrocimento, sendo os valores dos insumos obtidos através de consulta a tabela SINAPI (Set, 2021). Na sequência apresentou-se os custos referentes a execução do telhado de

biocobertura, os quais foram obtidos através de contato com uma empresa especializada em projetos de *design* biofílico e arquitetura sustentável.

Telhados de Fibrocimento

Tomando como base a tabela SINAPI (Set, 2021) definiu-se o custo por m² para execução do telhado composto por telhas de fibrocimento. A Tabela 1, abaixo, apresenta os dados referentes a execução do telhado. Assim, discriminando os materiais utilizados e a mão de obra para montagem, com estrutura de madeira Eucalipto Citriodora, cortes, caibros, terças, prego para fixação de tesouras, ripas, pontaletes. O consumo de telhas de fibrocimento foi calculado considerando uma inclinação de 10%, com telhas de 2,44x1,10m de comprimento e recobrimento longitudinal de 0,25m.

TABELA 1- Composição de custo por m² para coberturas de fibrocimento.

COMPOSIÇÃO DE CUSTO POR METRO QUADRADO PARA COBERTURAS DE FIBROCIMENTO				
ITEM	CONSUMO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	CONSUMO X PREÇO UNITÁRIO
AJUDANTE DE CARPINTEIRO	0,041	h	R\$ 21,10	R\$ 0,87
TELHADOR	1,000	h	R\$ 17,74	R\$ 17,74
PARAFUSO ROSCA 4,8X45	2,000	un	R\$ 0,18	R\$ 0,36
TELHA FIBROCIMENTO 6MM 10%	1,357	m ²	R\$ 26,23	R\$ 35,59
VEDAÇÃO ELÁSTICA	1,260	un	R\$ 0,24	R\$ 0,30
TOTAL COBERTURA FIBROCIMENTO 6mm 10%				R\$ 54,86
AJUDANTE DE CARPINTEIRO	0,041	h	R\$ 21,10	R\$ 0,87
TELHADOR	1,000	h	R\$ 17,74	R\$ 17,74
PARAFUSO ROSCA 4,8X45	2,000	un	R\$ 0,18	R\$ 0,36
CUMEEIRA DE FIBROCIMENTO	1,029	m	R\$ 37,26	R\$ 38,34
CONJUNTO DE VEDAÇÃO ELÁSTICA	4,200	un	R\$ 0,24	R\$ 1,01
TOTAL PARA CUMEEIRA DE FIBROCIMENTO 6mm 10%				R\$ 58,31
AJUDANTE DE CARPINTEIRO	0,048	h	R\$ 21,10	R\$ 1,01
TELHADOR	1,000	h	R\$ 17,74	R\$ 17,74
PREGO 18X27 COM CABEÇA	0,070	kg	R\$ 20,13	R\$ 1,41
MADEIRA CITRIODORA	1,240	m ³	R\$ 23,69	R\$ 29,39
TOTAL PARA ESTRUTURA DE MADEIRA CITRIODORA				R\$ 49,54
TOTAL POR METRO QUADRADO DE TODA A ESTRUTURA				R\$ 162,71

Fonte: Baseada na Tabela SINAPI

Sendo a área do projeto de estudo igual a 81m², tomando como base as informações da Tabela 1, observa-se que o custo de implantação do telhado de fibrocimento é de R\$13.179,51, sendo necessárias 88 horas de trabalho, sendo executada em 11 dias ou 2 semanas com uma equipe de 1 telhador e 2 ajudantes de carpinteiro.

Telhado Biocobertura

Os prazos e custos da implementação do telhado biocobertura, assim como a quantidade de materiais necessários para a execução do mesmo (não incluindo a mão de obra para impermeabilização da laje), foram obtidos a partir de pesquisa e orçamento realizado com uma empresa especializada. O tipo de sistema orçado refere-se ao sistema alveolar, devido sua característica de retenção de água nos módulos alveolares, além de baixo peso por m², com grama do tipo esmeralda com 5 cm de substrato. A Tabela 2, apresenta a quantidade de materiais para a execução.

TABELA 2 – Descrição dos materiais necessários para cobrir 81m²

MATERIAIS BIOCOBERTURA		
ITEM	CONSUMO	UNIDADE
MÓDULO MACHETTA 0,4 X 0,4m	500	pç
BIDIM DRENO 2X30X200 RT09 - LAGO/TELAHDO	88	m ²
FORTH GEL BALDE 12 kg	2	kg
PORTA TAMPA PARA CAIXA SIFONADA PVC ESGOTO CLASSE 8	2	pç
TAMPA CEGA REDONDA PVC BR 250mm ESGOTO CLASSE 8	2	pç
TUBO 250mm ESGOTO CLASSE 8	0,24	m ²
BRITA 00	18	lts
COMPOSTO ORGANICO	2800	lts
GRAMA	80	m ²

Fonte: Os autores, 2021.

Na Tabela 3, em complemento ao orçamento fornecido, tomando como base a tabela SINAPI (Set, 2021), apresenta custos da impermeabilização da laje.

TABELA 3- Custo de impermeabilização de biocobertura.

CUSTO PARA IMPERMEABILIZAÇÃO BIOCOBERTURA				
ITEM	CONSUMO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	CONSUMO X PREÇO UNITÁRIO
APLICADOR DE IMPERMEABILIZAÇÃO	1,000	h	R\$ 16,23	R\$ 16,23
AJUDANTE	0,041	h	R\$ 21,10	R\$ 0,87
MATERIAL BETUMINOSO	1,170	L	R\$ 9,67	R\$ 11,31
MANTA ASFALTICA POLIMERICA 3mm	1,130	m ²	R\$ 14,58	R\$ 16,47
VALOR PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DE 81 M ²				R\$ 3.635,64

Fonte: Os autores, 2021.

Assim, para a área de telhado 81m², o custo de execução da biocobertura é R\$ 20.947,24 somando um total de 96 horas de trabalho, resultando em 12 dias com uma equipe de 2 trabalhadores. Assim como apresentado na Tabela 4.

TABELA 4 – Custo total e prazo de execução para implementação da biocobertura.

CUSTO TOTAL E PRAZOS DE EXECUÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DA BIOCObERTURA		
ITEM	CUSTO TOTAL	PRAZO DE EXECUÇÃO (EM HORAS)
IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 3.635,64	80
SISTEMA ALVEOLAR + INSTALAÇÃO	R\$ 15.311,60	16
FRETE PARA TRANSPORTE	R\$ 2.000,00	-
TOTAL	R\$ 20.947,24	96

Fonte: Os autores, 2021.

Dimensionamento do sistema de armazenamento de água para fins não potáveis

Os dados pluviométricos a seguir foram obtidos a partir do site do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO).

A fim de determinar a precipitação média mensal, foram analisados um período de 7 (sete) anos, período o qual, apresenta um registro contínuo de precipitação, referente aos anos de 2014 a 2020, a Tabela 5 ilustra os dados obtidos.

TABELA 5 – Precipitação mensal (mm).

ANO	PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)												PERCENTUAL ANUAL (mm)
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
2014	123,19	116,59	195,33	76,71	32,52	8,89	117,85	0	111,51	22,35	238,77	235,99	1279,7
2015	176,79	333	196,34	90,17	103,37	11,68	32,26	10,16	104,64	183,64	259,33	220,98	1722,36
2016	332,99	95,25	160,27	32,77	112,78	55,37	0,51	51,82	28,45	114,56	120,4	158,99	1264,16
2017	417,85	169,64	233,91	90,93	136,39	0,51	0	12,7	0,25	148,08	251,69	149,59	1611,51
2018	295,15	226,83	224,54	48	4,83	2,54	1,02	61,46	120,66	125,23	235,18	63,5	1408,94
2019	137,41	259,74	179,96	80,02	7,11	10,16	0	38,86	21,34	17,53	0	13,97	766,1
2020	73,49	277,66	71,21	24,39	17,52	1,78	0	4,32	3,56	116,59	57,65	217,64	865,72
MÉDIA MENSAL	222,41	211,24	180,21	63,28	59,22	12,99	21,66	25,62	55,77	104	166,15	151,52	1274,07
DESVIO PADRÃO	117,74	81,04	50,19	25,7	51,96	17,78	40,79	22,87	49,92	57,51	98,2	78,43	329,05

Fonte: Adaptado - CIIAGRO.

Na sequência, definiu-se a demanda hídrica da edificação, que será composta exclusivamente pelo montante destinado a limpeza e manutenção da edificação. Os dados foram obtidos através de pesquisa, com profissionais da área de limpeza, assim como a média mensal de dias utilizados para tal.

TABELA 6- Consumo de água ao mês

CONSUMO AO MÊS				
ITEM	DIAS UTILIZADOS AO MÊS	CONSUMO	UNIDADE	CONSUMO MENSAL EM LITROS
LIMPEZA DOS CÔMODOS	5	2	l/m ²	1240
LIMPEZA DOS MÓVEIS	5	5	l	25
LAVAGEM DE CALÇADA (15 MINUTOS)	4	179	l	1116
LAVAGEM DO CARRO	4	216	l	864
REGA DE VEGETAÇÃO	10	176	l	1760
TOTAL EM LITROS				5.005
TOTAL EM m³				5,005

Fonte: Adaptado - SABESP.

Superfície de captação de água da chuva

Foi considerado área de contribuição a captação, somente o telhado verde, o qual apresenta 81m² de área de captação, que apresenta um coeficiente de escoamento de 1,00, o qual fora utilizado para o dimensionamento dos reservatórios, seguindo os parâmetros apresentados na ABNT NBR 15527.

Método da simulação

O método da simulação não considera a evaporação da água, sendo os períodos de seca e características sazonais muito importantes para incorporação do sistema, como indicado:

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

$$Q_{(t)} = C * \text{Precipitação} * \text{Área da captação}$$

$$0 \leq S_t \leq V$$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água do reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ = volume de água do reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$ = volume da precipitação no tempo t;

$D_{(t)}$ = demanda no tempo t;

V = Volume do reservatório;

C = coeficiente de escoamento.

Considerando um reservatório no formato de cisterna vertical, que por conta da orientação vertical, fica acima do solo, assim dispensando o uso de bombas, além de se adaptar em corredores garagens, com capacidade de 1050 litros TECNOTORI (2021).

Assim tem-se, conforme a Tabela 7, os dados obtidos por meio do dimensionamento:

TABELA 7 – Análise método da simulação

ANALISE METODO DA SIMULÇÃO								
MÊS	CHUVA MÉDIA MENSAL (mm)	DEMANDA MENSAL (m ³)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (m ²)	VOLUME DE CHUVA MENSAL (m ³)	VOLUME RESERV. ADOTADO (m ³)	VOLUME RESERVATORIO (T-1) (m ³)	VOLUME RESERVATORIO (T) (m ³)	SUPRIMENTO DE AGUA EXTERNO (m ³)
JAN	222,41	5,01	81,00	18,20	5,25	0,00	5,25	0,00
FEV	211,24	5,01	81,00	11,11	5,25	5,25	5,25	0,00
MAR	180,21	5,01	81,00	14,60	5,25	5,25	5,25	0,00
ABR	63,28	5,01	81,00	5,13	5,25	5,25	5,25	0,00
MAI	59,22	5,01	81,00	4,80	5,25	5,25	5,05	0,00
JUN	12,99	5,01	81,00	1,05	5,25	5,05	1,09	0,00
JUL	21,66	5,01	81,00	1,75	5,25	1,09	-2,17	2,16
AGO	25,62	5,01	81,00	2,08	5,25	0,00	-2,93	2,93
SET	55,77	5,01	81,00	4,52	5,25	0,00	-0,49	0,49
OUT	104,00	5,01	81,00	8,42	5,25	0,00	3,42	0,00
NOV	166,15	5,01	81,00	13,46	5,25	3,42	5,25	0,00
DEZ	151,52	5,01	81,00	12,27	5,25	5,25	5,25	0,00
ANUAL	1274,07	60,06		103,20				5,58

Fonte: Os autores, 2021.

Verifica-se que o volume a ser armazenado é de 5,25 m³, necessitando assim de cinco unidades do reservatório escolhido. Para que a edificação fosse suprida com a água da chuva continuamente, seria necessária a ocorrência de 64 mm de precipitação a cada 7,5 dias. Sendo o consumo de água, dentro e fora do sistema respectivamente, 60,06 m³ e 5,58 m³ anuais.

Viabilidade econômica

Para o estudo de viabilidade econômica, foram considerados os custos de instalação, expressos na Tabela 5, e após a economia gerada pelo sistema, expressos na Tabela 8.

TABELA 8 – Custo do sistema

CUSTO DO SISTEMA			
ITEM	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
RESERVATÓRIO DE 1050 LITROS	5	R\$ 2.290,00	R\$ 11.450,00
TUBOS E CONEXÕES		15% DO VALOR	R\$ 343,50
TOTAL			R\$ 11.793,50

Fonte: Os autores, 2021.

Considerando, o gasto individual de 200 litros ao dia (água potável e necessidades básicas), em uma residência de 4 (quatro) pessoas, e ainda as tarifas de R\$ 5,22/m³, obtém-se gasto mensal de 24m³ e anual de 288m³ e um total em despesas de água de R\$ 1.503,36.

TABELA 9 – Economia gerada pelo sistema

ECONOMIA GERADA PELO SISTEMA	
VALOR DO m ³	R\$ 5,22
VALOR ANUAL DA CONTA SEM O SISTEMA	R\$ 1.503,36
VALOR ANUAL DA CONTA COM O SISTEMA	R\$ 284,39
ECONOMIA ANUAL	18,92%

Fonte: Os autores, 2021.

Assim, após a instalação do sistema, há uma economia anual de em R\$284,39, o qual representa 18,92% de economia na conta de água, anualmente.

Dimensionamento do sistema fotovoltaico e análise preliminar

Inicia-se buscando o consumo médio mensal e a irradiação solar do local da edificação, que são demonstrados na Tabela 10.

TABELA 10 – Consumo médio mensal.

CONSUMO MÉDIO MENSAL						
ITEM		UNIDADE	POTENCIA	USO MENSAL	HORAS POR DIA	CONSUMO MENSAL
		(un)	(w)	(DIAS)	(h/d)	(KWh)
ILUMINAÇÃO COM PLAFON SMART LED REDONDO 6w	AREA EXTERNA	3	6	30	4	2,16
	GARAGEM	1	6	30	4	0,72
	QUARTOS	3	6	30	6	3,24
	CLOSET	1	6	30	2	0,36
	BANHEIROS	3	6	30	2	1,08
	DESPENSA	1	6	30	2	0,36
	ESCADA	1	6	30	3	0,54
	CIRCULAÇÃO	1	6	30	3	0,54
	SALA DE ESTAR	1	6	30	4	0,72
	SALA DE JANTAR	2	6	30	4	1,44
	COZINHA	1	6	30	4	0,72
	AREA DE SERVIÇO	1	6	30	2	0,36
ELETRODOMÉSTICOS	GELADEIRA	1	68	30	24	48,96
	MICROONDAS	1	850	30	0,6	15,3
	LAVA ROUPAS	1	450	8	2,5	9
	FERRO ELÉTRICO	1	1200	8	1	9,6
	FILTRO DE ÁGUA	1	65	30	24	46,8
	CHUVEIRO	2	5500	30	1	330
	AR CONSIONADO	3	806,5	30	8	580,68
ELETRÔNICOS	COMPUTADOR	2	600	30	6	216
	NOTEBOOK	1	45	15	2	1,35
	CARREGADOR DE CELULAR	4	15	30	2	6,6
	TELEVISOR	1	100	30	8	24
CONSUMO MÉDIO MENSAL Kwh/MÊS						1297,53

Fonte: Os autores, 2021.

TABELA 11 - Irradiação solar diária média mensal para cidade de Indiaporã-SP.

ÂNGULO	INCLINAÇÃO	IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL (kWh/m ² . DIA)													DELTA
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA	
PLANO HORIZONTAL	0° N	5,8	6,02	5,36	4,96	4,27	3,95	4,2	5,05	5,1	5,68	5,93	6,19	5,21	2,24
ÂNGULO IGUAL A LATITUDE	20° N	5,28	5,75	5,47	5,52	5,13	4,95	5,19	5,86	5,37	5,54	5,46	5,55	5,42	0,91
MAIOR MÉDIA MENSAL	19° N	5,32	5,78	5,47	5,51	5,1	4,91	5,15	5,83	5,37	5,56	5,49	5,59	5,42	0,92
MAIOR MÍNIMA MENSAL	24° N	5,13	5,64	5,43	5,58	5,25	5,1	5,33	5,95	5,37	5,46	5,31	5,37	5,41	0,86

Fonte: Adaptado - CRESESBE.

Análise do consumo de energia

Ainda que a residência disponha da sua própria geração de energia, ainda se faz necessário o pagamento a concessionária de energia, uma taxa chamada Custo de Disponibilidade, a qual é referente a disponibilidade do serviço prestado e disposição do sistema elétrico. Regulada pela resolução nº 414 de 2010, a taxa mínima apresenta diferentes valores para os três padrões de conexão.

A geração ideal de energia é obtida através da subtração do consumo médio mensal e o custo de disponibilidade. Dessa maneira, o cálculo da geração ideal do sistema é dado pela fórmula:

$$\text{Geração Ideal} = \text{CMM} - \text{CD} \quad (2)$$

CMM: Consumo médio mensal.

CD: Custo de disponibilidade.

Assim, considerando uma ligação bifásica, a qual o custo de disponibilidade é 50 Kwh/mês e o consumo médio mensal é igual a 1297,53 kWh, substituindo os dados obtém-se, uma geração ideal de aproximadamente 1247,53 kWh, sendo esse valor o valor de geração do sistema ao fim de um ciclo de 30 dias. Para fins de cálculo, deve-se trabalhar com o valor de geração diária, dado pela fórmula:

$$ECD = \frac{\text{Geração ideal mensal}}{30} \quad (3)$$

ECD: Energia de compensação em média diária (kWh/dia).

30: Quantidade de dias do mês, em média.

Portanto, o sistema, em geração ideal de energia, deve gerar um valor maior ou igual a 41,58 kWh/dia, devido as perdas de carga (ABNT NBR 16274).

Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Para fins de cálculos, a eficiência do sistema foi considerada 80%.

$$Pt = \frac{E}{T*N} \quad (4)$$

Onde:

- Pt: Potência total dos painéis fotovoltaicos
- E: Energia de geração.
- N: rendimento dos painéis solares (considerada 80%)
- Tempo de exposição

Após obter a potência total dos painéis fotovoltaicos, foi escolhido o módulo solar SUNOVA SOLAR SS-370-72M (350-370w).

Assim, calcula-se a quantidade de painéis solares para suprir a necessidade energética da edificação de 9,98 kWp:

$$Qt = \frac{\text{Potencia total}}{P} \quad (5)$$

Sendo:

- Qt: Quantidade de painéis.
- Potência total: Potencia total dos painéis.
- P: Potência do painel escolhido.

Aplicando a equação, tem-se:

Assim, obtendo aproximadamente 27 painéis fotovoltaicos, gerando 9,99 kWp, valor qual é obtido através da razão entre os números de painéis pela potência gerada por cada painel (ABNT NBR 16149).

Os dados obtidos são mostrados na Tabela 12, a seguir:

TABELA 12 – Dados obtidos

DADOS OBTIDOS		
ITEM	UNIDADE	TOTAL
ÍNDICE SOLARIMÉTRICO LOCAL	kWh/m ² /DIA	5,21
CONSUMO MÉDIO MENSAL	kWh/MÊS	1297,53
CONSUMO MÉDIO DIÁRIO	Kwh/DIA	41,58
ASSUMINDO EFICIÊNCIA	%	80
PÔTENCIAS DAS PLACAS UTILIZADAS	Wp	370
PÔTENCIA MÍNIMA NECESSÁRIA	kWp	9,98
QUANTIDADE DE PLACAS UTILIZADAS	un	27
PÔTENCIA GERADA	kWp	9,99
PESO SOBRE O TELHADO	kg	580,5
ÁREA OCUPADA PELO SISTEMA	m ²	52,92

Fonte: Os autores, 2021.

Análise de retorno financeiro

A análise se baseia no tempo de retorno durante da vida útil dos módulos fotovoltaicos, assegurada por garantia do fabricante, a qual baseando-se no modelo escolhido SUNOVA SOLAR SS-370-72M (350-370w) é de 25 anos.

Após contato com empresa especializada em instalação de energia solar, o sistema anteriormente apresentado foi orçado em um valor de R\$ 32.000,00.

Para fins de análise, foram considerados os juros de mercado (SELIC) como 6,25%, aumento médio anual das tarifas em 8%, e a tarifa cobrada de R\$0,92/kWh, conforme mostra na Tabela 13.

TABELA 13 – Retorno do investimento ao longo da vida útil do painel

RETORNO DO INVESTIMENTO AO LONGO DA VIDA ÚTIL DAS PLACAS (25 ANOS)							
ANO	TARIFA	CONTA ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO	CONSUMO A SER PAGO	CONTA APÓS IMPLEMENTAÇÃO	ECONOMIA MENSAL	ECONOMIA ANUAL	SALDO ANUAL
1	R\$ 0,92	R\$ 1.187,47	50 kWh	R\$ 27,46	R\$ 1.160,02	R\$ 13.920,20	-R\$ 25.079,80
2	R\$ 0,99	R\$ 1.282,47	50 kWh	R\$ 29,65	R\$ 1.252,82	R\$ 15.033,82	-R\$ 10.045,99
3	R\$ 1,07	R\$ 1.385,07	50 kWh	R\$ 32,02	R\$ 1.353,04	R\$ 16.236,52	R\$ 6.190,54
4	R\$ 1,15	R\$ 1.495,87	50 kWh	R\$ 34,59	R\$ 1.461,29	R\$ 17.535,44	R\$ 23.725,98
5	R\$ 1,25	R\$ 1.615,54	50 kWh	R\$ 37,35	R\$ 1.578,19	R\$ 18.938,28	R\$ 42.664,25
6	R\$ 1,34	R\$ 1.744,79	50 kWh	R\$ 40,34	R\$ 1.704,44	R\$ 20.453,34	R\$ 63.117,59
7	R\$ 1,45	R\$ 1.884,37	50 kWh	R\$ 43,57	R\$ 1.840,80	R\$ 22.089,61	R\$ 85.207,20
8	R\$ 1,57	R\$ 2.035,12	50 kWh	R\$ 47,05	R\$ 1.988,06	R\$ 23.856,78	R\$ 109.063,98
9	R\$ 1,69	R\$ 2.197,93	50 kWh	R\$ 50,82	R\$ 2.147,11	R\$ 25.765,32	R\$ 134.829,29
10	R\$ 1,83	R\$ 2.373,76	50 kWh	R\$ 54,88	R\$ 2.318,88	R\$ 27.826,54	R\$ 162.655,84
11	R\$ 1,98	R\$ 2.563,66	50 kWh	R\$ 59,27	R\$ 2.504,39	R\$ 30.052,67	R\$ 192.708,50
12	R\$ 2,13	R\$ 2.768,76	50 kWh	R\$ 64,02	R\$ 2.704,74	R\$ 32.456,88	R\$ 225.165,38
13	R\$ 2,30	R\$ 2.990,26	50 kWh	R\$ 69,14	R\$ 2.921,12	R\$ 35.053,43	R\$ 260.218,81
14	R\$ 2,49	R\$ 3.229,48	50 kWh	R\$ 74,67	R\$ 3.154,81	R\$ 37.857,70	R\$ 298.076,52
15	R\$ 2,69	R\$ 3.487,84	50 kWh	R\$ 80,64	R\$ 3.407,19	R\$ 40.886,32	R\$ 338.962,84
16	R\$ 2,90	R\$ 3.766,86	50 kWh	R\$ 87,09	R\$ 3.679,77	R\$ 44.157,23	R\$ 383.120,07
17	R\$ 3,14	R\$ 4.068,21	50 kWh	R\$ 94,06	R\$ 3.974,15	R\$ 47.689,80	R\$ 430.809,87
18	R\$ 3,39	R\$ 4.393,67	50 kWh	R\$ 101,59	R\$ 4.292,08	R\$ 51.504,99	R\$ 482.314,86
19	R\$ 3,66	R\$ 4.745,16	50 kWh	R\$ 109,71	R\$ 4.635,45	R\$ 55.625,39	R\$ 537.940,25
20	R\$ 3,95	R\$ 5.124,77	50 kWh	R\$ 118,49	R\$ 5.006,28	R\$ 60.075,42	R\$ 598.015,67
21	R\$ 4,27	R\$ 5.534,76	50 kWh	R\$ 127,97	R\$ 5.406,79	R\$ 64.881,45	R\$ 662.897,12
22	R\$ 4,61	R\$ 5.977,54	50 kWh	R\$ 138,21	R\$ 5.839,33	R\$ 70.071,97	R\$ 732.969,09
23	R\$ 4,98	R\$ 6.455,74	50 kWh	R\$ 149,26	R\$ 6.306,48	R\$ 75.677,73	R\$ 808.646,81
24	R\$ 5,37	R\$ 6.972,20	50 kWh	R\$ 161,20	R\$ 6.811,00	R\$ 81.731,94	R\$ 890.378,76
25	R\$ 5,80	R\$ 7.529,97	50 kWh	R\$ 174,10	R\$ 7.355,88	R\$ 88.270,50	R\$ 978.649,26

Fonte: Os autores, 2021.

O tempo de retorno do investimento foi de 2 anos e 8 meses, outros índices fiscais importantes para análise de viabilidade financeira são o Valor presente líquido (VPL), o qual retorna o valor dos anos seguintes para o ano 0, o qual ao longo de 25 anos, foi igual a R\$ 362.293,47, e a Taxa interna de retorno (TIR) que mostra a porcentagem do investimento recuperada anualmente, que foi igual a 44% ao ano.

CONCLUSÃO

O tema sustentabilidade é cada vez mais recorrente, devido às crescentes crises ambientais sofridas pelo Brasil nos últimos anos, assim como seus reflexos nas políticas ambientais e financeiras.

Nesta pesquisa, foi realizada uma comparação entre métodos de cobertura do telhado fibrocimento e telhado verde para verificar o custo e benefício de cada um, juntamente com a coleta de águas não potáveis proveniente da captação de água de chuva do telhado verde a fim de gerar economia a longo prazo no consumo e por fim a geração de energia solar que se mostra viável mesmo tendo a necessidade de um investimento inicial e prova ser funcional por completo.

Conclui-se que no decorrer dos estudos nas três frentes, ao analisar o cenário como um todo, as implantações, apesar de, apresentarem um investimento inicial relativamente maior em comparação a métodos tradicionais, a médio e longo prazo, mostraram vantajosos economicamente, além de seus claros pontos positivos no âmbito ambiental nos quais tornam-se um meio de diminuir os impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, Eduardo Zarzur et al. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress. 2012.
Disponível em: <<http://copec.eu/congresses/shewc2012/proc/works/037.pdf>>.
Acesso em: 11 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, **Resolução Normativa N° 414** (Setembro/2010).
Disponível em:
<<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0>>.
Acesso em 10 de out. de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de Chuva. - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019: ABNT Editora, 2019. (ABNT, 2019).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 155204:2019, intitulada **“Água de chuva – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019: ABNT Editora, 2019. (ABNT, 2019).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16274: **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2019. 52 p. (ABNT, 2019).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16149: **Sistemas fotovoltaicos (FV) — Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2014. 12 p. (ABNT, 2014).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7581-2: **Telha ondulada de fibrocimento- Fiber cement corrugated sheet Part 2**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2012. 17p. (ABNT,2012).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16199: **Barreiras geossintéticas — Instalação de geomembranas poliméricas**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2020. 38p. (ABNT,2020).

BENETTI, **Telhado Verde** – O que é telhado verde? (2013). Disponível em: <<http://www.benettipaisagismo.com.br/telhado-verde/benetti-paisagismo.php>>. Acesso em: 11 de set. de 2021.

CIAGRO, **Centro Integrado de Informações Agrometeorológica, Portal Agrometeorológico e Hidrológico do estado de São Paulo** (Setembro/2021). Disponível em: <<http://www.ciiagro.org.br/cpmensal>> Acesso em 27 de set. de 2021.

HYDROTEC MEMBRANE CORPORATION. **Garden Roof Planning Guide**. Canadá, 2007. 19 p. Disponível em: <<https://en.hydrotechmembrane.ca/>>. Acesso em: 11de set. de 2021.

IBGE, **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)**. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

SOMA, L. G. **Estudo do Processo de Impermeabilização de Edifícios Residenciais**. Programa de Conclusão de Curso, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/2885387-Universidade-anhembi-morumbi-luciano-garcia-soma-estudo-do-processo-de-impermeabilizacao-de-edificios-residenciais.html>>. Acesso em: 11 de set. de 2021.

SINAPI, **Sistema Nacional de Preços para a Construção Civil SINAP** (Setembro/2021). Disponível em: <<http://www.planilhasdeobra.com/sinapi-em-excel/>>. Acesso em: 11 de set. de 2021.

TASSI, Rutinéia, et al. **Telhado verde**: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. (2014) Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/SLTzVMTPCbKMQxxTb37FzCr/?lang=pt>> Acesso em: 11 de set. de 2021.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da Água**. São Paulo: Digihouse, 25 de dez. de 2005. Disponível em: <<https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/>>. Acesso em: 11 de set. de 2021.

TOMAZ, Plínio. **Telhado verde**. BMPs. Cap.10. 25 de dez. de 2005. Disponível em: <<https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/>>. Acesso em: 11 de set. de 2021.

TECNOTRI, **Cisterna Vertical Modular 1050 Litros**. Disponível em: <<https://cisternas.tecnotri.com.br/produto/cisterna-vertical-modular-1050-litros-kit-reuso-de-agua/>> Acesso em 20 de set. de 2021.